

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

«__» _____ 2020 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

спеціалізації «Системи електропостачання»

на тему: «Проектування освітлення квартир житлових комплексів» _____

Виконав :

студент III курсу, групи ОЕ-зп71

Лісогор Антон Олександрович _____

Керівник: *доц. Ткаченко В.В.* _____

Консультанти:

Охорона праці _____

(назва розділу)

д.т.н., проф.Третьякова Л.Д. _____

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Нормоконтроль _____

(назва розділу)

к.н.т. Замулко А.І. _____

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

_____ (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Системи електропостачання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Лісогор Антон Олександрович

1. Тема проекту «Проектування освітлення квартир житлових комплексів», керівник проекту доц. *Ткаченко В.В.*, затверджені наказом по університету від «22» травня 2020 р. №1329-с
2. Термін здачі студентом закінченого проекту “12” червня 2020 р.
3. Вихідні дані до проекту: Схема електропостачання міста, дані про навантаження повітряних ліній, дані про навантаження цеху промислового підприємства, довжини кабельних ліній.
4. Перелік розділів, які мають бути розроблені
 - а) електрична частина: - Вибір елементів системи електропостачання з промисловим навантаженням.
 - б) релейний захист: - Релейний захист та автоматика.
 - в) охорона праці: - Охорона праці під час монтажу розподільних мереж напруги 10 кв.
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу
 1. Схема електропостачання міста.

2. Однолінійна схема освітлення
3. План розміщення світильників
4. План трас світильників

6. Консультанти :

<u>Розрахунок СКЗ</u>	<u>доц. Несен Л.І.</u>
<u>Релейний захист та автоматика</u>	<u>доц. Калінчик В.П.</u>
<u>Охорона праці</u>	<u>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</u>
<u>Нормоконтроль</u>	<u>к.т.н., Замулко А.І..</u>

7. Дата видачі завдання “20” травня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проекту

студентом Лісогор А.О.
(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Позначки керівника про виконання завдань
1	Розробка першого розділу дипломного проекту.	20.05.-25.05.20	
2	Розрахунок електричної частини	25.05.20.-27.05.20	
3	Розрахунок струмів короткого замикання	27.05.20.-28.05.20	
4	Розрахунок релейної частини	28.05.20- 01.06.20	
5	Розробка розрахунків за тематикою дипломного проекту	01.06.20.-03.06.20	
6	Розробка заходів з охорони праці	03.06.20.-05.06.20	
7	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-14.06.20	
8	Захист дисертації	18.06.20	

Студент
Керівник проекту

Лісогор А.О.
доц. Ткаченко В.В.

РЕФЕРАТ

Тема дипломного проекту: «Проектування освітлення квартир житлових комплексів».

Дипломний проект представлений на 182 аркушах машинописного тексту, кількість ілюстрацій – 42 , таблиць – 52 , робочих креслень – 4 , список використаних джерел – 39 найменувань.

Мета проекту – провести потрібні розрахунки, метою є розрахунок освітлювальних пристроїв. В роботі розраховано електричні навантаження району міста, вибрано схему електропостачання, розраховано струми короткого замикання та вибрано струмовідні частини і електричні апарати.

В спеціальній частині розглянуто освітлення квартир житлових комплексів, розрахунок і підбір необхідного обладнання .

В розділі «Охорона праці» виконано аналіз умов праці, аналіз небезпечних факторів, розглянуто охорону праці та пожежної безпеки під час монтажу розподільних мереж напруги 0,4кВ

Ключові слова: енергосистема, джерело живлення, електричне навантаження, електропостачальна система, коротке замикання, кабельна лінія, розподільна мережа, освітлення, освітлювальні пристрої, вимикач.

ABSTRACT

Theme of the diploma project: "Design of lighting of apartments in residential complexes".

The diploma project is presented on 82 sheets of typewritten text, number of illustrations - 42, tables - 52, working drawings - 4, list of used sources - 39 names.

The purpose of the project is to make the necessary calculations, the purpose is to calculate the lighting devices. The electrical loads of the city district are calculated in the work, the power supply scheme is selected, short-circuit currents are calculated and current-carrying parts and electrical devices are selected.

In a special part the lighting of apartments in residential complexes, calculation and selection of the necessary equipment are considered.

In the section "Labor protection" the analysis of working conditions, the analysis of dangerous factors is carried out, labor protection and fire safety during installation of distribution networks of pressure of 0,4kv are considered.

Key words: power system, power supply, electric load, power supply system, short circuit, cable line, distribution network, lighting, lighting devices, switch.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
1.1 ОСОБЛИВОСТІ ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИР ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСАХ	11
1.2 ЗАГАЛЬНІ ДАНІ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	17
1.3 МЕТОД РОЗРАХУНКУ ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИРИ.....	17
1.4 УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЕННЯМ КВАРТИРИ.....	20
1.4.1 ПРОСТІ КЛАВІШНІ ВИМИКАЧІ	20
1.4.2 ПРОХІДНІ ВИМИКАЧІ	21
1.4.3 ПЕРЕХРЕСНІ ВИМИКАЧІ.....	22
1.4.4 ІМПУЛЬСНІ РЕЛЕ	26
1.4.5 РАДІОКЕРОВАНІ ПРОХІДНІ ВИМИКАЧІ.....	27
1.4.6 СВІТЛОРЕГУЛЯТОРИ ДЛЯ ВАКУУМНИХ ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ	30
1.4.7 ДИММЕРИ ДЛЯ ГАЛОГЕННИХ ЛАМП	32
1.4.8 ДИММЕРИ ДЛЯ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП	33
ВИСНОВКИ.....	37
2 ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА	38
2.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	38
2.1.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ.....	39
2.2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	39
2.2.1 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЦЕХУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА	39
2.2.2 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКУ	39
2.3 ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРІВ І ЗАСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	55
2.3.1 ВИБІР БАТАРЕЙ СТАТИЧНИХ КОНДЕНСАТОРІВ НА НАПРУЗІ ДО 1000 В	55
2.3.2 ВИБІР СХЕМИ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ.....	57
2.2.2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	58

2.3 ВИБІР КАБЕЛІВ	65
2.3.1 ВИБІР КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ В МЕРЕЖАХ НОМІНАЛЬНОЮ НАПРУГОЮ ДО 1000 В	65
2.3.2 РОЗРАХУНОК ПЕРЕРІЗУ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ 10 КВ.....	74
2.4 ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НА ВІДПОВІДНІСТЬ ВИМОГАМ ДО ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	82
2.4.1 РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОЇ ВЕЛИЧИНИ НЕДОВІДПУЩЕНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У ПОВІТРЯНІЙ ЛІНІЇ	82
2.4.2 РОЗРАХУНОК ЗНИЖЕННЯ ОЧІКУВАНОЇ ВЕЛИЧИНИ НЕДОВІДПУЩЕНОЇ ЕЛЕКТРО-ЕНЕРГІЇ.....	84
2.5 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ	88
2.5.1 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА РІЗНИХ ІЄРАРХІЧНИХ РІВНЯХ ЕЛЕКТРОПОСТОЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ	88
2.5.2 ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НА ВІДПОВІДНІСТЬ ВИМОГАМ ДО ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	90
2.6 ВИЗНАЧЕННЯ РІЧНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЛІНІЇ 35 КВ І ТРАНСФОРМАТОРАХ ПІДСТАНЦІЇ 35/10 КВ	98
2.6.1 МЕТОД ПОЕЛЕМЕНТНИХ РОЗРАХУНКІВ.....	101
2.6.2 МЕТОД СЕРЕДНІХ НАВАНТАЖЕНЬ	108
2.6.3 ВИБІР КОМУТАЦІЙНОЇ АПАРАТУРИ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ..	113
2.6.3.1 ВИБІР АПАРАТУРИ ЖИВЛЯЧОЇ МЕРЕЖІ	113
2.6.4 ВИБІР АПАРАТУРИ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ.....	114
2.7 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ТА ПЕРЕВІРКА ВИБРАНИХ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ І ЖИВЛЯЧИХ ПРОВІДНИКІВ ЗА УМОВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ.....	114
2.7.1 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ ВИЩЕ 1 КВ	115
2.7.1.1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ.....	115
2.7.1.2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ	116
2.7.1.3 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ ТРИФАЗНОГО КЗ	120
2.7.1.4 РОЗРАХУНОК ОДНОФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	123
2.7.1.5 ПЕРЕВІРКА ВИБРАНИХ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ І ПРОВІДНИКІВ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ ВИЩЕ 1 КВ	128
2.7.1.5.1 ПЕРЕВІРКА ВИМИКАЧІВ У МЕРЕЖІ 110, 35, 10 КВ.....	130

2.7.1.5.2 ПЕРЕВІРКА РОЗ'ЄДНУВАЧІ У МЕРЕЖІ ВИЩЕ 1 КВ	131
2.7.1.6.3 ПЕРЕВІРКА ПЕРЕРІЗІВ КАБЕЛІВ ЗА УМОВАМИ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ СТРУМАМ КЗ.....	131
2.7.2 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В МЕРЕЖАХ НИЖЧЕ 1 КВ	132
2.7.2.1 РОЗРАХУНОК СТРУМУ ТРИФАЗНОГО КЗ	136
2.7.2.2 РОЗРАХУНОК СТРУМУ ОДНОФАЗНОГО КЗ	137
2.8 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИКА	140
2.8.1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО РЗА В МЕРЕЖАХ 10/0,4 КВ	140
2.8.1.1 ЗАХИСТ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....	144
2.8.1.2 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ЛІНІЙ НАПРУГОЮ 10 КВ.....	145
2.8.1.3 ЗАХИСТ ЛІНІЙ НАПРУГОЮ ДО 1000 В	146
2.8.1.4 МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ	146
2.8.1.5 ДВОСТУПЕНЕВИЙ МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ	149
2.8.2 РОЗРАХУНОК МСЗ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ 10 КВ.....	151
2.9 ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЕКТУ	152
2.9.1 РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ПРИЄДНАННЯ ДО ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ОСР.....	152
2.9.2 ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ СПЕЦИФІКАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ І МАТЕРІАЛІВ ЗА ПРОЕКТОМ.	153
ВИСНОВКИ.....	154
3.ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИР ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСАХ	155
3.1 РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИРИ.....	155
3.2 РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕННЯ ГРУП ОСВІТЛЕННЯ	161
3.3 СЕЦИФІКАЦІЯ НА МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ.....	167
ВИСНОВКИ.....	169
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ НАПРУГИ 0,4КВ	170
4.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ	170
4.2 АНАЛІЗ УМОВ ПРАЦІ.....	171
4.3 ШКІДЛИВІ І НЕБЕЗПЕЧНІ ВИРОБНИЧІ ФАКТОРИ.....	172
4.4 ТЕХНІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ	172

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

4.5 ЗАХОДИ З ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ	174
4.6 РОЗРАХУНОК ТЕХНІЧНОГО ЗАХОДУ З БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.	175
4.6.1 РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ	175
ВИСНОВОК.....	177
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	178
ДОДАТОК А.....	182

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В даному проекті розглянута система електропостачання району, який входить до складу великого міста.

Під системою електропостачання міста розуміється сукупність електричних мереж та трансформаторних підстанцій, розташованих на території міста і призначених для електропостачання його споживачів.

Основні показники системи визначаються місцевими умовами: розмірами міста, наявністю джерел живлення, характеристиками споживачів тощо.

Живлення міських споживачів здійснюється за допомогою розподільних мереж напругою 6-10 кВ і 0,38 кВ, які спираються на дані джерела живлення.

Трансформаторні підстанції з трансформаторами різної потужності живлять мережу 0,38 кВ, схема побудови якої залежить від характеру споживачів. Для живлення промислових підприємств і комунально-побутових споживачів можуть застосовуватися самостійні підстанції (ТП), не пов'язані з мережею загального користування. Залежно від відповідальності споживачів ТП можуть бути автоматизовані, тобто забезпечені пристроями для автоматичного перемикання живлення споживача на резервну лінію при раптовому виході з роботи основної лінії.

Міські електричні мережі напругою 6-10 кВ характерні тим, що в кожному з мікрорайонів можуть виявитися споживачі всіх трьох категорій за надійністю електропостачання. Відповідно, це вимагає і належної побудови схеми мережі.

В ПУЕ 2107 [1] встановлено ряд вимог до конструкцій, розміщення, обладнання підстанцій. Відзначимо найбільш важливі з них. Підстанції не дозволяється вбудовувати в житлові будівлі, школи, лікарні, спальні корпуси санаторіїв.

Підстанції не допускається розміщувати під приміщеннями виробництв з мокрим технологічним процесом, душовими, вбиральнями, ванними і т.д. Виключення можливі лише при перекриттях з монолітного бетону і надійної гідроізоляції. Необхідно застосовувати заходи захисту ТП від можливих

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ушкоджень при розташуванні в безпосередній близькості від шляхів кранів і внутрішнього цехового транспорту.

Від того, наскільки раціонально спроектована система електропостачання міста, залежить ефективність функціонування великого числа міських і промислових об'єктів, розташованих на його території.

Споживачі електричної енергії, розташовані на житловій території міста, умовно поділяються на дві основні групи: житлові будинки та суспільно-комунальні установи.

Споживання електроенергії в житлових будинках визначається укладом життя населення міста. В сучасних житлових будинках використовується велика кількість різних електроприймачів (ЕП), які поділяються на ЕП квартир і на ЕП загально будинкового призначення.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Особливості освітлення квартир житлових комплексів

Електропостачання, електрообладнання, електроосвітлення житлових будинків слід проектувати згідно з ПУЕ 2017 [1], НПАОП 40.1-1.32 [2], ДБН В.2.5-23 [3], ДБН В.2.5-24 [4] і ДБН В.2.5-27 [5], а також іншими чинними нормативними документами.

Природне освітлення повинні мати житлові кімнати, кухні, неканалізовані вбиральні, вхідні тамбури до будинків, сходові клітки і загальні коридори у житлових будинках коридорного типу, а також приміщення громадського призначення в гуртожитках і житлових будинках для осіб похилого віку і сімей з інвалідами. Відношення площі світлових прорізів житлових кімнат і кухонь до площі підлоги цих приміщень повинно бути в межах від 5,5 до 1:8.

Для мансардних поверхів зі світловими прорізами в площині похилих огорожувальних конструкцій – не менше 1:10. Уточнення геометричних параметрів світлових прорізів слід провадити на підставі розрахунку коефіцієнта природної освітленості згідно з ДБН В.2.5-28 [6].

Допускається проектувати без природного освітлення:

- а) кухні-ніші за умови їх обладнання електроплитами і влаштування примусової витяжної вентиляції;
- б) позаквартирні поверхові коридори в будинках секційного типу з центрально розташованим сходово-ліфтовим вузлом;
- в) тамбури в одноквартирних і зблокованих житлових будинках, а також такі, що ведуть безпосередньо до квартири;
- г) внутрішньоквартирні сходи і сходові клітки одноквартирних і зблокованих будинків.

НТУУ.005.7103.119 ПЗ

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальні відомості про об'єкт дослідження				Літ.		Арк.	Акрушів	
Розроб.		Лісогор А.О.											
Перевір.		Ткаченко В.В.										11	182
Перевір.		.							ІЕЕ ОЕ-зп71				
Перевір.													
Н. Контр.		Замулко А.І.											

Природне освітлення робочих приміщень для інвалідів, які слабо бачать, та працюють удома, проектують за спеціальним завданням.

У висотних будинках повинно бути передбачене робоче й аварійне освітлення (освітлення безпеки та евакуаційне освітлення). Застосування аварійного освітлення визначається для різних приміщень вимогами ДБН В.2.5-23 [3] та ДБН В.2.5-28 [6]. Ці системи електроосвітлення будинку повинні відповідати вимогам ДСТУ-Н Б В.2.5-37 [7] у частині забезпечення можливості управління кожною окремою групою джерел електропостачання в автоматичному режимі або здійснювати управління із ЦПУБ (диспетчерської) за допомогою складових АСМУ в автоматичному режимі. Комфортне проживання в будинку можливо лише при правильно спроектованому освітленні і правильно розрахованій освітленості для кожного конкретного приміщення. Причому займатися проектуванням електрики краще до початку ремонтних робіт, оскільки це істотно заощадить вам кошти і час. Для початку потрібно продумати світловий сценарій для всієї квартири (будинку) і для кожного приміщення окремо.

Світловий сценарій - це план розташування всіх освітлювальних приладів, об'єднання їх за групами, план розташування вимикачів і перемикачів для всіх груп світильників з урахуванням відкривання дверей і розстановки меблів. Світильники з перемикачами (кілька вимикачів на одну групу світильників в різних кімнатах) і світильники з регуляторами потужності вимагають окремого позначення на плані, оскільки їх монтаж вимагає від електрика додаткових маніпуляцій.

Щоб добитися хорошого результату при проектуванні освітлення в квартирі потрібно враховувати кілька важливих факторів.

Правильне освітлення не повинно створювати різких переходів від тіні до світла, яскравого блиску поверхонь або відблисків - все це шкідливо для зору і утомливо для психіки.

Підбирайте інтенсивність освітлення в залежності від кольору обробки, тому

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лісогор А.О.			ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИР ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСАХ		Арк.	
Перевір.		Ткаченко В.В..					130	164
Перевір.		Несен Л. І.					ІЕЕ ОЕ-зп71	
Перевір.		Калінчик В. П.						
Н. Контр.		Замулко А.І.						

що різні кольори по-різному відбивають світло. Так темні і матові поверхні великої площі поглинають світло, а світлі і глянцеві відображають, збільшуючи освітленість.

Потрібно дотримуватися нормативних значень оптимальної освітленості для різних типів приміщень. Детально про розрахунок освітленості написано в розділі.

Необхідно враховувати функціональність освітлення і особливості людської діяльності, здійснюваної в різних приміщеннях.

Правильно зроблене освітлення квартири підкреслює її інтер'єр, створює затишок та комфорт. Сьогодні існує величезна кількість різноманітних люстр, світильників, ламп, підсвітки від класики до мінімалізму та хай-теку, які ретельно підбираються під інтер'єр, декор, кольорову гамму стін та меблів, текстильне оформлення квартири. Правильно підібране освітлення квартири створює її неповторну атмосферу, а також в деяких випадках настрій для господарів та гостей [18].

Відповідно до призначення тієї чи іншої кімнати світловий дизайн інтер'єру вирішує різні завдання:

- функціональні;
- естетичні;
- емоційні.

Функціональне завдання освітлення квартири полягає у визначенні кількості світла (світильників) на одиницю площі приміщення, яку можна розрахувати за допомогою відповідних нормативів [18]. Естетичне та емоційне завдання освітлення полягають у дизайнерських прийомах, що передбачають виконання таких функцій:

- вдосконалювати і доповнювати інтер'єр;
- змінювати розміри і форми кімнати шляхом оптичної ілюзії;

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лісогор А.О.			ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИР ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСАХ		Арк.	
Перевір.		Ткаченко В.В.					130	164
Перевір.		Несен Л. І.					ІЕЕ ОЕ-зп71	
Перевір.		Калінчик В. П.						
Н. Контр.		Замулко А.І.						

-бути декоративним елементом.

Рівні освітлення розділяють на групи:

Центральне світло, у вигляді люстр або кількох ламп, відповідає за рівномірне освітлення всіх частин кімнати. Воно потрібне, коли ви прибираєте або приймаєте гостей. Зонове, або місцеве, світло може бути біля дивану. До нього належать торшери та бра. Акцентне світло: підсвічування картин, декоративні світильники, гірлянди. Ефектне освітлення: для вечірок. Використовується за бажанням замовника [19].

У робочій зоні (за столом чи в кабінеті) потрібно бути активним, почуватися бадьоро та сконцентровано. Цьому сприятиме температура освітлення: тепле – розслабляє, холодне – бадьорить. Тому краще встановити лампочки з температурою 4000-5000 К – такі використовують в офісах.

Для будь-якої роботи світло має бути розсіяне та рівномірне, мінімум тіней.

Важливе розташування світла біля дзеркал. Поширена помилка – світло за людиною, це створює світлотінь, а також відображається у дзеркалі – воно осліплює.

Особливий параметр для ванної кімнати – це рівень захищеності від вологості. Оптимальний показник – від IP 44 до IP 55. Виробники почали виготовляти люстри безпечні для ванних кімнат, але вони швидко ламаються. Навіть якщо ви не бризкаєте на лампу водою, у кімнаті збирається конденсат, який може спричинити окислення та іржавіння. Тоді доведеться змінювати люстру, бо не вийде викрутити лампочки [19].

Для кожного випадку існують свої показники яскравості освітлення: місце для рукоділля повинно мати освітленість 400 люкс, для читання - 200 люкс, а для письмового столу - до 500 люкс. Коливання рівня світла в ту чи іншу сторону має однаково негативні наслідки. Щоб вибір світильників не здавався занадто складним завданням, існує таке поняття, як норма освітлення, яка виражена в необхідної потужності на квадратний метр площі.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

При використанні штучного освітлення дуже сильно змінюється візуальне сприйняття приміщення, світло спотворює натуральні кольори, природні розміри і пропорції. Тому бажано, щоб штучне освітлення було якомога більше схоже за своїми властивостями на природне світло. У будь-якій кімнаті найбільш освітленою є стеля, а підлога і стіни займають другорядне становище. Якщо кількість світла буде невеликою, то стеля буде виглядати низькою, а зробивши яскравість освітлення більшою, сама площа кімнати буде здаватися більшою. Також можна і поміняти візуальний вигляд кімнати, зробити її квадратною або прямокутною, застосовуючи більш яскраве освітлення однієї зі стін. За допомогою світла можна впливати на форми предметів інтер'єру [20].

Всі квартири складаються з окремих приміщень (кімнат). Кожна кімната має своє безпосереднє призначення, підкреслити яке допомагає штучне освітлення. Головну роль тут відіграє фонове освітлення.

Одним з кращих варіантів в даному випадку є використання люстри. Ще одним варіантом можуть служити світильники, які монтуються в підвісній стелі або карнизи. Закінчивши з фоновим освітленням, можна переходити до місцевого світла. У місцях, де встановлені диван і крісла, як освітлення, найкраще підійдуть торшери і бра. Однак необхідно враховувати, що в таких місцях відпочинку дуже часто присутній телевізор, і тому необхідно дивитися, щоб світло не відбивалося на його екрані. А невелике підсвічування для стін створює сприятливу обстановку для очей. Ще за допомогою настінних світильників можна візуально розширити стіни, вміло поєднавши їх з дзеркалами. Обідня зона повинна мати рівномірне освітлення. Джерело світла може розташовуватися на різній висоті в залежності від ситуації. Так, проведення застілля з гостями вимагає хорошого освітлення, тут більш доречна люстра, розташована на відстані 1,3 м від поверхні столу, а для вечері у вузькому колі прекрасно підходять окремі світильники, що знаходяться на відстані 60 см від столу. В якості освітлення таких ділянок рекомендується використовувати світильники з матовими і білими плафонами і лампочками невеликої потужності [20].

Для освітлення спальні дуже популярним є використання спрямованого світла, світильники при цьому розташовуються з двох сторін біля ліжка. Також необхідно центральне, але не дуже яскраве освітлення. Такий підхід є прийнятним і для передпокою, але з тією відмінністю, що до дзеркала на стіні необхідно додати бра. При освітленні ванної кімнати, враховуючи її невеликі розміри, можна використовувати тільки настінні світильники біля дзеркала. Можливе і освітлення зі стелі, але збільшуючи яскравість, воно створює спотворення на окремих частинах, погіршуючи цим загальну картину. При вмілому підході до вибору і встановлення світильників, врахуванні можливостей і характеристик світла кожна квартира оживає, стає більшою і комфортнішою [20].

Метою розрахунків і проектування освітлення є досягнення нормованої освітленості для певного приміщення. Для кожного приміщення є свій норматив освітленості. Його можна обчислити виходячи з класу зорової роботи, тобто з того як багато і з об'єктами якої величини ви будете працювати, який колір фону на якому розташовується об'єкт, колір самого об'єкта та інші фактори.

Світлодіоди перевершують звичні нам лампи розжарювання. Перша і головна перевага світлодіодів — невелика витрата електроенергії на одиницю світності. Нагрівання світлодіодного світильника помітно нижче, ніж компактного люмінесцентного або галогенного, не кажучи вже про старої доброї лампочці Ілліча. Логічно: чим більше ККД, тим менше енергії виділяється у вигляді тепла. Звідси — можливість монтажу світильників в умовах обмеженої вентиляції і всередині погано переносять нагрівання конструкцій (для дерев'яних і пластикових підвісних стель, гіпсокартонних ніш тощо). Завдяки значній площі потужні світильники світлодіодні стрічки дають менше тіней. Термін служби ламп і світильників оцінюється в 30-50 тисяч годин. Лампи розжарювання служать близько 1000 годин, галогенки — 3-5 тисяч, люмінесцентні світильники — 10-12 [20].

1.2 Загальні дані об'єкта проектування

Проект освітлення виконуємо у відповідності вимог норм на території України.

Електропостачання освітлення передбачено від шин розподільчого щита 0,22 кВ по одному кабельному вводу. Категорія електроприймачів по надійності електропостачання – III.

Напруга мережі – 220 В, система TN-C-S.

Розрахункова потужність освітлення – $P = 0,57$ кВт, 220 В.

Пожежонебезпечні та вибухонебезпечні приміщення відсутні.

Живляча мережа виконується одним п'яти провідним кабелем з мідними жилами. Групова мережа електроосвітлення і розподільча мережа електрообладнання виконуються кабелем і провідником з мідними жилами в оболонці з матеріалів не підтримуючих горіння прокладаються за обшивками стін, за підвісними потолками, в штробах стін у вінілпластових гофрованих трубах. Всі з'єднання і відгалуження виконуються у розподільчих коробках пайкою, сваркою, опресовкою в гільзах або за допомогою зажимів. Для кожної групової лінії передбачено окремий захисний провідник жовто-зеленого кольору.

1.3 Метод розрахунку освітлення квартири

Розрахунок освітлення квартири виконується в відповідності до вимог нормативних документів діючих на території України, а саме ДБН В.2.5-28-2006 [22], ДБН В.2.5-23-2010 [3], ПУЕ-2017 [1].

Метою розрахунку є визначення розрахункової потужності освітлювальних пристроїв, їх підбір по світовому потоку. А також підбір кабелів, для живлення освітлювальних пристроїв.

Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від типу освітлювального об'єкта і визначається з ДБН В.2.5-28-2006 . Для штучного освітлення приміщень використовуються світлодіодні і галогенові лампи.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Метод коефіцієнта використання світлового потоку - це метод, який враховує світловий потік не тільки від світильника, але потік, який відбивається від стелі, стін, підлоги. Основним розрахунковим рівнянням цього методу, яке вирішене відносно світлового потоку ламп, може бути записано у вигляді [23] :

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot \kappa_{\text{з}} \cdot Z \cdot S}{N \cdot \eta}, \text{ лм} \quad (1.1)$$

де $E_{\text{н}}$ -нормована освітленість, лк (обрано $E_{\text{н}} = 150 \text{ Лк}$);

$\kappa_{\text{з}}$ - коефіцієнт запасу. в.о. (в нашому випадку $\kappa_{\text{з}} = 1$) ;

S - площа приміщення, м^2 ;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, в.о; (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2 , [8] в нашому випадку $Z = 1,1$);

N - кількість світильників у приміщенні, шт;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, в.о.;

Значення коефіцієнту використання освітлювальної установки η для стаціонарних світильників обирається в залежності від індексу приміщення i для стаціонарних світильників обирається в залежності від індексу приміщення та відбиваючих властивостей, тобто коефіцієнтів відбиття стелі $p_{\text{ст}}$, стін $p_{\text{с}}$ та підлоги $p_{\text{п}}$ приміщення $\eta = f(i, p_{\text{ст}}, p_{\text{с}}, p_{\text{п}})$ [23].

Індекс приміщення i визначається за виразом:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (1.2)$$

де A, B – відповідно довжина та ширина приміщення, м;

H_p -розрахункова висота, м;

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

H_p - це відстань між світловим центром джерела і робочою поверхнею (рисунок 3.1)

h_n - висота підвісу світильника;

$h_{p.n}$ - висота робочої поверхні.

Висота підвісу h_n - відстань між точкою закріплення світильника до перекриття, і світловим центром світильника.

Висота робочої поверхні $h_{p.n}$ - це відстань між підлогою і робочою поверхнею. Вона нормується в залежності від виробничих приміщень і наведена сумісно з нормами освітленості у галузевих нормах [23].

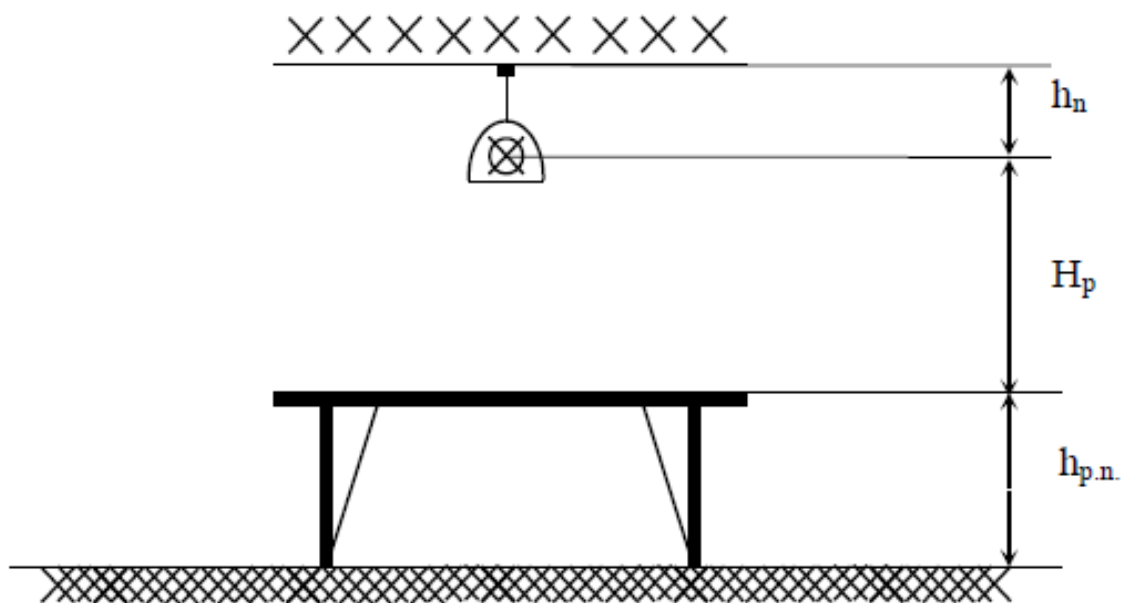


Рисунок 1.1 – До визначення розрахункової висоти

Значення коефіцієнта нерівномірності Z , який залежить від джерела світла, світлорозподілу і розміщення світильників, приймається рівним: для світлодіодних галогенові світильників $Z = 1$ [23].

По розрахунковому світловому потоку лампи $\Phi_{лр}$ обирається тип та потужність лампи з подальшою перевіркою на допустиме відхилення фактичного

світлового потоку лампи $\Phi_{\text{лф}}$ від розрахункового. Це відхилення допустимо в межах від мінус 10 до плюс 20% [23].

1.4 Управління освітленням квартири

1.4.1 Прості клавішні вимикачі

Лінійка вимикачів не є надмірною. Кожен потрібен для вирішення поставленої задачі. Вибір конкретного типу (або типів) вимикача залежить від того, з скількох місць потрібно вмикати освітлення і скільки цих каналів (груп) освітлення потрібно включати.

За зовнішнім виглядом, спереду, такі вимикачі (перемикачі) можуть бути абсолютно однаковими, адже всі вони клавішні. Відмінність буде лише в їх внутрішньої схемою і в значку, який може бути присутнім (рисунок 1.2):

- на клавіші прохідного вимикача - значок з вертикальних трикутників;
- на клавіші перехресного вимикача - значок з горизонтальних трикутників;
- на клавіші простого кнопкового вимикача ніякого значка немає.

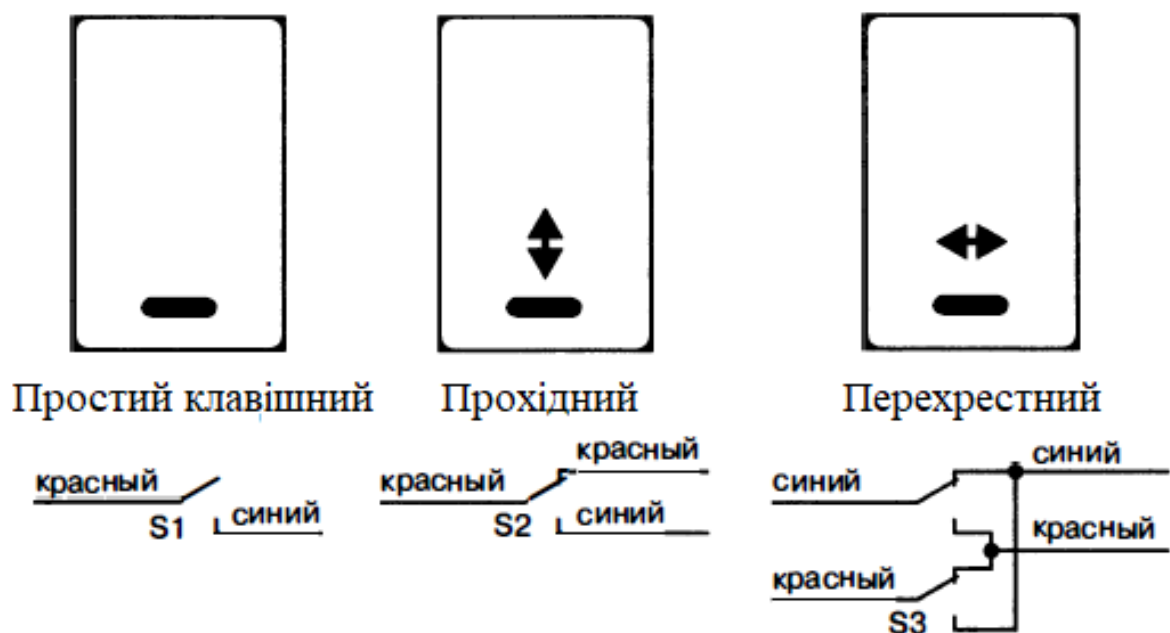


Рисунок 1.2 – Маркування на корпусах вимикачів (перемикачів)
і їх принципові схеми

На цьому ж малюнку принципові схеми кожного вимикача наведені для порівняння принципу їх дії (рисунок 1.2).

Якщо маємо одноканальний світильник (включаються відразу всі лампи одночасно або в ньому тільки одна лампа), і планується його включення тільки з однієї точки - то підійде простий одноклавішний вимикач.

Якщо маємо многоканальний світильник (включаються окремо групи ламп або окремі лампи), і планується включення освітлення тільки з однієї точки, - то підійде простий багатоклавішний вимикач. Він може бути двох-, трьох- і навіть чотирьохклавішний.

1.4.2 Прохідні вимикачі

Якщо з'являється необхідність включати світло з однієї точки, а вимикати - з іншого, то вже потрібно два прохідних вимикача (перемикача). Вони теж можуть бути як одноклавішним, так і двоклавішним. Поясню ситуацію так.

Два одноклавішних прохідних вимикача (перемикача) необхідні для управління одним контуром або лінією освітлення з двох точок, розташованих в різних частинах кімнати або будинку. Тобто одним вимикачем ти включаєш освітлення при вході в кімнату або в довгий коридор, а іншим, але вже в якійсь віддаленій точці, ти це ж саме освітлення вимикаєш (рисунок 1.3).

Наприклад, в двоповерхових квартирах або будинках - включивши лампочку на першому поверсі перед сходами, піднявшись по освітлених сходах на другий поверх і там світло на сходах відключив перед заходом в кімнату. Адже на сходах більше світло не потрібне.

Прохідні вимикачі розумно застосовувати, наприклад, в спальних кімнатах. Зайшовши в спальню, включив стельове освітлення біля дверей. Ліг на ліжку і біля голови або біля тумбочки світло відключив. Датчик руху в цьому випадку абсолютно не підійде, так як буде включати світло при кожній твоїй спробі повернутися в ліжку.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

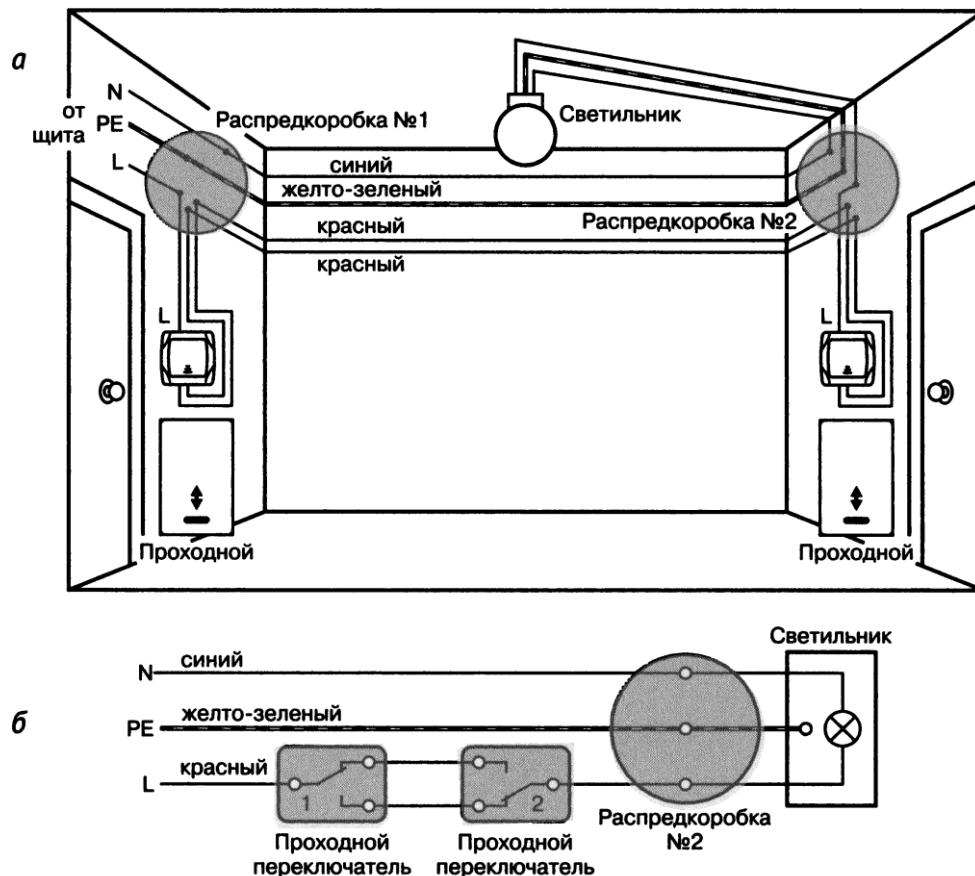


Рисунок 1.3. Використання одноклавішних прохідних вимикачів (перемикачів) для управління освітленням в довгому коридорі: а- наочне уявлення; б - принципова схема

Для управління двома лініями застосовуються вже двоклавішні прохідні вимикач (перемикач). Їх призначення аналогічно розглянутому вище.

1.4.3 Перехресні вимикачі

Якщо необхідно керувати однією лінією освітлення з трьох точок і більше, то тут на допомогу двом прохідним вимикачів прийде перекидний, або як його ще називають хрестовий, перехресний, проміжний вимикач (перемикач). Його ключова відмінність полягає в тому, що він має чотири виходи - два знизу і два зверху. Такий вимикач встановлюється в проміжку між двома прохідними вимикачами. Цей тип комутаційних пристроїв не використовується окремо, а тільки з як мінімум двома прохідними вимикачами (рисунок 1.4).

Виглядають перехресні перемикачі зовні як звичайні прохідні вимикачі і не мають чіткого положення включено або ж відключено.

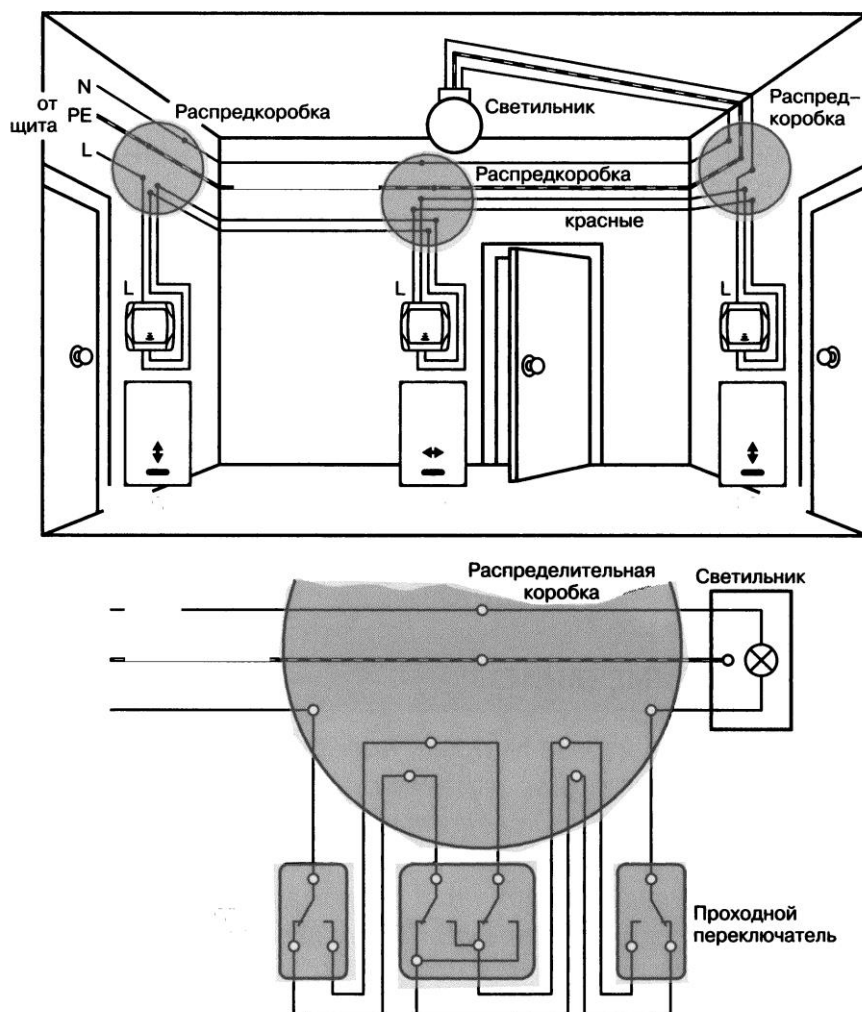


Рисунок 1.4. Використання перехресного і двох прохідних вимикачів (перемикачів) для управління однією лінією освітлення з трьох точок:

а - наочне уявлення; б - принципова схема

Порівняємо схеми включення з двох місць (рисунок 1.5, а) і з трьох місць (рисунок 1.5, б). У правій схемі живлення з автомата спочатку приходить в розподільну коробку, далі від неї йде на прохідні і перехресні перемикачі, і з неї ж йде на лампу.

Схема включення з трьох місць досить складна, і при її збірці часто виникають помилки. А це управління тільки з трьох місць. Весь монтаж ведеться

кабелями одного перетину, т. к. струм навантаження ламп проходить через весь ланцюжок вимикачів. А от як виглядає розподільна коробка, що забезпечує схему управління освітленням з трьох місць (рисунки 1.5, 1.6). Дуже щільне наповнення, адже з'єднань багато.

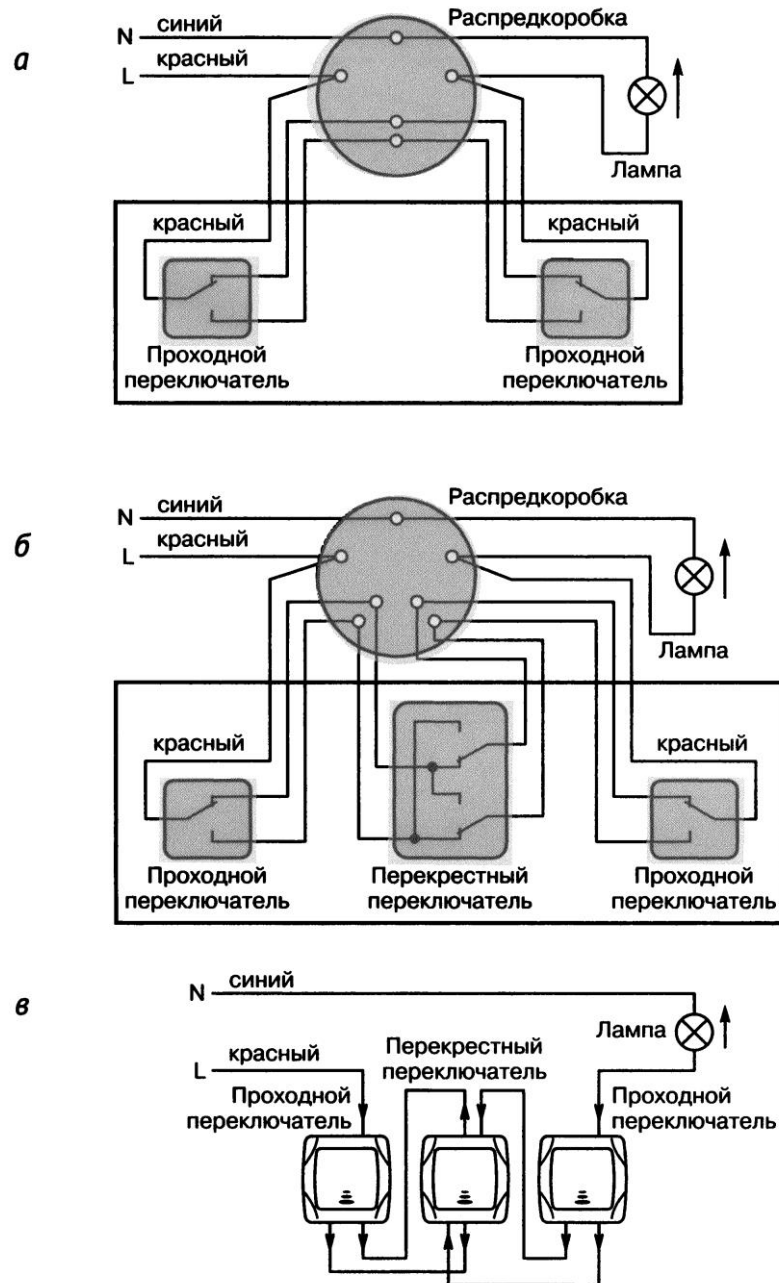


Рисунок 1.5. Управління освітленням з декількох місць: а- принципова схема управління освітленням з двох місць; б- принципова схема управління освітленням з трьох місць; в - пояснення схеми управління освітленням з трьох місць

Уявіть собі, якою перевантаженою буде виглядати розподільна коробка яка забезпечує управління освітленням з п'яти місць, схема якої представлена на рисунок 1.7.

Правда, є і плюси: схема з прохідними і перехресними перемикачами досить надійна, т. к. не містить елементів автоматики. Але автоматика забезпечує зручність і функціональність, що значно розширює стандартні обмеження і можливості.

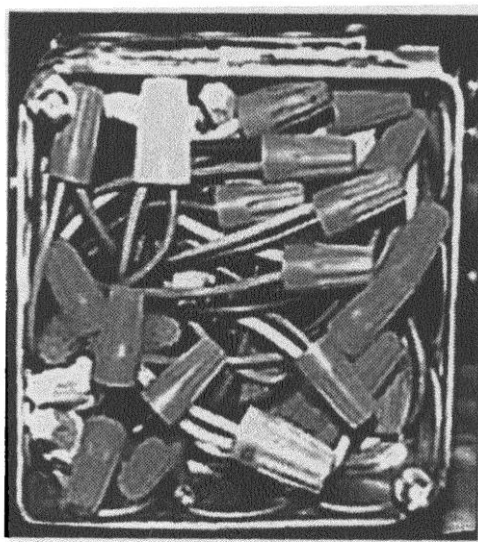


Рисунок 1.6. Зовнішній вигляд розподільної коробки, забезпечує схему управління освітленням з трьох місць

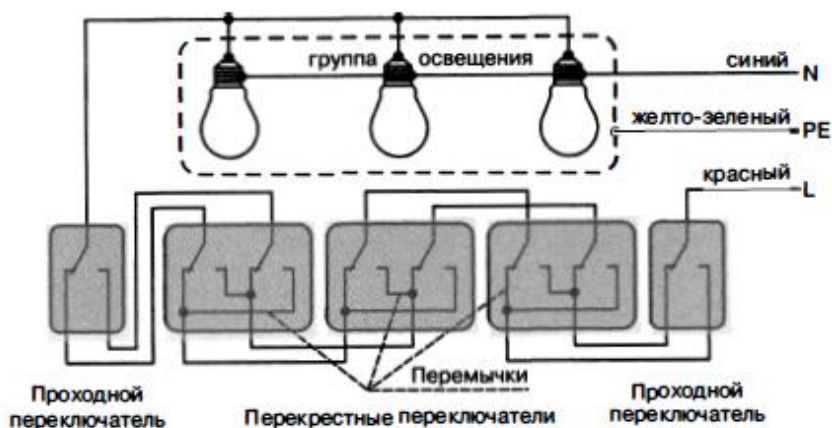


Рисунок 1.7. Принципова схема системи управління освітленням з п'яти місць

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.4.4 Імпульсні реле

У разі, управління освітленням з чотирьох або п'яти місць - кращий варіант, застосування імпульсних реле. Адже вартість прохідних перемикачів в кілька разів вище, ніж кнопкових, які працюють з імпульсними реле.

Застосування імпульсних реле. Для реалізації управління одним каналом світильника за допомогою імпульсного реле нам необхідні:

- імпульсна реле;
- два і більше кнопкових вимикача.

Отже, такий комплект забезпечує управління однією групою світильника. Розглянемо схему, наведену на рисунку 1.8.

У кнопкового вимикача, що працює в парі з імпульсним реле, є один нормально-відкритий контакт (замикає) без фіксації свого положення. По конструкції такі вимикачі виконані, як звичайні одно клавішні вимикачі, тільки у них встановлена поворотна пружина, яка повертає контакт в початкове (вихідне) положення після натискання. У ряді випадків такі вимикачі можуть містити внутрішнє підсвічування (рисунок 1.9).

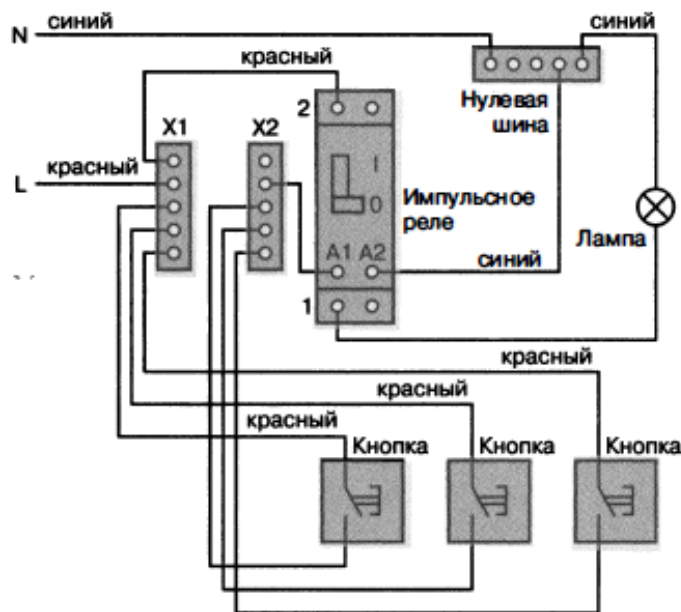


Рисунок 1.8. Схема управління одним каналом світильника

трьох місць за допомогою імпульсного реле

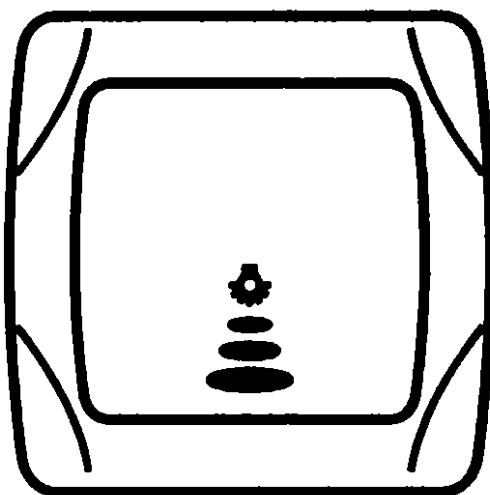


Рисунок 1.9. Зовнішній вигляд кнопкового вимикача з підсвічуванням

Крім одноклавішних кнопкових вимикачів, є двоклавішні кнопкові вимикачі. Адже часто стельові світильники мають дві групи освітлення.

У двоклавішних вимикач розміщено два нормально-відкритих контакту (замикаючих) без фіксації, які можна підключити на різні імпульсні реле для управління двома групами ламп.

Така система працює так. Припустимо, що освітлення було вимкнено. Натиснемо на клавішу будь-якого кнопкового вимикача, з'єднаного з даною групою освітлення. Таким чином, фаза через кнопковий вимикач короткочасно прийде на клему імпульсного реле, реле замкне свій силовий контакт і освітлення включиться.

Натиснемо на клавішу іншого кнопкового вимикача, з'єднаного з даною групою освітлення (або цього ж - різниці немає ніякої), фаза прийде на ту ж клему імпульсного реле, і воно розімкнеться свій силовий контакт, - освітлення вимикається. При кожному натисканні на кнопковий вимикач реле буде міняти стан своїх силових контактів на протилежне.

1.4.5 Радіокеровані прохідні вимикачі

Можна змонтувати керовані по радіо прохідні вимикачі. Приклад зовнішнього вигляду такого вимикача представлений на рисунок 1.10. У різних

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

фірм виготовника може бути й інший дизайн радіокерованого прохідного вимикача. Радіо вимикач буває як одно клавiшний, так і дво-, трьох клавiшний.

Самі вимикачі можна встановити на стіну двома способами:

-на двосторонній скотч, який йде в комплекті, прямо поверх шпалер або плитки;

-на шурупи-саморізи в уже існуючий підрозетник.

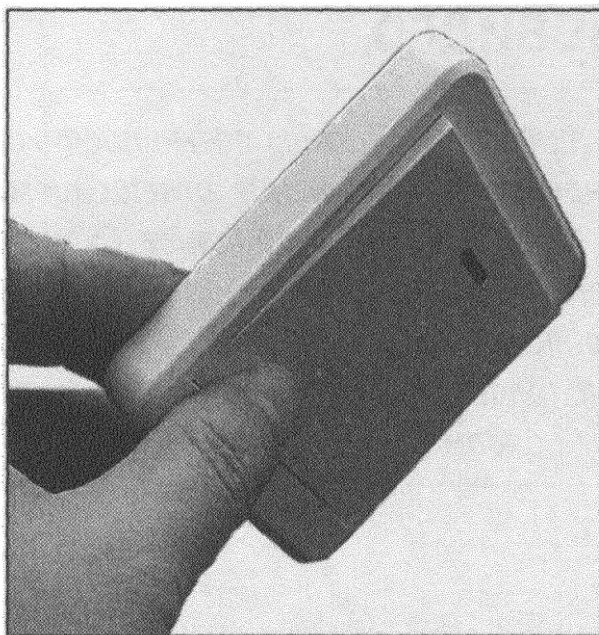


Рисунок 1.10. Зовнішній вигляд радіокерованого прохідного вимикача

Всі вони працюють шляхом передачі сигналу управління по радіоканалу на частоті 315 МГц або 433,92 МГц. Кожне натискання змінює стан лампи: включено /вимкнено.

В принципі можна запрограмувати виконавчий блок пристрою на стандартний брелок і керувати освітленням з нього. Адже на частоті 433 МГц працює більшість брелків для відкривання гаражних воріт, шлагбаумів, сигналізації автомобілів.

Якщо до пристрою прив'язати пульт дистанційного керування, брелок, то для управління освітленням в будинку не потрібно буде навіть підходити до вимикачів і натискати на них.

Найголовніший компонент дистанційного вимикача силовий радіо модуль. Розміром він не більше сірникової коробки. Завдяки цьому, помістити його можна де завгодно: в розподільних коробках;

- за ковпаком люстри, де підключаються дроти;
- за натяжною стелею і т. д.

Функціональна схема такої системи наведена на рисунок 1.11, а зовнішній вигляд одного з варіантів силового блоку - на рисунок 1.12.

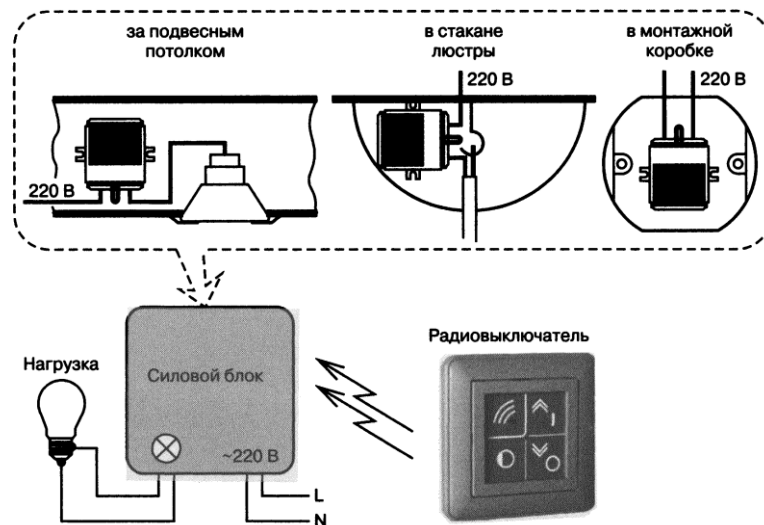


Рисунок 1.11. Функціональна схема радіокерованого прохідного вимикача

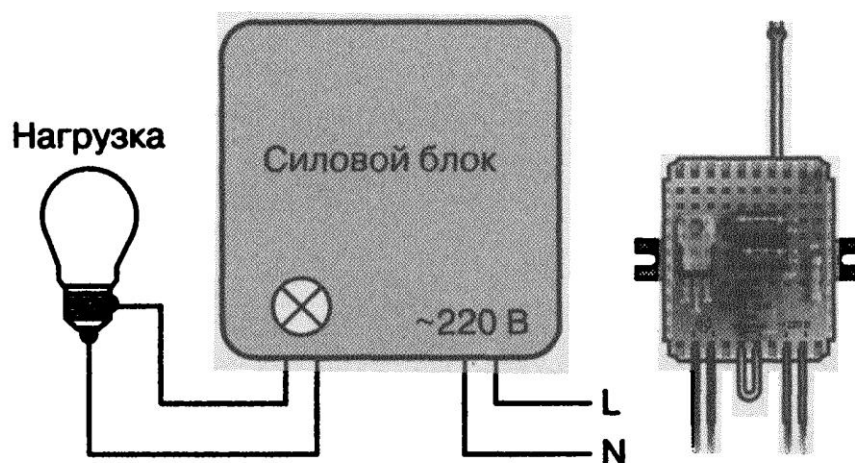


Рисунок 1.12 Схема включення і зовнішній вигляд силового блоку

Усередині безпроводного вимикача світла (рисунок 1.13), який приклеюється на стіну, повинен містити:

- електронна плата;
- центральна кнопка включення / вимикання;
- світлодіод для візуалізації прив'язки вимикача і радіомодуля;
- батареяка типу 27A на 12 В.

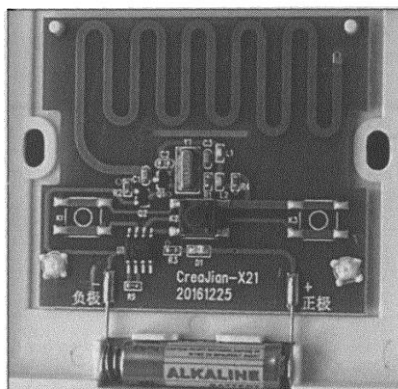


Рисунок 1.13. Пристрій бездротового вимикача світла

1.4.6 Світлорегулятори для вакуумних ламп розжарювання

Про традиційній регулятор освітлення світіння ламп розжарювання з вимикачем, знайомих нам з радянського минулого, говорити не будемо (рисунок 1.14). Адже практично не залишилося в побуті ламп розжарювання. А ось галогенні лампи розжарювання, а особливо світлодіодні, з такими регуляторами радянського періоду працювати не будуть. Їх потрібно міняти при переході на новий вид ламп.

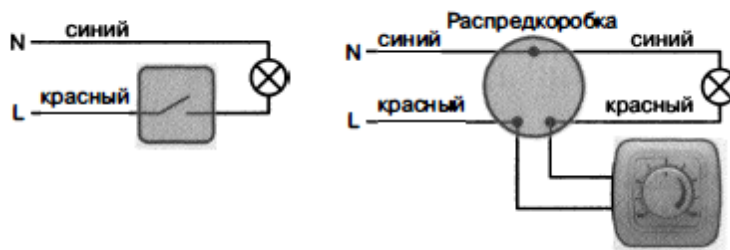


Рисунок 1.14 Схема включення світлорегулятора з положенням "Виключено"

Латинська літера «R» означає, що пристрій живиться роботою з лампами розжарювання, з так званого «омного», або «резистивного» навантаження. До таких ламп відносяться як звичайні лампи розжарювання з робочою напругою ~ 230 В, так і галогенні лампи -230 В.

Латинська літера «L» означає, що пристрій допускає роботу зі звичайними (обмотувальними) трансформаторами, так звана «індуктивного» навантаження. Звичайний трансформатор, як відомо, представляє собою металевий сердечник, обмотаний мідним дротом. Трансформатор навантажений на низьковольтні галогенні лампи (12 або 24 В).

Латинська літера «C» на димерах означає, що пристрій допускає роботу з електронними трансформаторами, так звана «ємнісного» навантаження. Це, наприклад, низьковольтні галогенні лампи (12 або 24 В), що працюють від електронного трансформатора.

Значки і позначення на димерах представлені на рисунку 1.15.

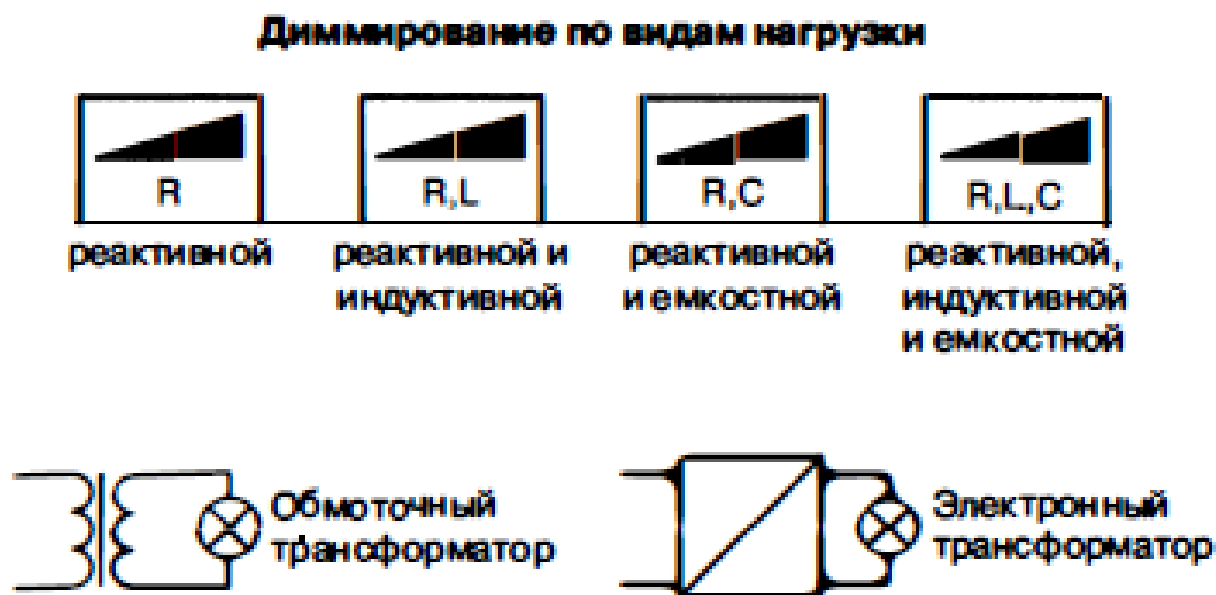


Рисунок 1.15 Маркування димеров за видами навантаження

1.4.7 Диммери для галогенних ламп

Галогенні лампи розраховані на два види напруги: 12 або 220 вольт. Найчастіше, споживачі віддають перевагу другому варіанту, для якого потрібно купувати димер для галогенних ламп 220 вольт.

Але практика показує, що 12-вольт лампи набагато потужніше, у них вищий термін експлуатації (майже в 2 рази більше). Світіння 12-вольтових ламп в 3-4 рази вище. При цьому вартість кожної моделі трохи відрізняється між собою. Така велика різниця показників відбувається через спіралі, що відрізняються розмірами.

При використанні низьковольтних ламп потрібен спеціальний димер для галогенних ламп на 12 вольт, а ламп на мережеве напруга - димер на 220 В. В обох випадках може використовуватися димер для галогенних ламп з пультом управління (рисунок 1.16.).

Диммери використовуються спільно з приладами освітлення і підключаються через фазний провід живлення.

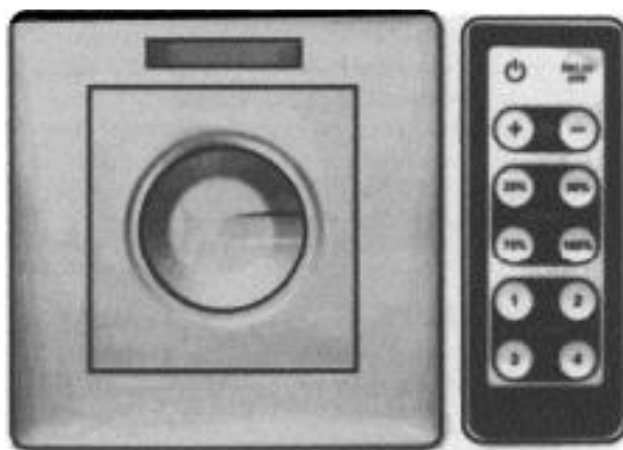


Рисунок 1.16. Зовнішній вигляд димера з пультом дистанційного керування

Диммери для 12-вольтних джерел починають користуватися все більшим попитом. І якщо виникає необхідність регулювання яскравості світіння 12 вольтів галогенних ламп, то застосовують спеціальний регулятор. Більшість

застосовуваних галогенових лампочок харчується напругою 12 В за допомогою трансформаторів. Регулятор включається між вторинною обмоткою трансформатора (12 В змінну напругу) і галогенними лампами.

До позитивних якостей такого рішення відноситься велика віддача живлячого трансформатора і менший рівень перешкод, що вносяться до мережі схемою.

При використанні низьковольтних галогенних ламп, які можуть бути розраховані на рівень напруги від 12 В до 24 В, до електричної мережі необхідно підключити спеціальний електронний трансформатор. Такий пристрій дозволяє забезпечити надходження до освітлювального джерела рівну напругу, а також плавно змінювати інтенсивність освітлення, керуючи джерелом струму. Лампи, які розраховані на 12 вольт, споживають менше енергії. Їх ставлять з метою економії, а також вони мають більш тривалий термін експлуатації.

Слід зазначити, що при необхідності установки світильників в натяжні стелі, перевагу віддавати краще лампам на 220 вольт, який не потребує будь-яких додаткових приладів при підключенні димеров для галогенних ламп на 220 вольт. Регулювання освітленості таких ламп набагато простіше, ніж 12-вольтового варіанту, який вимагає оптимального поєднання трансформатора і підсвічування для галогенних ламп на 12 вольт. В цьому випадку, витрати на електрообладнання кілька збільшуються.

1.4.8 Диммери для світлодіодних ламп

Після появи в широкому продажі світлодіодних ламп виникло питання їх димірування (регулювання яскравості лампи). Справа в тому, що в цьому випадку неприйнятно регулювати яскравість світла, змінюючи напругу або струм. Тому більшість димерів, як зазначалося вище, некоректно працюють зі світлодіодними приладами освітлення. Якщо потрібно контролювати інтенсивність LED-освітлення, необхідні спеціальні диміруванні світлодіодні лампи і спеціальні

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

димери до них. В цілому, димірування LED ламп - це питання зниження прикладеної напруги.

Відповідне маркування наноситься як на самі лампи, так і на їх упаковку. Слід звертати на це увагу при покупці. Знаки можуть бути різними: від малюнка з підписом димерами (рисунок 1.17, а) до піктограм і написів (рисунок 1.17, б).



Рисунок 1.17. Варіанти маркування на упаковці і корпусі світлодіодних ламп, що підтримують димірування

Драйвери не всіх світлодіодних ламп підтримують функцію димірування. Довільно змінювати інтенсивність світла за допомогою звичайного світлорегулятора можна тільки у приладів з відміткою dimmable (димірування) або спеціальним логотипом на упаковці.

У якісних світлодіодних лампах, яскравістю яких можна управляти, встановлені драйвери з функцією ШІМ (широтноімпульсної модуляції). Вони підтримують регулювання яскравості в межах від 0-5% до 95-100%. Принцип роботи таких драйверів полягає у зміні ширини імпульсу сигналу при постійній його частоті і амплітуді.

Зовнішній вигляд світлорегулятора для світлодіодних ламп наведено на рисунок 1.18. Реально він не відрізняється за виглядом від їх побратимів, але принцип його дії зовсім інший. Розглянемо його докладніше.

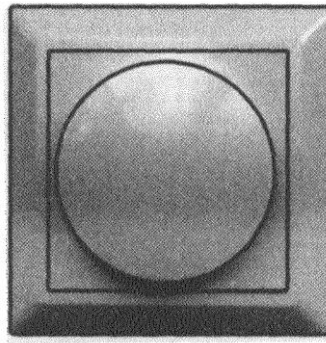


Рисунок 1.18. Зовнішній вигляд світлорегулятора для світлодіодних ламп

На сьогоднішній день димірування світлодіодів в переважній більшості застосовують димери контролю фаз, які поділяють на дві групи:

- димери переднього краю, які зрізають передній фронт (Leading edge);
- димери заднього краю, зрізують тил (Trailing edge). Димери контролю фаз в своїй конструкції в якості перемикача мають тиристор, який при зміні полярності струму вимикається. Струм через тиристор буде багаторазово проходити нульове значення, а в таких умовах тиристор не в змозі забезпечити провідність. Щомиті проходить 100 циклів включення/вимикання.

Димери переднього краю доступні, мініатюрні, економічні, традиційно використовуються для ламп розжарювання і є найпоширенішими. Проте, мають недолік, а саме можуть видавати дзижчання в процесі димірування.

Димери заднього краю мають ускладнену схему. Для їх коректної роботи необхідно відслідковувати момент перетину напруги через нуль за допомогою детектора. Тільки тоді пристрій можна налагодити таким чином, щоб включення відбувалося в потрібний момент. Вимкнення ж відбувається після закінчення заданого циклу пристроєм часу.

Найчастіше диммери заднього краю оснащують транзисторами метал-оксид-напівпровідника, оскільки вони надійні і недорого коштують. Як варіант, можливе застосування біполярного транзистора з ізольованим затвором, однак це сильно здорожує конструкцію.

На рисунку 1.19 діаграма відображає роботу без димірування (ліва частина синусоїди) і димірування на 50% (права частина синусоїди) з точками, де відбувається перемикання.

Димери заднього краю безшумні в роботі. Застосовують їх для електронних драйверів і низьковольтних трансформаторів.

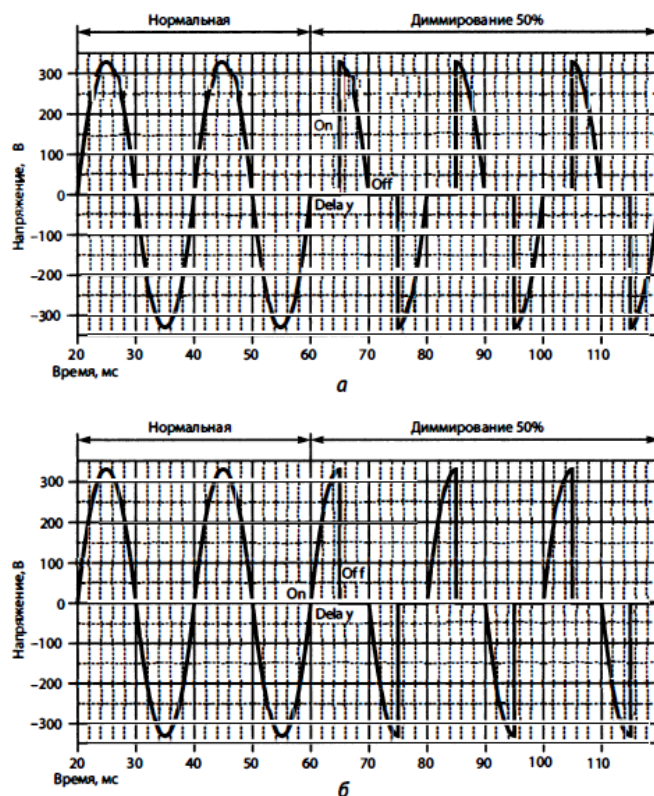


Рисунок 1.19 Принцип дії димерів: а- крива роботи димера, що відтинає фронт імпульсу; б - крива роботи димера, що відтинає тил імпульсу

Проте, найчастіше LED лампа просто заміняє лампу розжарювання, а димер залишається який був. Тому виробники прагнуть проектувати світлодіодні лампи, сумісні з більш дешевими диммерами, зрізуючими передній фронт.

Адже LED лампа, на відміну від традиційної лампи розжарювання, має вбудований драйвер, який перетворює змінну напругу в постійну для живлення світлодіодів лампи. Це вступає в несумісність із системою підсвічування регулювання фаз, так як драйвер прагне компенсувати, подається частинами вхідна напруга, намагаючись як би залатати відсутні частини. Однак, це лише питання відповідності димера і драйвера.

Потрібно знати ще кілька нюансів: димери переднього краю, в основному, мають високе значення мінімального навантаження, в результаті чого може знадобитися кілька світлодіодних ламп для того, щоб димер в принципі міг спрацювати. Є нюанси і з приводу максимального навантаження. Так, щоб розрахувати максимальне навантаження світлодіода, треба розділити максимальне навантаження димера на 10 .

- димери заднього краю коректніше працюють з ємнісний навантаженням світлодіодного драйвера. Мигання, що зудять і дзижчать звуки при димера - результат несумісності драйвера LED лампи і встановленого підсвічування. При правильному підборі димера і драйвера світлодіодної лампочки може регулюватися в досить широкому діапазоні. Звичайно, у класичних ламп розжарювання помітно більш плавне регулювання в режимі мінімальної яскравості. Але найчастіше для повноцінного використання правильно підібраний світлодіодний димер і димірування лампи працюють разом стабільно.

Висновки

1.Визначено нормативні документи по яким проектується електроосвітлення житлових будинків.

2.Проведено ознайомлення з основними правилами проєтування електроосвітлення житлових будинків

3.Опрацьовані способи управління освітленням квартири.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2 ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика та особливості об'єкту проектування

В даному проекті розглянута система електропостачання району, який входить до складу великого міста.

Споживачі районного міста приєднуються до мережі 380/220 В, яка отримує живлення від понижувальних трансформаторів 10/0,4 кВ., за допомогою кабельної лінії 10 кВ, які в свою чергу живляться від трансформатора 110/10 кВ. Живлення споживачів відбувається по кільцевій схемі.

Ґрунт в районі міста – чорнозем в Києві.

На вибір схеми і конструктивне виконання міста мереж впливають такі фактори, як категорія надійності будинків, в ж/б так є різний спосіб приготування їжі, режими їх роботи, номінальні струми і напруги.

Живлення електроприймачів II категорії по одній ПЛ допускається, якщо забезпечена можливість проведення аварійного ремонту цієї лінії за час не більше 1 доби, також при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення допустимі перерви електропостачання на час, необхідний для включення резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади.

Також на території району розташовано електромеханічний цех промислового підприємства. Крім того, на території району розташовані різні громадські будівлі, серед них дитячі дошкільні заклади, освітні заклади, підприємства громадського харчування, продовольчі та промтоварні магазини. [8,9].

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Лісогор А.О.			Електрична частина					Арк.		
Перевір.		Ткаченко В.В..								38	182	
Перевір.		Несен Л. І.						ІЕЕ ОЕ-зп71				
Перевір.		Калінчик В. П.										
Н. Контр.		Замулко А.І.										

2.1.2 Характеристика джерела живлення

Електропостачання житлових та громадських будинків району забезпечується від шин РП (10кВ), а РП і промислові підприємства від шин ЦЖ рівнем напруги 110 та 10 кВ головної понижуючої підстанції, яка, в свою чергу живиться від шин районної підстанції, розташованої в 10 кілометрах на схід, від якої одночасно ще живляться 8 КЛ.

Генеральний план проектного району з зазначенням порядкових номерів розташованих на території об'єктів наведений на листі 1.

Забезпечення надходження електроенергії від джерела живлення (ДЖ) до РП, здійснюється за допомогою двох ПЛ АС 120, відстань від ДЖ до РП становить 10 км. До РП приєднані два ТРДН – 80000. Кожен з трансформаторів живить повітряна лінія. Електроприймачі відносяться до третьої категорії [8].

2.2 Визначення розрахункових електричних навантажень

2.2.1 Визначення розрахункових електричних навантажень цеху промислового підприємства

План розташування обладнання цеху обробки деталей представлений на рисунку 2.1

2.2.2 Вихідні дані для проведення розрахунку

Розрахунок навантажень виконуємо згідно умов, починаючи з низьких рівнів до вищих, розглядаючи по чергово окремі ділянки електричних мереж. За величини розрахункових активних P_p і реактивних Q_p електричних навантажень споживачів приймаються імовірні максимальні середні навантаження за час $T=30$ хвилин.

Основними споживачами є житлові та громадські будинки.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

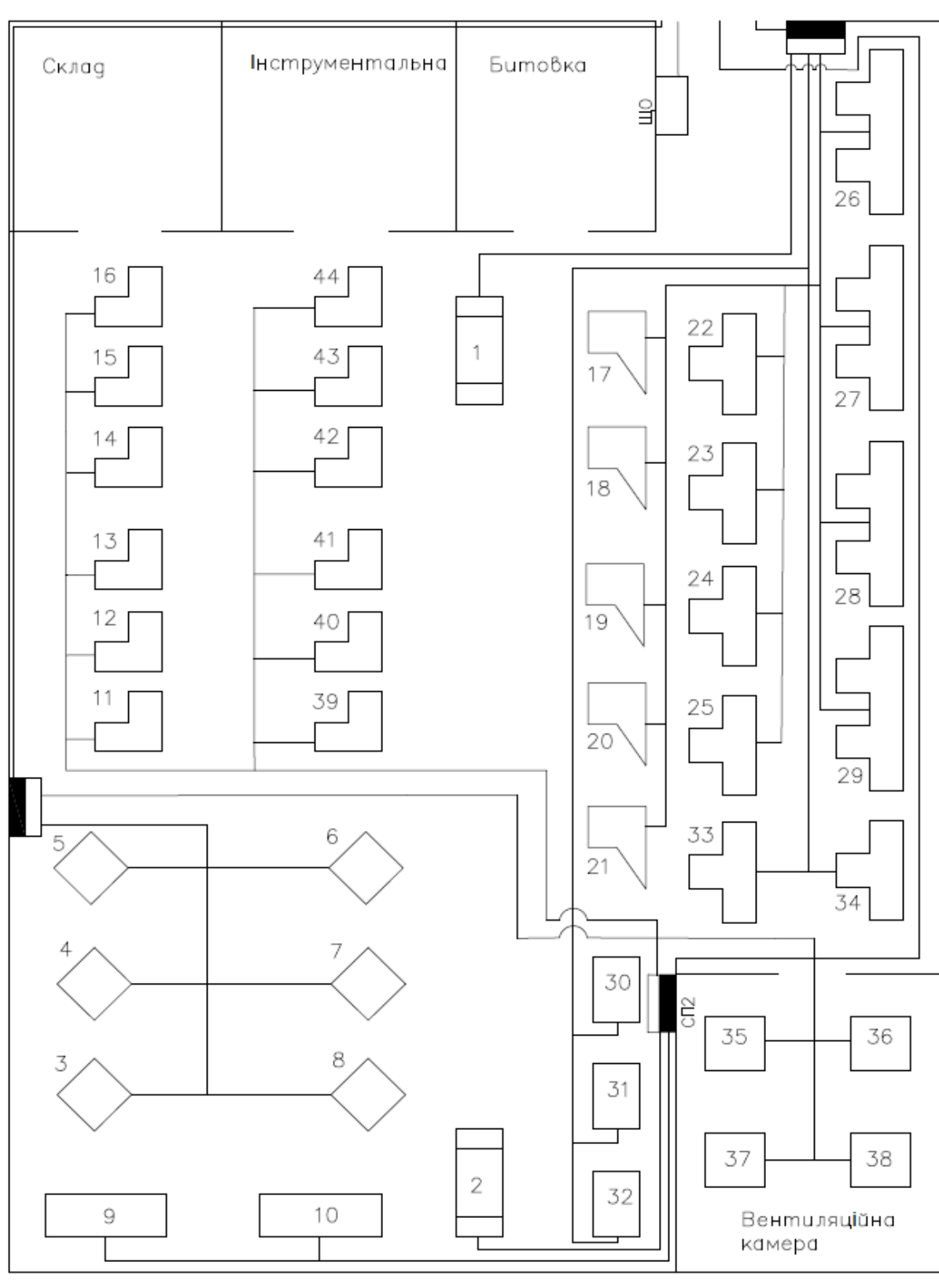


Рисунок 2.1 – План розміщення ЕП електромеханічного цеху

Дані про ЕП електромеханічного цеху представлені в таблиці 2.1

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 2.1 - Дані про ЕП електромеханічного цеху[9].

№	Номер на плані	ЕП	кВт	$\cos\varphi$	Номінальна потужність, кВт
СП1	3–8	Маніпулятори	0,22	0,6	4,2
	9,10	Точильно-шліфувальні верстати	0,17	0,55	3,2
	35–38	Вентилятори	0,7	0,8	9
СП2	2	Мостовий кран, ТВ=60%	0,15	0,5	38
	11-16, 39–44	Свердлильні верстати	0,2	0,6	2,8
СП3	1	Мостовий кран, ТВ=60%	0,15	0,5	38
	17–21, 30-32	Горизонтально-фрезерні верстати	0,23	0,55	9
	26-29	Продольнострогальні верстати	0,2	0,7	12
	22-25, 33, 34	Токарні напівавтомати	0,4	0,7	16

Розрахунок електричних навантажень електромеханічного цеху виконаємо методом розрахункових коефіцієнтів (РК);

Метод розрахункових коефіцієнтів (РК), котрий базується на методі упорядкованих діаграм, дає можливість більш точно враховувати формування

середніх значень електричних навантажень на високих ступенях електропостачання і тим самим усунути необґрунтоване збільшення розрахункових навантажень.

Номінальна активна потужність групи ЕП розраховується за формулою [9]:

$$P_H = nP_{ni}$$

де n – кількість ЕП;

P_{ni} - номінальна потужність електроприймача для маніпуляторів за формулою:

$$P_h = 5 \cdot 4,2 = 21 \text{ кВт.}$$

Визначаємо проміжну активну і реактивну потужності (маніпуляторів)

$$P_{np} = P_{h\Sigma} \cdot K_v,$$

$$Q_{np} = P_{np} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

де K_v - коефіцієнт використання;

$$P_{np} = 21 \cdot 0,22 = 4,62 \text{ кВт,}$$

$$Q_{np} = 4,62 \cdot 1,33 = 6,16 \text{ кВт.}$$

Для інших споживачів розрахунок проводимо аналогічно та результати зводимо до таблиці 1.2.

Покажемо розрахунок навантаження для силового пункту 1:

Розраховуємо номінальну групову активну потужність [9]:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{ni} = 21 + 27 = 54,4 \text{ кВт.}$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна кількість електроприймачів для СП1:

$$n_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m n_i,$$

$$n_{\Sigma} = 5 + 5 = 10.$$

Серед всіх споживачів СП1 шукаємо з максимальною і мінімальною потужностями [9]:

$$P_{\min СП1} = 4,2 \text{ кВт},$$

$$P_{\max СП1} = 9 \text{ кВт},$$

$$m = \frac{P_{\max СП1}}{P_{\min СП1}} = \frac{9}{4,2} = 2,14 \text{ кВт}.$$

Сумарна проміжна активна і реактивна потужності для СП1:

$$P_{\Pi} = \sum_{i=1}^n P_{\Pi i},$$

де $\sum P_{\Pi i}$ - сума активних проміжних потужностей для СП1,

$$P_{\Pi СП1} = 4,62 + 1,09 + 18,9 = 24,61 \text{ кВт},$$

$$Q_{\Pi} = \sum_{i=1}^n Q_{\Pi i},$$

де $\sum Q_{\Pi i}$ - сума реактивних проміжних потужностей для СП1.

$$Q_{\Pi СП1} = 6,16 + 1,65 + 14,18 = 21,99 \text{ квар}.$$

Розраховуємо коефіцієнт використання всього силового пункту [9]:

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{в}} = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{н}\Sigma}},$$

де $P_{\text{п}}$ - сумарна проміжна потужності для СП1;

$P_{\text{н}\Sigma}$ - сумарна номінальна потужність для СП1;

$$K_{\text{сп1}} = \frac{24,61}{54,4} = 0,45.$$

Ефективне число ЕП визначимо по формулі [9]:

$$n_{\text{е}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{\text{н}i}}{P_{\text{н max}}},$$

де $P_{\text{н max}}$ - максимальна номінальна потужність

$$n_{\text{еCC1}} = \frac{54,4^2}{4,2^2 \cdot 5 + 3,2^2 \cdot 2 + 9^2 \cdot 3} = 8,41.$$

Приймаємо $n_{\text{еCC1}} = 10,67$.

Для інших електроприладів розрахунок ведеться аналогічно. Дані зводимо в таблицю 1.2.

Згідно визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження [9]:

$$K_{\text{р}} = 1,19.$$

Розраховуємо сумарну розрахункову активну потужність для СП1:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{п}} \cdot K_{\text{р}},$$

де $P_{\text{п}}$ - сумарна проміжна активна потужність для СП1;

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_p - коефіцієнт розрахункового навантаження;

$$P_{рСП1} = 24,61 \cdot 1,09 = 26,82 \text{ кВт.}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність [9]:

$$\text{при } n_e < 10 \quad Q_p = 1,1 Q_{пр};$$

$$\text{при } n_e > 10 \quad Q_p = Q_{пр}.$$

$$СП1: Q_p = Q_{пр} = 24,61 \cdot 1,09 = 24,19 \text{ квар (так як } n_e = 8 \geq 10);$$

$$СП2: Q_p = Q_{пр} = 1,1 \cdot 17,34 = 19,12 \text{ квар (так як } n_e = 2 \geq 10);$$

$$СП1: Q_p = 1,1 \cdot Q_{пр} = 68,72 \text{ квар (так як } n_e = 19 \geq 10);$$

Повна розрахункова потужність для СП1:

$$S_p = \sqrt{Q_p^2 + Q_p^2},$$

$$P_{рСП1} = \sqrt{24,82^2 + 21,99^2} = 34,68 \text{ кВт.}$$

Розрахунковий струм для СП1 [9]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

де S_p - повна розрахункова потужність для СП1;

U_n - номінальна напруга;

$$I_{рСП1} = \frac{34,86}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 50,06 \text{ А.}$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для СП2 і СП3 розрахунок проводимо аналогічно і результати зводимо до таблиці 1.2.

Розрахуємо сумарне силове навантаження цеху:

Сумарна кількість електроприймачів [9]:

$$n_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m n_i,$$

$$n_{\Sigma} = 18 + 11 + 11 = 40.$$

Розраховуємо номінальну групову активну потужність:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{Hi} = 57,6 + 87,2 + 112,6 = 257,4 \text{ кВт.}$$

Серед всіх електроприймачів шукаємо з максимальною і мінімальною потужностями:

$$P_{\min \text{СП2}} = 2,8 \text{ кВт},$$

$$P_{\max \text{СП1}} = 21,6 \text{ кВт},$$

$$m = \frac{P_{\max \text{СП1}}}{P_{\min \text{СП1}}} = \frac{21,6}{2,8} = 7,714.$$

Сумарна проміжна активна і реактивна потужності [9]:

$$P_{\Pi} = \sum_{i=1}^n P_{\Pi i},$$

$$P_{\Pi \text{CH}} = 11,9 + 17,99 + 48,04 = 77,94 \text{ кВт},$$

$$Q_{\Pi} = \sum_{i=1}^n Q_{\Pi i},$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{псн}} = 15,87 + 28,01 + 46,02 = 89,91 \text{ квар.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання:

$$K_{\text{в}} = \frac{P_{\text{псн}}}{P_{\text{н}\Sigma}},$$

$$K_{\text{вспл}} = \frac{77,94}{257,40} = 0,3.$$

Ефективне число ЕП визначимо по формулі:

$$n_{\text{е}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{\text{ні}}}{P_{\text{н max}}},$$

$$n_{\text{еспл}} = \frac{2 \cdot 257,6}{21,6} = 23,83.$$

Приймаємо $n_{\text{еспл}} = 23$.

Згідно визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження [9]:

$$K_{\text{р}} = 0,85.$$

Розраховуємо сумарну розрахункову активну потужність:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{п}} \cdot K_{\text{р}},$$

$$P_{\text{рсн}} = 77,94 \cdot 0,85 = 66,249 \text{ кВт.}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність:

$$Q_{\text{р}} = K_{\text{р}} \cdot Q_{\text{пр}},$$

$$Q_{\text{р}} = 0,85 \cdot 89,91 = 76,424 \text{ кВт.}$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повна розрахункова потужність силового навантаження:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

$$S_{pCH} = \sqrt{66,249^2 + 76,424^2} = 101,14 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм силового навантаження:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

$$I_{pCH} = \frac{101,14}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 145,98 \text{ А}.$$

Визначення розрахункових навантажень освітлювальних установок, як правило, передують розрахунки електричного освітлення проектного цеху, яке поділяють на робоче та аварійне.

Для розрахунку освітлення в електромеханічному цеху використаємо метод коефіцієнта використання.

Потрібний потік ламп в кожному світильнику Φ знаходиться з формули:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot k_3 \cdot F \cdot z}{\eta},$$

де K_3 – коефіцієнт запасу;

$E_{\min}$ – мінімальна освітленість, лк;

F – площа, приміщення, що освітлюється, м²;

z – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

η – коефіцієнт використання світлового потоку – відношення світлового потоку, який падає на робочу поверхню, до світлового потоку світильників.

Коефіцієнт використання η залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стін $\rho_{\text{ст}}$, стелі $\rho_{\text{с}}$, робочої поверхні $\rho_{\text{р}}$, та від показника приміщення i , який враховує співвідношення розмірів приміщення. Приймаємо:

$$\rho_{\text{ст}} = 0,3$$

$$\rho_{\text{с}} = 0,1$$

$$\rho_{\text{р}} = 0,1$$

Згідно та вище приведених формул, визначаємо [9]:

Коефіцієнт запасу $K_z = 1,8$.

Мінімальна освітленість $E_{\text{min}} = 200$ лк.

Коефіцієнт нерівномірності $z = 1,15$.

Площа приміщення:

$$F = A \cdot B,$$

$$F = 45 \cdot 35 = 1575 \text{ м}^2$$

Визначимо показник, який враховує співвідношення розмірів приміщення (індекс приміщення):

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

$$h = H - h_c - h_p,$$

де $H = 10$ м – висота приміщення цеху;

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$h_p = 0,8$ м – висота розрахункової поверхні над підлогою згідно норм [9];

$h_c = 0,2$ м – відстань світильників від перекриття;

$$h = 10 - 0,8 - 0,2 = 9 \text{ м.}$$

Тоді:

$$i = \frac{45 \cdot 35}{9 \cdot (45 + 35)} = 2,19,$$

$$\eta = 0,74.$$

Визначимо світловий потік однієї лампи, необхідний для забезпечення заданої мінімальної освітленості, лм:

Нормоване значення освітленості для цеху дорівнює 200 лк. Коефіцієнт мінімальної освітленості $z = 1,15$. Вибираємо значення коефіцієнту запасу $k_z = 1,8$.

Вибираємо згідно тип та потужність ламп:

тип LED T1-Y-E-128-610,

$\Phi_l = 16000$ лм,

$P_l = 128$ Вт

$U = 220$ В.

Тоді світловий потік:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,8 \cdot 1575 \cdot 1,15}{0,74} = 881148,65 \text{ лм.}$$

Кількість світильників :

$$N_{\text{св}} = \frac{\Phi}{\Phi_l},$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{881148,65}{16000} = 55,07 \approx 56 \text{ шт.}$$

Використовуємо LED T1-Y-E-128-610;

Потужність ламп 128Вт, струм 4 А,

$\cos \varphi$ не менше 0,98, тоді $\operatorname{tg} \varphi = 0,2$.

Визначаємо активну потужність освітлювального навантаження при коефіцієнті попиту ($K_{\Pi} = 0,9$) та коефіцієнті, що враховує додаткові втрати потужності у пускорегулюючій апаратурі $K_{\text{пра}} = 1,25$:

$$P_{\text{осв}} = n P_{\text{л}} K_{\Pi} K_{\text{пра}},$$

$$P_{\text{осв}} = 56 \cdot 0,128 \cdot 0,9 \cdot 1,25 = 8,06 \text{ кВт}$$

Визначаємо реактивну потужність освітлювального навантаження:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

$$Q_{\text{осв}} = 8,06 \cdot 0,2 = 1,612 \text{ квар.}$$

Світильники аварійного освітлення розмістимо рівномірно по всій площі приміщення, значення освітленості при аварійному освітленні для цеху обробки деталей рекомендується брати 5 % від норми робочого освітлення, але не менш як 5 та не більше 30 лк. Для освітлення використаємо лампи розжарення Б 215-225.

$$P_{\text{ав}} = 0,05 P_{\text{осв}},$$

$$P_{\text{ав}} = 0,05 \cdot 8,06 = 0,403.$$

Розрахуємо повне освітлювальне навантаження:

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}\Sigma}^2 + Q_{\text{осв}\Sigma}^2},$$

$$P_{\text{осв}\Sigma} = P_{\text{осв}} + P_{\text{ав}},$$

$$P_{\text{осв}\Sigma} = 8,06 + 0,403 = 8,463 \text{ кВт},$$

$$S = \sqrt{8,463^2 + 1,612^2} = 8,615, \text{ кВА}.$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 1.2.

Розраховуємо активну та реактивну потужність на шинах НН:

$$P_{\text{нн}} = P_{\text{р}} + P_{\text{осв}} = 93,23 + 8,46 = 101,69 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{нн}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{осв}} = 108,05 + 1,61 = 109,33 \text{ квар}.$$

де $P_{\text{р}}$ - сумарну розрахункова активну потужність для всіх СП;

$P_{\text{осв}\Sigma}$ - активна потужність освітлювального навантаження;

$Q_{\text{р}}$ - сумарну розрахункова реактивна потужність для всіх СП;

$Q_{\text{осв}}$ - реактивна потужність освітлювального навантаження;

Повна потужність на шинах НН:

$$S_{\text{рнн}} = \sqrt{P_{\text{нн}}^2 + Q_{\text{нн}}^2} = \sqrt{93,23^2 + 108,05^2} = 142,71 \text{ кВА},$$

де $P_{\text{нн}}$ і $Q_{\text{нн}}$ - відповідно активна і реактивна потужність на шинах НН;

Втрати в трансформаторі:

$$\Delta P_{\text{тр}} = (0,02 \div 0,03) \cdot S_{\text{нн}} = 0,025 \cdot 142,71 = 3,57 \text{ кВт},$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,1 \cdot S_{\text{нн}} = 0,1 \cdot 142,71 = 14,27 \text{ квар.}$$

Загальне навантаження шин ВН

$$P_{\text{вн}} = P_{\text{нн}} + \Delta P_{\text{тр}} = 101,69 + 3,57 = 105,26 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{вн}} = Q_{\text{нн}} + \Delta Q_{\text{тр}} = 109,66 + 14,27 = 123,93 \text{ квар,}$$

$$S_{\text{вн}} = \sqrt{105,26^2 + 123,93^2} = 162,6 \text{ кВА.}$$

Результати розрахунків занесемо в таблицю 2.2

.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця.2.2 Визначення розрахункового навантаження цеху промислового підприємства

Вихідні дані										Проміжні потужності		n_{pe} , од	n_e , од	K_p	Розрахункові потужності			Розрахунковий струм I_p , А
За умовою						Довідникові			P_p , кВт						Q_p , квар	S_p , кВт·А		
Найменування ЕП	n , од	Номінальна потужність, кВт				$P_{ni\max}$	K_Σ	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	P_n , кВт	Q_n , квар	n_{pe} , од	n_e , од	K_p	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВт·А	Розрахунковий струм I_p , А
						/												
		P_{ni}	$P_{n\gamma}$	$P_{ni\max}$	$P_{ni\min}$	$P_{ni\min}$												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Маніпулятори	5,00	4,20	21,00				0,22	0,60	1,33	4,62	6,16							
Точильно-шліфувальні верстати	2,00	3,20	6,40				0,17	0,55	1,52	1,09	1,65							
Вентилятори:	3,00	9,00	27,00				0,70	0,80	0,75	18,90	14,18							
СП1	10,00		54,40	9,00	3,20	2,81				24,61	21,99	8,41	8,00	1,09	26,82	21,99	34,68	50,06
Мостовий кран 1	1,00	38,00	38,00				0,15	0,50	1,73	5,70	9,87							
Свердлильні верстати	10,00	2,80	28,00				0,20	0,60	1,33	5,60	7,47							
СП2	11,00		66,00	38,00	2,80	13,57	0,17			11,30	17,34	2,86	2,00	4,65	52,55	17,34	55,33	79,87
Мостовий кран, ТВ=60%	1,00	38,00	38,00				0,15	0,50	1,73	5,70	9,87							
Горизонтально-фрезерні верстати	6,00	9,00	54,00				0,23	0,55	1,52	12,42	18,86							
Продольнострогальні верстати	3,00	12,00	36,00				0,20	0,70	1,02	7,20	7,35							
Токарні напівавтомати	5,00	16,00	80,00				0,40	0,70	1,02	32,00	32,65							
СП3	15,00		208,00	38,00	9,00	4,22	0,24			57,32	68,72	10,95	10,00	1,05	60,19	68,72	91,35	131,86
Силове навантаження	36,00		328,40	85,00	15,00	20,61	0,41			93,23	108,05	62,99	36,00	1,00	93,23	108,05	142,71	205,99
ЩО1	56	128	7,162				1	0,8							6,48	1,296	8,22	12,49
ЩО2	14	18	0,921				1	0,8							0,324	0	0,93	1,42
Шини НН															101,69	109,66	149,55	164,96
Втрати в трансформаторі															3,57	14,27	11,19	17,00
Шини ВН															105,26	123,93	162,60	180,15

НТUU.005.7103.119 ПЗ

2.3 Вибір трансформаторів і засобів компенсації реактивної потужності

Для живлення споживачів були обрані два трансформатори, характеристики яких наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики трансформатора [10]

Тип трансформатора	Схема і група з'єднання	Втрати КЗ, кВт	Напруга КЗ, %	Втрати холостого ходу, кВт
ТДТН-80000/110-У1	Ун/Δ-11	365	11	0,55

Трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ, прибудована до цехового приміщення. Оскільки електроприймачі цеху відносяться до тертої категорії, то відповідно ЕМЦ буде мати лише один трансформатор.

Номінал трансформатора обирався відштовхуючись від загальної потужності цеху, яка в свою чергу була розрахована в пункті 2.2.6. Проте враховуючи той факт, що цеху потрібно буде компенсувати реактивну потужність (досягти значення коефіцієнта реактивної потужності близьке до 1 (прописано в пункті 2.1.3.1), то загальна потужність цеху буде розрахована після вибору батарей статичних конденсаторів, що буде розглянуто в наступному пункті.

2.3.1 Вибір батарей статичних конденсаторів на напрузі до 1000 В

В розділі 2.2.2. була розрахована загальна реактивна енергія, яку буде споживати підприємство, проте за встановленим договором з електропостачальником, за споживання реактивної енергії, повинні будуть бути сплачені значні кошти. Для уникнення такої ситуації та зменшення витрат підприємства, на стороні 0,4 кВ ТП цеху будуть встановлені конденсаторні батареї (КБ), які повинні будуть максимально компенсувати реактивну енергію. Далі буде

проведений розрахунок, для визначення потренованої кількості та номіналу конденсаторних батарей для підприємства.

Оскільки умовою відсутності споживання/генерації реактивної енергії є значення $\cos\varphi=1$, то використовуючи цю умову, та значення активної та реактивної енергії підприємства, розрахуємо значення КБ:

$$\alpha = \cos^{-1}0,99 = 8,11^\circ$$

$$Q'_{\text{цех}} = P_{\text{цех}} \cdot \text{tg}(\alpha)$$

$$Q'_{\text{цех}} = 105,26 \cdot \text{tg}(8,11) = 14,99 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{КБ}} = Q_{\text{цех}} - Q'_{\text{цех}}$$

де $Q'_{\text{цех}}$ - реактивна енергія цеху, яка має бути компенсована, квар.

$Q_{\text{КБ}}$ - реактивна енергія КБ, квар.

$$Q_{\text{КБ}} = 123,93 - 14,99 = 108,94 \text{ квар}$$

Отже, бачмо, що для компенсації реактивної потужності, нам буде потрібно КБ на 108,94 квар. Проте не слід забувати, що також не увесь час будуть працювати всі верстати, тому кількість енергії, що буде генеруватися в мережу буде менше, а отже нам потрібно обрати менший номінал батарей.

Для даного цеху мною було обрано 4 батарей з номіналом 30 квар, а їх загальний номінал становитиме 120 квар.

Однолінійна схема компенсації реактивної енергії зображена на рисунку 2.2.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

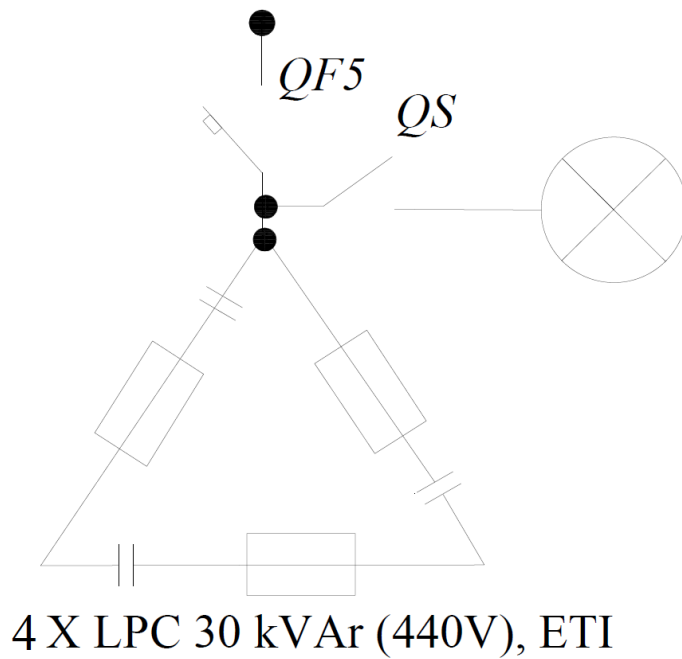


Рисунок 2.2 - Схема компенсації реактивної енергії цеху

2.3.2 Вибір схеми трансформаторної підстанції

Знаючи загальне навантаження цеху, та номінали конденсаторних батарей, розрахуємо номінал ТП:

$$S_{TP} = \sqrt{P^2 + (Q_{цех}^2 - Q_{КБ}^2)}$$

$$S_{TP} = \sqrt{105,26^2 + (123,93_{цех} - 120_{КБ})^2} = 105,18 \text{ кВА}$$

Для цеху обираємо трансформатор представлений в таблиці 2.4:

Таблиця 2.4 - Характеристики трансформатора цеху [9]

Тип трансформатора	Схема и група з'єднання	Втрати КЗ, кВт	Напруга КЗ, %	Втрати холостого ходу, кВт
ТМ-250-10(6)/0,4	У/УН-0	3,7	4,5	0,82

2.2.2 Визначення розрахункових навантажень об'єктів цивільного призначення

Визначення розрахункових навантажень в електропостачальних системах міста представлені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 - навантаження в електропостачальних системах міст[9]

№	Тип об'єкту	кількість	умовне позначення
1	Житловий будинок з газовими плитами, 5 поверхів, 3 секції, 60 помешкань	3	Г
2	Багатоповерховий гараж на 300 місць	1	К
3	Супермаркет площею торгівельного залу 800 м ²	1	У
4	Школа на 800 учнів з харчоблоком	1	Ф
5	Дитячий садок на 200 місць	2	Ц

Визначення розрахункових навантажень громадських об'єктів:

$$P_{ж/б} = P_{кв} + 0,9P_{сил};$$

$$Q_{ж/б} = P_{кв} \operatorname{tg} \varphi_{кв} + 0,9P_{сил} \operatorname{tg} \varphi_{сил}$$

де $P_{\text{кв}}$ – розрахункове навантаження квартир:

$$P_{\text{кв}} = n_{\text{пит}} \cdot N_{\text{кв}},$$

де $n_{\text{пит}}$ – питоме розрахункове електричне навантаження житла.

$N_{\text{кв}}$ – кількість квартир;

$P_{\text{сил}}$ – розрахункове навантаження силових ЕП:

$$P_{\text{сил}} = K_{\text{сил}} \sum P_{\text{л}},$$

де $K_{\text{сил}}$ – коефіцієнт попиту для ліфтових установок;

$P_{\text{л}}$ – потужність ліфтової установки ($P_{\text{л}}$ пасажирського ліфта 6,5 кВт та вантажного 9 кВт).;

При проведенні розрахунків всі житлові будинки з однаковим характером приготування їжі розглядаються як один житловий будинок з сумарним числом квартир та сумарним числом ліфтових установок.

Визначення розрахункових навантажень громадських і адміністративних будівель знаходимо за формулами [9]:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{пит}} N,$$

$$Q_{\text{р}} = P_{\text{пит}} N \operatorname{tg} \varphi_{\text{пит}}.$$

На рисунку 2.3 зображена схема розміщення житлових, громадських та адміністративних будівель відносно трансформаторних підстанцій.

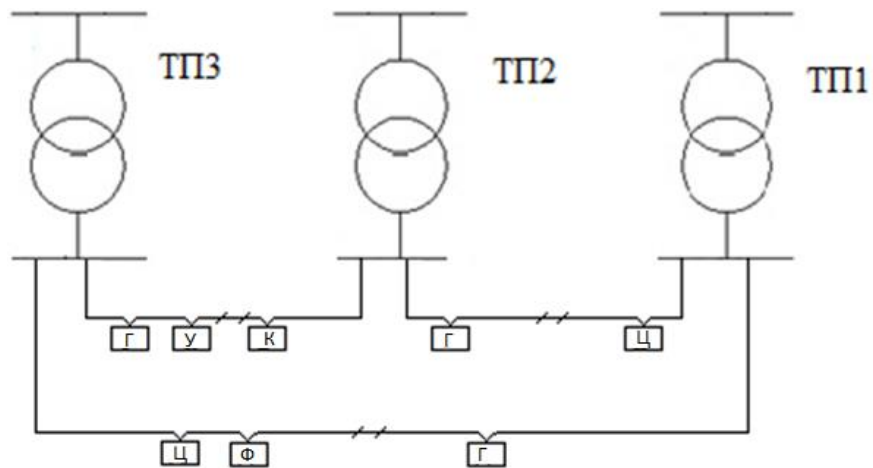


Рисунок 2.3 - Схема живлення будівель

Визначення навантажень в нормальному режимі роботи

Житловий будинок Г з газовими плитами, 5 поверхів, 3 секції, 60 помешкань:

$$P_{\Gamma} = 1,14 \cdot 60 = 68,4 \text{ кВт},$$

$$Q_{\Gamma} = 60 \cdot 1,14 \cdot 0,43 = 29,41 \text{ квар.}$$

Розрахунки для інших житлових будинків наведемо в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. Розрахунок потужностей для житлових будинків, нормальний режим [9]

Назва	Умовне позначення	$n_{\text{кв}}$	$P_{\text{пит.кв,}}$ кВт/кв	$\text{tg}\varphi_{\text{кв}}$	$n_{\text{л}}$	$P_{\text{ліфт,}}$ кВт	$K_{\text{пл}}$	$P_{\text{ж/б,}}$ кВт	$\text{tg}\varphi_{\text{л}}$	$Q_{\text{ж/б,}}$ квар
ж/б, газ.пл, 3с, 5п	Г	60	1,14	0,43	-	-	-	68,4	-	29,41

Багатоповерховий гараж К:

$$P_K = 0,22 \cdot 300 = 66 \text{ кВт},$$

$$Q_K = 66 \cdot 0,57 = 37,62 \text{ квар.}$$

Розрахунок інших суспільних об'єктів зведемо у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 Розрахунок потужностей суспільних споживачів для нормального режиму [9]

Назва	Умовне позначення	n	$P_{\text{пит.сусп.}}$ кВт/м	$P_{\text{сусп.кВт}}$	tgφ	$Q_{\text{сусп.}}$ квар
Багатоповерховий гараж на 300 місць	К	300	0,22	66	0,57	37,62
Супермаркет площею торгівельного залу 800 м2	У	800	0,15	180	0,43	77,4
Школа на 800 учнів з харчоблоком	Ф	800	0,25	200	0,33	66
Дитячий садок на 200 місць	Ц	200	0,2	40	0,2	8

У випадку сумісного електропостачання різних об'єктів, розрахункове навантаження низьковольтних ліній і на шинах НН ТП визначається за формулою:

$$P_{\text{ТП}} = P_{\text{макс}} + \sum_{i=1}^n P_i \cdot K_{\text{сум } i},$$

$$Q_{\text{ТП}} = Q_{\text{макс}} + \sum_{i=1}^n Q_i \cdot K_{\text{сум } i},$$

де $P_{\text{макс}}$ — найбільше з розрахункових навантажень серед об'єктів, які живляться від точки мережі, яка розглядається;

P_i — розрахункове навантаження решти будівель, $i = 1, \dots, n$;

$K_{\text{сум } i}$ — коефіцієнт участі у максимумі, який відображає якою долею навантаження i -го житлового або громадського об'єкту бере участь у найбільшому розрахунковому навантаженні;

При проведенні розрахунків всі житлові будинки з однаковим характером приготування їжі розглядаються як один житловий будинок з сумарним числом квартир та сумарним числом ліфтових установок [9].

Визначимо розрахункове навантаження ТП:

ТПЗ (Г, Ф, Д):

Для ТПЗ можна об'єднати будинки Г і Д, оскільки вони мають однаковий спосіб приготування їжі:

$$P_{Г+Д} = 0,87 \cdot 200 = 174 \text{ кВт},$$

$$Q_{Г+Д} = 0,87 \cdot 200 \cdot 0,29 = 50,46 \text{ квар},$$

$$P_{\text{ТПЗ}} = 200 + 0,5 \cdot 174 = 287 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ТПЗ}} = 66 + 50,46 = 116,46 \text{ квар}.$$

ТП2 (Х, Г, Д):

Для ТП2 можна об'єднати будинки Г і Д, оскільки вони мають однаковий спосіб приготування їжі:

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{Г+Д} = 0,85 \cdot 220 = 187 \text{ кВт},$$

$$P_{ТП2} = 187 + 0,4 \cdot 57,6 = 210,4 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП2} = 54,23 + 0,4 \cdot 11,52 = 58,85 \text{ квар.}$$

ТП1 (Г, Д, К, Ц):

$$P_{Г+Д} = 0,94 \cdot 140 = 131,6 \text{ кВт},$$

$$Q_{Г+Д} = 0,94 \cdot 140 \cdot 0,29 = 38,16 \text{ квар},$$

$$P_{ТП1} = 131,6 + 0,4 \cdot 90 + 0,5 \cdot 66 = 200,9 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП1} = 38,16 + 0,4 \cdot 18 + 0,5 \cdot 37,62 = 64,17 \text{ квар.}$$

Визначення навантажень в післяаварійному режимі роботи

ТП3 (3Г, 3Д, Х, Ф):

Для ТП3 можна об'єднати три будинки Г і три Д, оскільки вони мають однаковий спосіб приготування їжі:

$$P_{3Г+3Д} = 0,86 \cdot 420 = 361,2 \text{ кВт},$$

$$Q_{3Г+3Д} = 0,86 \cdot 420 \cdot 0,29 = 104,75 \text{ квар},$$

$$P_{ТП3} = 361,2 + 0,4 \cdot 57,6 + 0,5 \cdot 200 = 484,24 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП3} = 104,75 + 0,4 \cdot 11,52 + 0,5 \cdot 66 = 142,36 \text{ квар.}$$

ТП2 (К, Х, Ц):

Для ТП2 можна об'єднати два будинки Г і три Д, оскільки вони мають однаковий спосіб приготування їжі:

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{2\Gamma+3Д} = 0,81 \cdot 360 = 291,6 \text{ кВт},$$

$$Q_{2\Gamma+3Д} = 0,81 \cdot 360 \cdot 0,29 = 84,56 \text{ квар},$$

$$P_{ТП2} = 291,6 + 0,4 \cdot 57,6 + 0,4 \cdot 90 + 0,5 \cdot 66 = 383,64 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП2} = 84,56 + 0,4 \cdot 11,54 + 0,4 \cdot 18 + 0,5 \cdot 37,62 = 134,5 \text{ квар}.$$

ТП1 (К, Ц, Ф):

Для ТП1 можна об'єднати три будинки Г і два будинки Д, оскільки вони мають однаковий спосіб приготування їжі:

$$P_{\Gamma} = 0,78 \cdot 340 = 265,2 \text{ кВт},$$

$$Q_{2\Gamma+2Д} = 0,78 \cdot 340 \cdot 0,29 = 76,91 \text{ квар},$$

$$P_{ТП1} = 265,2 + 0,4 \cdot 57,6 + 0,5 \cdot 66 + 0,5 \cdot 200 = 421,24 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП1} = 76,91 + 0,4 \cdot 18 + 0,5 \cdot 37,62 + 0,5 \cdot 66 = 135,92 \text{ квар}.$$

Таблиця 2.8 - Розрахунок потужностей на ТП в нормальному та в післяаварійному режимі[9]

№ТП	S _{ном} ТП, кВ·А	Норм. режим			П/а режим			Кзп/а
		P _{ТП} , кВт	Q _{ТП} , квар	S _{ТП} , кВ·А	P _{ТП} , кВт	Q _{ТП} , квар	S _{ТП} , кВ·А	
1	400	421,24	135,92	310,035	421,24	135,92	538,629	1,347
2	400	210,4	58,85	298,977	383,64	134,5	512,856	1,282
3	400	200,9	64,17	218,8	484,24	142,36	351,72	0,879

2.3 Вибір кабелів

2.3.1 Вибір кабельних ліній в мережах номінальною напругою до 1000 В

Мінімально допустимі перерізи мережі напругою до 1000 В, в загальному випадку, повинні задовольняти наступним вимогам [9].

Втрата напруги в нормальному режимі не повинна перевищувати допустимої величини:

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}.$$

Втрата напруги в післяаварійному режимі не повинна більш ніж на 5% перевищувати допустиму величину:

$$\Delta U_{\text{п/а}} \leq \Delta U_{\text{доп}} + 5\%.$$

Струмове навантаження в нормальному режимі не повинне перевищувати допустимої величини, визначеної з урахуванням умов прокладки кабельної лінії

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2,$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустиме тривале струмове навантаження, яке визначається за довідковими даними з урахуванням марки кабелю і способу його прокладки (у землі, в повітрі, в трубах і так далі);

K_1 – коефіцієнт, що враховує фактичні температурні умови експлуатації кабелю або повітряної лінії;

K_2 – корегуючий (уточнюючий) коефіцієнт, що враховує кількість паралельно прокладених і працюючих кабелів;

Струмове навантаження в післяаварійному режимі не повинне перевищувати допустиме значення, визначене з урахуванням відповідного коефіцієнта допустимого перевантаження:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2 K_{\text{пер}},$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_{пер}$ – коефіцієнт допустимого перевантаження, який визначається з урахуванням умов прокладки, тривалості перевантаження і попереднього завантаження КЛ;

Вибраний переріз повинен відповідати параметрам захисного апарату:

$$I_{доп} \geq K_3 I_3,$$

де $I_{доп}$ – допустимий струм вибраного провідника, визначений з урахуванням умов його прокладки;

K_3 – коефіцієнт кратності захисту;

I_3 – номінальний струм або струм спрацьовування захисного апарату;

Визначимо переріз КЛ напругою до 1000 В.

Оскільки всі будівлі живляться по двох променевій схемі живлення, то приймаємо, що нормальному режимі кожна кабельна лінія живить лише половину будівлі, а в післяаварійному режимі – всю будівлю.

Житловий будинок типу «В»

Переріз КЛ визначимо за формулою [9]:

$$F = \frac{P_p \cdot \rho \cdot L_{кл}}{10 \cdot U_n^2 \cdot \Delta U_{доп}},$$

де P_p розрахункове навантаження, що проходить (протікає) через кабельну лінію 0,4 кВ у нормальному режимі роботи, кВт;

ρ – питомий опір кабельної лінії, для алюмінію - $\rho = 26,2-29,5$ Ом/км·мм² (для розрахунків приймаємо середнє значення, для алюмінію $\rho = 27,85$ Ом/км·мм²);

$L_{кл}$ - довжина кабельної лінії, км;

U_n – номінальна напруга, кВ;

$\Delta U_{доп}$ - допустима втрата напруги, %;

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$F_{ТПЗ-У} = \frac{\rho \cdot (P_{Г+Д} \cdot L_{ТПЗ-Г} + P_{Д} \cdot L_{Г-Д})}{10 \cdot U_{Н} \cdot \Delta U_{дон}} = \frac{29,2 \cdot (194 \cdot 0,05 + 160 \cdot 0,03)}{10 \cdot 0,38^2 \cdot 5} = 58,68 \text{ мм}^2,$$

$$F_{ТП2-К} = \frac{\rho \cdot (P_{Д+Х} \cdot L_{ТП2-Д} + P_{Х} \cdot L_{Д-Х})}{10 \cdot U_{Н} \cdot \Delta U_{дон}} = \frac{29,2 \cdot 66 \cdot 0,06}{10 \cdot 0,38^2 \cdot 5} = 16,02 \text{ мм}^2,$$

Визначаємо струмове навантаження в нормальному режимі [9]:

$$I_p = \frac{\sqrt{P_i^2 + Q_i^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{Н}},$$

$$I_{ТПЗ-У} = \frac{\sqrt{194,2^2 + 113,91^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 342,07 \text{ А},$$

$$I_{ТП2-К} = \frac{\sqrt{66^2 + 37,62^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 115,42 \text{ А}.$$

По максимальному перерізу та струмовому навантаженню обираємо кабель, так щоб виконувалась наступна умова:

$$I_{доп} \geq I_p K_1 K_2.$$

Обираємо 2 АВВГ 4х120[6], $I_{доп} = 448 \text{ А}$.

$$K_1 \cdot K_2 \cdot I_{дон} = 1 \cdot 1 \cdot 224 = 224 \text{ А},$$

$$403,2 > 342,07.$$

В післяаварійному режимі від ТП живляться всі об'єкти.

Розрахуємо навантаження:

$$P_{ТПЗ-ТП2}^{п/а} = P_{У} + K_{с.м} \cdot P_{Г} + K_{с.м} \cdot P_{У} = 166 + 0,5 \cdot 68,4 + 0,8 \cdot 66 = 247 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТПЗ-ТП2}^{п/а} = Q_{2К} + K_{с.м} \cdot Q_{Г} + K_{с.м} \cdot Q_{У} = 99,2 + 0,5 \cdot 29,41 + 0,8 \cdot 37,62 = 144 \text{ квар}.$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо струмове навантаження в післяаварійному режимі:

$$I_{ТПЗ-ТП2}^{n/a} = \frac{\sqrt{247^2 + 144^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 434,4 \text{ А.}$$

Перевірка:

$$0,9 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 448 = 524,16 > 434,4 \text{ А.}$$

Розрахуємо падіння напруги зі сторони ТПЗ:

$$\Delta U_{ТПЗ} = \frac{r_0 \cdot (P_{2Д+Г+Х} \cdot L_{ТПЗ-Г} + P_{Д+Х} \cdot L_{Г-Д} + P_{Х+Д} \cdot L_{Д-Х} + P_{Д} \cdot L_{Х-Д})}{10 \cdot U_n^2},$$

$$\Delta U_{ТПЗ} = \frac{0,164 \cdot (212,24 \cdot 0,05 + 108,64 \cdot 0,03 + 108,64 \cdot 0,03 + 85,6 \cdot 0,03)}{10 \cdot 0,38^2} =$$

$$= 2,36\% < 10\%.$$

Розрахуємо падіння напруги зі сторони ТП2:

$$\Delta U_{ТП2} = \frac{r_0 \cdot (P_{2Д+Г+Х} \cdot L_{ТП2-Д} + P_{Х+Д} \cdot L_{Д-Х} + P_{Д+Г} \cdot L_{Х-Д} + P_{Г} \cdot L_{Д-Г})}{10 \cdot U_n^2},$$

$$\Delta U_{ТП2} = \frac{0,164 \cdot (212,24 \cdot 0,06 + 108,64 \cdot 0,05 + 131,6 \cdot 0,04 + 68,4 \cdot 0,03)}{10 \cdot 0,38^2} =$$

$$= 2,9\% < 10\%.$$

Для петлі ТП2-ТП1 (Г, Ц):

В нормальному режимі від ТП2 живляться об'єкти Г та Д, а від ТП1 – об'єкти П

Визначимо навантаження для ТП2 та ТП1 в нормальному режимі:

$$P_{ТП2-Г} = P_{Г} = 68,4 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП2-Г} = Q_{Г} = 29,41 \text{ квар},$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$P_{ТП1-Ц} = P_{Ц} = 40 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП1-Ц} = Q_{Ц} = 8 \text{ квар},$$

Визначимо розрахунковий переріз КЛ:

$$F_{ТП2-Г} = \frac{\rho \cdot P_{Г} \cdot L_{ТП2-Г}}{10 \cdot U_{Н} \cdot \Delta U_{доп}} = \frac{29,2 \cdot 68,4 \cdot 0,07}{10 \cdot 0,38^2 \cdot 5} = 35,54 \text{ мм}^2,$$

$$F_{ТП1-Ц} = \frac{\rho \cdot P_{Ц} \cdot L_{ТП1-Ц}}{10 \cdot U_{Н} \cdot \Delta U_{доп}} = \frac{29,2 \cdot 40 \cdot 0,06}{10 \cdot 0,38^2 \cdot 5} = 9,71 \text{ мм}^2,$$

Визначаємо струмове навантаження в нормальному режимі:

$$I_p = \frac{\sqrt{P_i^2 + Q_i^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{Н}},$$

$$I_{ТП2-Г,Д} = \frac{\sqrt{131,6^2 + 38,16^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 213,12 \text{ А},$$

$$I_{ТП1-К,Ц} = \frac{\sqrt{102^2 + 44,82^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 261,98 \text{ А}.$$

По максимальному перерізу та струмовому навантаженню обираємо кабель, так щоб виконувалась наступна умова [9]:

$$I_{доп} \geq I_p K_1 K_2.$$

Обираємо АВВГ 4х240, $I_{доп}=330 \text{ А}$.

$$K_1 \cdot K_2 \cdot I_{доп} = 1 \cdot 1 \cdot 224 = 224 \text{ А},$$

$$330 \text{ А} > 261,98 \text{ А}.$$

В післяаварійному режимі від ТП живляться всі об'єкти.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Розраховуємо навантаження:

$$P_{ТП2-ТП1}^{п/а} = P_{Г} + K_{с.м} \cdot P_{Ц} = 40 + 0,9 \cdot 68,4 = 101,56 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП2-ТП1}^{п/а} = Q_{Г} + K_{с.м} \cdot Q_{Ц} = 8 + 0,9 \cdot 29,41 = 34,47 \text{ квар.}$$

Визначимо струмове навантаження в післяаварійному режимі:

$$I_{ТП2-ТП1}^{п/а} = \frac{\sqrt{101,56^2 + 34,47^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 262,95 \text{ А.}$$

Перевірка:

$$1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 330 = 429 < 262,95 \text{ А.}$$

Розрахуємо падіння напруги зі сторони ТП2:

$$P_{Г+Ц} = P_{Г} + K_{с.м} \cdot P_{К} = 85,6 + 0,5 \cdot 66 = 232 \text{ кВт},$$

$$\Delta U_{ТП2} = \frac{r_0 \cdot (P_{Г+Д+К+Ц} \cdot L_{ТП2-Г} + P_{Д+К} \cdot L_{Г-Д} + P_{К+Ц} \cdot L_{Д-К} + P_{Ц} \cdot L_{К-Ц})}{10 \cdot U_{н}^2},$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{ТП2} &= \frac{0,206 \cdot (200,6 \cdot 0,07 + 118,6 \cdot 0,05 + 102 \cdot 0,04 + 90 \cdot 0,03)}{10 \cdot 0,38^2} = \\ &= 3,82\% < 10\%. \end{aligned}$$

Розрахуємо падіння напруги зі сторони ТП1:

$$\Delta U_{ТП1} = \frac{r_0 \cdot (P_{Г+Ц} \cdot L_{ТП1-Ц} + P_{Д} \cdot L_{Ц-К} + P_{Г} \cdot L_{Ц} + P_{Г} \cdot L_{Ц})}{10 \cdot U_{н}^2},$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{ТП1} &= \frac{0,206 \cdot (200,6 \cdot 0,06 + 118,6 \cdot 0,07 + 131,6 \cdot 0,04 + 68,4 \cdot 0,05)}{10 \cdot 0,38^2} = \\ &= 4,14\% < 10\%. \end{aligned}$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для петлі ТП1-ТП3 (2Г, Д, Ф):

В нормальному режимі від ТП3 живляться Г та Ф, а від ТП1 – Д та Г.

Визначимо навантаження для ТП3 та ТП1 в нормальному режимі:

$$P_{ТП3-Г,Ф} = P_{\Phi} + K_{с.м.} \cdot P_{Г} = 200 + 0,4 \cdot 68,40 = 227,36 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП3-Г,Ф} = Q_{\Phi} + K_{с.м.} \cdot Q_{Г} = 66 + 0,4 \cdot 19,84 = 77,76 \text{ квар},$$

$$P_{ТП1-Г,Д} = 131,6 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП1-Г,Д} = 38,16 \text{ квар}.$$

Визначимо розрахунковий переріз КЛ:

$$\begin{aligned} F_{ТП1-Д,Г} &= \frac{\rho \cdot (P_{Д+Г} \cdot L_{ТП1-Д} + P_{Г} \cdot L_{Д-Г})}{10 \cdot U_{Н} \cdot \Delta U_{доп}} = \\ &= \frac{29,2 \cdot (131,6 \cdot 0,08 + 68,4 \cdot 0,05)}{10 \cdot 0,38^2 \cdot 5} = 114 \text{ мм}^2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ТП3-Г,Ф} &= \frac{\rho \cdot (P_{Г+Ф} \cdot L_{ТП3-Г} + P_{\Phi} \cdot L_{Ф})}{10 \cdot U_{Н} \cdot \Delta U_{доп}} = \\ &= \frac{29,2 \cdot (227,36 \cdot 0,09 + 200 \cdot 0,03)}{10 \cdot 0,38^2 \cdot 5} = 29,12 \text{ мм}^2, \end{aligned}$$

Визначаємо струмове навантаження в нормальному режимі:

$$I_p = \frac{\sqrt{P_i^2 + Q_i^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{Н}},$$

$$I_{ТП1-Г,Д} = \frac{\sqrt{131,6^2 + 38,16^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 365,08 \text{ А},$$

$$I_{ТП3-Ц} = \frac{\sqrt{227,36^2 + 77,94^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 123,95 \text{ А}.$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

По максимальному перерізу та струмовому навантаженню обираємо кабель, так щоб виконувалась наступна умова:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p K_1 K_2.$$

Обираємо 2 АВВГ 4х120 [9] ($I_{\text{доп}}=2 \times 224=448$ А, $r_0=0,253/2=0,127$ Ом/км).

$$K_1 \cdot K_2 \cdot I_{\text{доп}} = 0,9 \cdot 1 \cdot 448 = 403,2 \text{ А},$$

$$403,2 \text{ А} > 365,08 \text{ А}$$

В післяаварійному режимі від ТП живляться всі об'єкти.

Розрахуємо навантаження:

$$P_{\text{ТПЗ-ТП1}}^{\text{п/а}} = P_{\phi} + K_{\text{с.м}} \cdot P_{2\Gamma+Д} = 200 + 0,4 \cdot 174 = 200 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ТПЗ-ТП1}}^{\text{п/а}} = Q_{\phi} + K_{\text{с.м}} \cdot Q_{2\Gamma+Д} = 66 + 0,4 \cdot 50,46 = 66 \text{ квар.}$$

Визначимо струмове навантаження в післяаварійному режимі:

$$I_{\text{ТПЗ-ТП1}}^{\text{п/а}} = \frac{\sqrt{269,6^2 + 86,18^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 319,99 \text{ А}.$$

Перевірка:

$$1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 448 = 524,16 > 319,99 \text{ А}.$$

Перевірка виконується.

Розрахуємо падіння напруги зі сторони ТПЗ:

$$P_{\text{Ц+Ф}} = P_{\phi} + K_{\text{с.м.}} \cdot P_{\text{Ц}} = 200,0 + 0,4 \cdot 174 = 216 \text{ кВт},$$

$$\Delta U_{\text{ТПЗ}} = \frac{r_0 \cdot (P_{2\Gamma+Д+\phi} \cdot L_{\text{ТПЗ-Г}} + P_{\phi+\Gamma} \cdot L_{\Gamma-\phi} + P_{\Gamma+\phi} \cdot L_{\phi-\Gamma} + P_{\text{Д}} \cdot L_{\Gamma-\text{Д}})}{10 \cdot U_{\text{н}}^2},$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$\Delta U_{ТПЗ} = \frac{0,127 \cdot (269,6 \cdot 0,09 + 227,36 \cdot 0,03 + 227,36 \cdot 0,04 + 85,6 \cdot 0,05)}{10 \cdot 0,38^2} =$$

$$= 3,9\% < 10\%.$$

Розрахуємо падіння напруги зі сторони ТП1:

$$\Delta U_{ТП1} = \frac{r_0 \cdot (P_{2Г+Д+\Phi} \cdot L_{ТП1-Д} + P_{Г+\Phi} \cdot L_{Д-Г} + P_{\Phi+Г} \cdot L_{Г-\Phi} + P_{Г} \cdot L_{\Phi-Г})}{10 \cdot U_n^2},$$

$$\Delta U_{ТП1} = \frac{0,127 \cdot (269,6 \cdot 0,08 + 227,36 \cdot 0,05 + 227,36 \cdot 0,03 + 68,4 \cdot 0,04)}{10 \cdot 0,38^2} =$$

$$= 3,74\% < 10\%.$$

Результати розрахунків занесемо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Розрахунок струмів та вибір ліній [9]

Петля	Марка	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I_p, \text{А}$	$I_p^{\text{п/а}}, \text{А}$
ТП3-ТП2	2 АВВГ 4х120	403,2	342,07	434,4
ТП2-ТП1	2 АВВГ 4х240	330	261,98	262,95
ТП1-ТП3	2 АВВГ 4х140	403,2	365,08	319,9

2.3.2 Розрахунок перерізу розподільчих мереж 10 кВ

При виборі перерізу розподільчих мереж 10 кВ, найчастіше починають з відгалужень для окремих електроприймачів, або їх груп та рухаються в сторону джерела живлення [9].

Початкові дані для розрахунків наведені у таблицях 2.10 та 2.11

Навантаження розподільчих трансформаторів наведені в таблиці 2.10

Таблиця 2.10 - Навантаження розподільчих трансформаторів

	Р, кВт	Q, квар
ТП4	380	60
ТП5	460	100
ТП6	370	70
ТП7	300	60
ТП8	420	90

Зосереджене навантаження на РП наведено в таблиці 2.11

Таблиця 2.11 - Зосереджене навантаження на РП

P1, МВт	2,5
Q1, Мвар	0,6
P2, МВт	2,1
Q2, Мвар	0,45

Струмове навантаження будь-якої ділянки в нормальному режимі не повинне перевищувати допустиму величину, визначену з врахуванням умов прокладки кабельної лінії:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K1K2,$$

де $I_{\text{доп}}$ - допустиме тривале струмове навантаження, визначене за довідковими даними з врахуванням марки кабелю і способу його прокладки (у землі, в повітрі, в трубах і т.д.);

K_1 – коефіцієнт, що враховує фактичні температурні умови експлуатації кабелю або повітряної лінії;

K_2 – поправочний коефіцієнт, що враховує кількість паралельно прокладених і працюючих кабелів;

Струмове навантаження в післяаварійному режимі не повинне перевищувати фактичного допустимого значення, визначеного з врахуванням відповідного коефіцієнта допустимого перевантаження:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2 K_{\text{пер}},$$

де $K_{\text{пер}}$ – коефіцієнт допустимого перевантаження, який визначається з врахуванням умов прокладки, тривалості перевантаження і попереднього завантаження КЛ, $K_{\text{пер}}=1,3$;

Для КЛ вибраний перетин не може бути менше мінімально допустимого за умовами термічної стійкості струмам к.з.

$$F_{\text{кл}}^{\min} = \frac{I_{\Sigma}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{\text{п}}}}{C},$$

де $I_{\Sigma}^{(3)}$ - сумарний струм к.з. від енергосистеми з врахуванням наявних в СЕП синхронних двигунів;

$t_{\text{п}}$ – приведений розрахунковий час (час відключення к.з.);

$$C = 75 \frac{A \cdot c^{0,5}}{\text{мм}^2};$$

Розрахункове навантаження розподільчих ліній 6-10 кВ визначається добутком суми розрахункових навантажень окремих ТП і коефіцієнту $K_{\text{см}}$, який враховує суміщення їх максимумів:

$$S_{\text{рс}} = K_{\text{см}} \sum_{i=1}^n P_{\text{рТП}i},$$

де $P_{\text{рТП}i}$ – розрахункове навантаження ТП;

$K_{\text{см}}$ – коефіцієнт суміщення максимумів, обирається згідно [1].

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

При розрахунках необхідно врахувати втрати потужності в трансформаторах ТП.

Вибір трансформатора ТП1:

$$P_{\text{ТП1}} = 255,36 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ТП1}} = 139,68 \text{ квар,}$$

$$S_{\text{ТП4}} = \sqrt{200,9^2 + 64,2^2} = 396,76 \text{ кВА.}$$

Перевірка трансформатора в п/а режимі:

$$S_{n/a} = \sqrt{P_{n/a}^2 + Q_{n/a}^2} = \sqrt{421,24^2 + 135,92^2} = 487,72 \text{ кВА,}$$

$$S_{\text{п/а}} = 442,63 \text{ кВА} > 1,4 \cdot 250 = 560 \text{ кВА.}$$

Оскільки перевірка не сходиться, то приймаємо трансформатор ТМ 400/10 з наступними паспортними даними[7]:

$$S_{\text{нт}} = 400 \text{ кВА;}$$

$$\Delta P_{\text{нх}} = 0,83 \text{ кВт;}$$

$$\Delta P_{\text{кз}} = 4,5 \text{ кВт;}$$

$$I_{\text{нх}} = 1,5 \text{ %;}$$

$$U_{\text{кз}} = 4,5\%.$$

$$S_{\text{п/а}} = 442,63 \text{ кВА} < 1,4 \cdot 400 = 560 \text{ кВА.}$$

Вважаємо, що для ТП4-8 та цехових трансформаторів післяаварійний режим не існує.

Аналогічні розрахунки здійснимо для інших ТП та оберемо трансформатори. Результати занесемо до таблиці 2.12.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.12 – Розподіл навантаження

№ТП	P , кВт	Q , квар	S , кВ·А	$S_{нт}$, кВА	$P_{п/а}$, кВА	$Q_{п/а}$, квар	$S_{п/а}$, кВА	1,4 $S_{нт}$, кВА
1	371,36	139,68	396,76	400	450,2	187,59	487,72	560
2	335,32	154,87	369,36	630	581,68	267,27	640,14	882
3	164,6	75,4	181,05	400	499,68	224,01	547,6	560
4	280	65	287,45	400	-	-	-	-
5	300	60	305,94	400	-	-	-	-
6	260	50	264,76	400	-	-	-	-
7	180	40	184,39	250	-	-	-	-
8	190	40	194,16	250	-	-	-	-
Ін.цех *	81,85	93,83	124,51	160	-	-	-	-

Отже, для ТП1, ТП2, ТП3, ТП4, ТП5, ТП7, ТП8 приймаємо ТМ 400/10, для ТП6 ТМ 250/10, а цеховим трансформатором обираємо ТМ 250/10[транс].

Паспортні дані трансформаторів для кожного ТП наведені в таблиці 2.13.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ			Арк.
								77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Таблиця 2.13 паспортні данні силових трансформаторів ТП [9]

	Трансформатори				
№	S _{ном} , кВА	P _{кз} , кВт	P _{хх} , кВт	U _{кз} , %	I _{хх} , %
ТП1	400	4,5	0,83	4,5	1,5
ТП2	400	4,5	0,83	4,5	1,5
ТП3	400	4,5	0,83	4,5	1,5
ТП4	400	4,5	0,83	4,5	1,5
ТП5	400	4,5	0,83	4,5	1,5
ТП6	250	3,7	0,56	4,5	1,8
ТП7	400	4,5	0,83	4,5	1,5
ТП8	400	4,5	0,83	4,5	1,5
ТП цех	250	3,7	0,56	4,5	1,9

Розрахуємо втрати потужності в трансформаторах всіх ТП в нормальному та після аварійному режимах.

$$\Delta P_{\text{трТП1н}} = \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\text{ТП1н}}}{S_{\text{трн}}} \right)^2 + \Delta P_{\text{хх}} = 4,5 \cdot \left(\frac{200,9}{400} \right)^2 + 0,83 = 2,081 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{трТП1н}} = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{ТП1н}}^2}{S_{\text{трн}}} + \frac{I_{\text{хх}}}{100} \cdot S_{\text{трн}} = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{200,9^2}{400} + \frac{1,8}{100} \cdot 400 = 12,204 \text{ квар},$$

$$\Delta S_{\text{трТП1н}} = \sqrt{\Delta P_{\text{трТП1н}}^2 + \Delta Q_{\text{трТП1н}}^2} = \sqrt{2,081^2 + 12,204^2} = 12,380 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

$$\Delta P_{\text{трТП1п/а}} = \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\text{ТП1п/а}}}{S_{\text{трн}}} \right)^2 + \Delta P_{\text{хх}} = 4,5 \cdot \left(\frac{442,63}{400} \right)^2 + 0,83 = 6,340 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{трТП1п/а}} = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{ТП1п/а}}^2}{S_{\text{трн}}} + \frac{I_{\text{хх}}}{100} \cdot S_{\text{трн}} = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{442,63^2}{400} + \frac{1,8}{100} \cdot 400 = 29,241 \text{ квар},$$

$$\Delta S_{\text{трТП1п/а}} = \sqrt{\Delta P_{\text{трТП1п/а}}^2 + \Delta Q_{\text{трТП1п/а}}^2} = \sqrt{6,340^2 + 29,241^2} = 29,921 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Аналогічні розрахунки для всіх ТП приведені в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 - Розрахунок втрат в трансформаторах ТП [9]

	ΔP	ΔQ	$\Delta P_{\text{п\`a}}$	$\Delta Q_{\text{п\`a}}$
ТП1	6,24	23,71	9	32,76
ТП2	3,66	23,25	8,9	47,11
ТП3	1,96	9,69	11,14	39,73
ТП4	3,67	15,3	-	-
ТП5	4,05	16,53	-	-
ТП6	3,24	13,89	-	-
ТП7	2,57	10,87	-	-
ТП8	2,79	11,54	-	-

Знайдемо навантаження головної ділянки розподільної мережі Л1 в нормальному режимі роботи:

$$P_{\text{Л1}} = K_{\text{см}} \cdot (P_{\text{ТП5}} + P_{\text{ТП6}} + P_{\text{ТП7}} + P_{\text{ТП8}} + \Delta P_{\text{ТП5}} + \Delta P_{\text{ТП6}} + \Delta P_{\text{ТП7}} + \Delta P_{\text{ТП8}}),$$

$$P_{\text{Л1}} = 0,85 \cdot (280 + 190 + 310 + 300 + 3,105 + 2,792 + 3,671 + 3,519) = 929.12 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{Л1}} = K_{\text{см}} \cdot (Q_{\text{ТП5}} + Q_{\text{ТП6}} + Q_{\text{ТП7}} + Q_{\text{ТП8}} + \Delta Q_{\text{ТП5}} + \Delta Q_{\text{ТП6}} + \Delta Q_{\text{ТП7}} + \Delta Q_{\text{ТП8}}),$$

$$Q_{\text{Л1}} = 0,85 \cdot (50 + 40 + 70 + 75 + 16,301 + 11,286 + 18,562 + 17,958) = 254.24 \text{ квар},$$

$$S_{\text{Л1}} = \sqrt{P_{\text{Л1}}^2 + Q_{\text{Л1}}^2},$$

$$S_{\text{Л1}} = \sqrt{929.12^2 + 254.24^2} = 827,41 \text{ кВА},$$

$$I_{\text{Л1}} = \frac{S_{\text{Л1}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}},$$

$$I_{\text{Л1}} = \frac{963.28}{\sqrt{3} \cdot 10} = 47,77 \text{ А}.$$

Знайдемо навантаження головної ділянки розподільної мережі Л1 в післяаварійному режимі роботи [9]:

$$P_{Л1п/а} = K_{см} \cdot \left(P_{ТП1} + P_{ТП2} + P_{ТП3} + P_{ТП4} + P_{ТП5} + P_{ТП6} + P_{ТП7} + P_{ТП8} + \right. \\ \left. + \Delta P_{ТП1} + \Delta P_{ТП2} + \Delta P_{ТП3} + \Delta P_{ТП4} + \Delta P_{ТП5} + \Delta P_{ТП6} + \Delta P_{ТП7} + \Delta P_{ТП8} \right),$$

$$P_{Л1п/а} = 0,8 \cdot \left(200,9 + 210,4 + 287 + 300 + 280 + 190 + 310 + 300 + \right. \\ \left. + 2,081 + 2,172 + 3,528 + 2,792 + 3,105 + 2,792 + 3,671 + 3,519 \right) = 1786,66 \text{ кВт},$$

$$Q_{Л1п/а} = K_{см} \cdot \left(Q_{ТП1} + Q_{ТП2} + Q_{ТП3} + Q_{ТП4} + Q_{ТП5} + Q_{ТП6} + Q_{ТП7} + Q_{ТП8} + \right. \\ \left. + \Delta Q_{ТП1} + \Delta Q_{ТП2} + \Delta Q_{ТП3} + \Delta Q_{ТП4} + \Delta Q_{ТП5} + \Delta Q_{ТП6} + \Delta Q_{ТП7} + \Delta Q_{ТП8} \right),$$

$$Q_{Л1п/а} = 0,8 \cdot \left(64,2 + 58,85 + 116,46 + 60 + 50 + 40 + 70 + 75 + 12,38 + \right. \\ \left. + 12,756 + 18,335 + 11,626 + 16,594 + 11,626 + 18,922 + 18,299 \right) = 554,768 \text{ квар},$$

$$S_{Л1п/а} = \sqrt{P_{Л1п/а}^2 + Q_{Л1п/а}^2},$$

$$S_{Л1п/а} = \sqrt{1786,66^2 + 554,768^2} = 1821,5 \text{ кВА},$$

$$I_{Л1п/а} = \frac{S_{Л1п/а}}{\sqrt{3} \cdot U_{н}},$$

$$I_{Л1п/а} = \frac{1870,14}{\sqrt{3} \cdot 10} = 105,01 \text{ А}.$$

Приймаємо кабель АПвП 3×35 з Ідоп = 119 А та r0=0,868 Ом/км, x0=0,095 Ом/км [6].

$$I_{Л1п/а} = 99,12 \leq K_1 \cdot K_2 \cdot I_{доп} = 1 \cdot 1,3 \cdot 119 = 154,7 \text{ А}.$$

Аналогічно для Л2 знайдемо навантаження в нормальному режимі та занесемо результати в таблицю 4.7.

Знайдемо навантаження живлячої лінії Л3 в нормальному режимі:

$$P_{Л3} = K_{с.м} \cdot (P_{РП2} + P_{Л2} + P_{ТПін.цех}),$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{ЛЗ} = 0,8 \cdot (2200 + 857,54 + 176,47) = 2573,88 \text{ кВт},$$

$$Q_{ЛЗ} = K_{с.м} \cdot (Q_{РП2} + Q_{Л2} + Q_{ТПин.цех}),$$

$$Q_{ЛЗ} = 0,8 \cdot (400 + 248,02 + 300,52) = 905,8 \text{ квар},$$

$$S_{ЛЗ} = \sqrt{P_{ЛЗ}^2 + Q_{ЛЗ}^2},$$

$$S_{ЛЗ} = \sqrt{2573,88^2 + 905,8^2} = 2740,04 \text{ кВА},$$

$$I_{ЛЗ} = \frac{S_{ЛЗ}}{\sqrt{3} \cdot U_{н}},$$

$$I_{ЛЗ} = 2740,04 / 10 = 274,004 \text{ А}.$$

Навантаження лінії ЛЗ в післяаварійному режимі буде рівним навантаженню лінії Л4 [9]:

$$P_{ЛЗп/а} = K_{с.м} \cdot (P_{ТПцех} + P_{РП1} + P_{РП2} + P_{Л2} + P_{Л1}),$$

$$P_{ЛЗп/а} = 0,8 \cdot (176,47 + 2200 + 2100 + 929,12 + 857,54) = 6439,84 \text{ кВт},$$

$$Q_{ЛЗп/а} = K_{с.м} \cdot (Q_{ТПцех} + Q_{РП1} + Q_{РП2} + Q_{Л2} + Q_{Л1}),$$

$$Q_{ЛЗп/а} = 0,8 \cdot (248,02 + 400 + 500 + 254,24 + 300,52) = 1806,045 \text{ квар},$$

$$S_{ЛЗп/а} = \sqrt{P_{ЛЗп/а}^2 + Q_{ЛЗп/а}^2},$$

$$S_{ЛЗп/а} = \sqrt{6439,84^2 + 1806,045^2} = 6688,3 \text{ кВА},$$

$$I_{ЛЗп/а} = \frac{S_{ЛЗп/а}}{\sqrt{3} \cdot U_{н}},$$

$$I_{ЛЗп/а} = \frac{6688,3}{\sqrt{3} \cdot 10} = 386,15 \text{ А}.$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.17 - Вузли навантаження

P_2 , кВт	P_3 , кВт	P_5 , кВт	P_6 , кВт	P_7 , кВт	P_8 , кВт	P_9 , кВт	P_{11} , кВт	P_{12} , кВт	P_{13} , кВт	P_{14} , кВт
70	200	140	100	70	120	50	100	60	120	30

Для оцінки очікуваної величини недоотриманої електроенергії можна використовувати структурно-логічну матрицю. Принцип її формування полягає в наступному. Рядки матриці відповідають вузлам мережі, які представлені середніми значеннями своїх навантажень. Стовпці матриці відповідають ділянкам мережі, які характеризуються їх довжинами. Комірки матриці заповнюються значеннями часу відновлення електропостачання, яке необхідне для відновлення живлення даного вузла мережі (рядок матриці) при пошкодженні на відповідній ділянці (стовпець матриці) лінії, враховуючи всі встановлені в мережі комутаційні, захисні апарати і резервні джерела живлення.

Визначаємо очікувану величину недовідпущеної електроенергії у повітряній лінії (ПЛ) Л5.

$$A_{\text{нед}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \omega_o l_i P_{\text{ср}j} \tau_{ij} ,$$

де ω_o – питомий показник пошкоджень ПЛ пошк/км·рік;

m – кількість вузлів навантажень;

n – кількість ділянок даної лінії;

τ_{ij} – значення часу відновлення електропостачання, занесені на попередньому етапі у відповідні комірки структурно-логічної матриці;

τ_p – середній час потрібний на ремонт пошкодження;

$\tau_{\text{п}}$ – час потрібний на виконання оперативних переключень;

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

твр – час необхідний для вводу резервного живлення;

Якщо розглядати випадок без комутаційних апаратів та резерву, то всі комірки матриці будуть заповнені лише показником часу ремонту: пошкодження будь-якої ділянки лінії приведе до припинення живлення всіх вузлів. Тому сумарна величина недовідпущеної електроенергії може бути порашована за формулою:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{нед}} &= P_{\Sigma} \cdot \tau_p \cdot \omega_0 \cdot \Sigma l_i = (P_{12} + P_{13} + P_{15} + P_{16} + P_{17} + P_{19} + P_{110} + P_{114} + P_{112} + P_{113}) \cdot \\
 &\cdot (l_{0-12} + l_{12-13} + l_{13-14} + l_{14-15} + l_{15-16} + l_{14-17} + l_{17-18} + l_{19-110} + l_{18-111} + l_{111-114} + l_{111-112} + l_{112-113}) = \\
 &= (50 + 120 + 50 + 30 + 20 + 70 + 45 + 110 + 70 + 30) \cdot 6 \cdot 0,4 \cdot \\
 &\cdot (0,8 + 1,1 + 0,5 + 0,3 + 0,2 + 1,7 + 0,9 + 0,5 + 1,1 + 0,2 + 0,7 + 1,1 + 0,3) = \\
 &= 12306,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}
 \end{aligned}$$

2.4.2 Розрахунок зниження очікуваної величини недовідпущеної електро-енергії

Зобразимо схему після розміщення роз'єднувачів РЗ1 та РЗ2 на початку ланок 14-7 та 19-10 нарисунку 2.4.

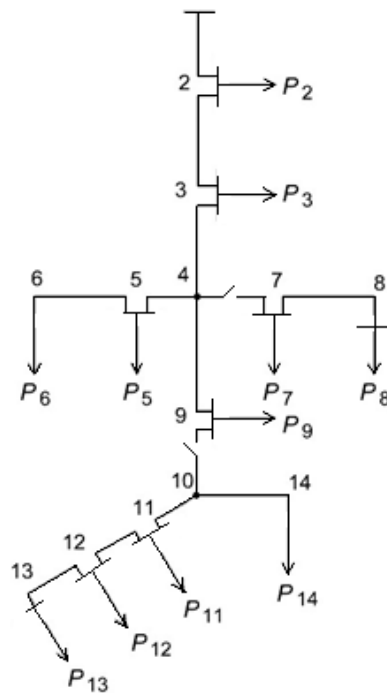


Рисунок 2.4 - Схема повітряної лінії

Складаємо структурно-логічну матрицю в таблицю 2.18.

Для простішого рішення даного пункту, зробимо спрощення схеми

Таблиця 2.18 - Структурно-логічна матриця

	L_1	L_2	L_3
P_I	τ_p	τ_n	τ_n
P_{II}	τ_p	τ_p	τ_n
P_{III}	τ_p	τ_n	τ_p

Об'єднаємо навантаження повітряної лінії та їх довжини

$$P_I = P_2 + P_3 + P_6 + P_5 = 35 + 25 + 30 + 100 = 190 \text{ кВт},$$

$$P_{II} = P_7 + P_8 + P_9 = 30 + 50 + 60 = 140 \text{ кВт},$$

$$P_{III} = P_{11} + P_{14} + P_{12} + P_{13} = 60 + 30 + 210 + 100 = 400 \text{ кВт}$$

$$L_1 = L_{0-2} + L_{2-3} + L_{3-4} + L_{4-5} + L_{5-6} = 0,8 + 0,3 + 0,6 + 0,1 + 0,3 = 2,1 \text{ км},$$

$$L_2 = L_{7-8} + L_{4-7} + L_{4-9} = 0,9 + 1,3 + 0,9 = 3,1 \text{ км},$$

$$L_3 = L_{9-10} + L_{10-11} + L_{11-12} + L_{12-13} + L_{10-14} = 0,5 + 1,5 + 0,3 + 1,2 + 1,4 = 4,9 \text{ км}$$

$$EENS_1 = \omega \cdot P_I (\tau_p L_1 + \tau_n (L_2 + L_3)),$$

$$EENS_1 = 0,15 \cdot 190 \cdot (4 \cdot 2,1 + 1 \cdot (3,1 + 4,9)) = 467,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Наступні розрахунки зведемо в таблицю 2.19

Таблиця 2.19 – Зведені значення очікуваної величини недовідпущеної електричної енергії

$EENS_1$	$EENS_2$	$EENS_3$
467.4	774.9	1866

$$\sum A_{\text{нед}} = EENS_1 + EENS_2 + EENS_3 = 3108,3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розрахуємо очікувану величину недовідпущеної електроенергії після розміщення роз'єднувачів Р31 та Р32 на початку ланок 14-7 та 19-10 лінії та наявності можливості підключення до резервного джерела живлення у вузлі навантаження 14 (див. рисунок 2.5).

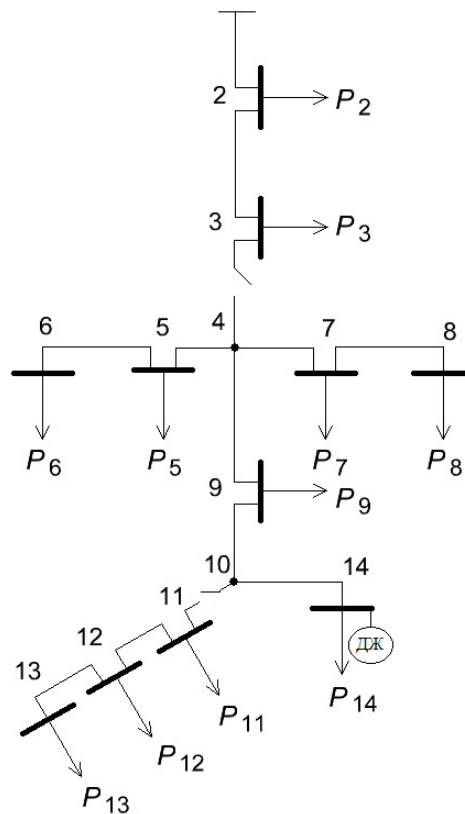


Рисунок 2.5- Схема повітряної лінії

Складаємо структурно-логічну матрицю (таблиця 2.20).

Таблиця 2.20 - Структурно- логічна матриця при підключенні до резервного джерела живлення

	L_1	L_2	L_3
P_I	τ_p	τ_{Π}	τ_{Π}
P_{II}	τ_p	τ_p	τ_{Π}
P_{III}	$\tau_{вр}$	τ_{Π}	τ_p

$$EENS_3 = \omega \cdot P_{III} (\tau_{вр} L_1 + \tau_{п} L_2 + \tau_{р} L_3),$$

$$A_{дж.нед3} = 0,15 \cdot 400 \cdot (2 \cdot 2,1 + 1 \cdot 3,1 + 4 \cdot 4,9) = 1614 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Наступні розрахунки зведемо в таблицю 2.21.

Таблиця 2.21 - Зведені значення очікуваної величини недовідпущеної електричної енергії

$EENS_1$	$EENS_2$	$EENS_3$
287,85	539,7	1614

$$\sum A_{дж.нед} = EENS_1 + EENS_2 + EENS_3 = 2441,55 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Встановлення комутаційних апаратів (в нашому випадків роз'єднувачів), впливає на зміну часу відновлення електропостачання та на величину відключеного електричного навантаження, що в свою чергу значно знижує величину недовідпущеної електричної енергії.

Розрахунки показують на скільки зменшується величина очікуваної недовідпущеної електроенергії після розміщення комутаційних апаратів (у нашому випадку роз'єднувачів).

$$\Delta EENS_1 = \frac{EENS - \sum EENS}{EENS} \cdot 100\%,$$

$$\Delta EENS_1 = \frac{4423,8 - 3108,3}{4423,8} \cdot 100\% = 29,73\%,$$

$$\Delta EENS_2 = \frac{EENS - \sum EENS}{EENS} \cdot 100\%,$$

$$\Delta EENS_2 = \frac{4423,8 - 2441,55}{4423,8} \cdot 100\% = 44,8\%.$$

Отже, при розміщенні роз'єднувачів Р31 та Р32 на початку ланок І4-5таІ7-8лінії, величина очікуваної недовідпущеної електроенергії зменшується на 29,73%.

А при розміщенні роз'єднувачів Р31 та Р32 на початку ланок І4-5таІ7-8лінії та наявності можливості підключення до резервного джерела живлення у вузлі навантаження І4, величина очікуваної недовідпущеної електроенергії зменшується на 44,8 %.

2.5 Визначення розрахункових навантажень

2.5.1 Визначення розрахункових навантажень на різних ієрархічних рівнях електропостачальної системи

Розрахувати навантаження на шинах 10 кВ живлячої підстанції прийнявши до уваги навантаження ліній Л3, Л4, Л5, а також зосереджене навантаження S3 (Р3, Q3) та S4 (Р4, Q4) [9].

Початкові дані представлено в таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 - Початкові дані визначення розрахункових навантажень [9]

P_3 , МВт	41
Q_3 , Мвар	9
P_4 , МВт	43
Q_4 , Мвар	7

Розрахункове навантаження на шинах центра живлення (п/ст) визначають з врахуванням розбіжності у часі максимумів навантажень комунально-побутових і промислових споживачів:

$$P_{pцж} = \sum_{i=1}^n P_{pтп_i}$$

Значення коефіцієнтів Ксм наведені у відповідних довідкових таблицях.

Навантаження ліній Л3, Л4, Л5 [9]:

$$\begin{aligned} \text{Л4: } P_{\text{Л4}} &= K_{\text{см}} \cdot (P_1 + P_{\text{Л1}} + \frac{P_{\text{цеха пр.п}}}{2}) = 0,75 \cdot (1,6 \cdot 10^3 + 1258,783 \\ &\quad + \frac{69,32}{2}) = 2170,082 \text{ кВт}, \\ Q_{\text{Л4}} &= K_{\text{см}} \cdot (Q_1 + Q_{\text{Л1}} + \frac{Q_{\text{цеха пр.п}}}{2}) = 0,75 \cdot (0,3 \cdot 10^3 + 485,616 \\ &\quad + \frac{78,65}{2}) = 618,706 \text{ квар}, \\ S_{\text{Л4}} &= \sqrt{P_{\text{Л4}}^2 + Q_{\text{Л4}}^2} = \sqrt{2170,082^2 + 618,706^2} = 2256,558 \text{ кВА}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Л3: } P_{\text{Л3}} &= K_{\text{см}} \cdot (P_2 + P_{\text{Л2}} + \frac{P_{\text{цеха пр.п}}}{2}) = 0,75 \cdot (1,8 \cdot 10^3 + 1258,783 \\ &\quad + \frac{69,32}{2}) = 2320,082 \text{ кВт}, \\ Q_{\text{Л3}} &= K_{\text{см}} \cdot (Q_2 + Q_{\text{Л2}} + \frac{Q_{\text{цеха пр.п}}}{2}) = 0,75 \cdot (0,45 \cdot 10^3 + 485,616 \\ &\quad + \frac{78,65}{2}) = 731,206 \text{ квар}, \\ S_{\text{Л3}} &= \sqrt{P_{\text{Л3}}^2 + Q_{\text{Л3}}^2} = \sqrt{2320,082^2 + 731,206^2} = 2432,579 \text{ кВА}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Л5: } P_{\text{Л5}} &= \sum_{i=1}^{114} P_i = 50 + 120 + 50 + 30 + 20 + 70 + 45 + 110 + 70 + 30 = \\ &= 595 \text{ кВт}, \\ Q_{\text{Л5}} &= P_{\text{Л5}} \cdot \text{tg}(\arccos(0,9)) = 595 \cdot 0,4843 = 288,159 \text{ квар}, \\ S_{\text{Л5}} &= \sqrt{P_{\text{Л5}}^2 + Q_{\text{Л5}}^2} = \sqrt{595^2 + 288,159^2} = 661,106 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Зосереджене навантаження S3 (P3, Q3) та S4 (P4, Q4) [9] :

$$\begin{aligned} S_3 &= \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} = \sqrt{26^2 + 6^2} = 26,683 \text{ МВА}, \\ S_4 &= \sqrt{P_4^2 + Q_4^2} = \sqrt{28^2 + 6^2} = 28,636 \text{ МВА}. \end{aligned}$$

Розрахуємо навантаження на шинах 10 кВ живлячої підстанції :

$$P_{ш1} = K_{см} \cdot (P_{Л4} + P_{Л5} + P_3) = 0,85 \cdot (2170,082 + 595 + 26 \cdot 10^3) = 24450,32 \text{ кВт},$$

$$Q_{ш1} = K_{см} \cdot (Q_{Л4} + Q_{Л5} + Q_3) = 0,85 \cdot (618,706 + 288,159 + 6 \cdot 10^3) = 5870,835 \text{ квар},$$

$$Q_{ш1} = \sqrt{P_{ш1}^2 + Q_{ш1}^2} = \sqrt{24450,32^2 + 5870,835^2} = 25145,275 \text{ МВА}.$$

$$P_{ш2} = K_{см} \cdot (P_{Л3} + P_4) = 0,85 \cdot (2320,082 + 28 \cdot 10^3) = 25772,07 \text{ кВт},$$

$$Q_{ш2} = K_{см} \cdot (Q_{Л3} + Q_4) = 0,85 \cdot (731,206 + 6 \cdot 10^3) = 5721,525 \text{ квар},$$

$$S_{ш2} = \sqrt{P_{ш2}^2 + Q_{ш2}^2} = \sqrt{25772,07^2 + 5721,525^2} = 25778,429 \text{ МВА}.$$

2.5.2 Перевірка електричних мереж на відповідність вимогам до показників якості електричної енергії

Вибрати необхідні відгалуження регуляторів напруги розподільних трансформаторів та ліній на напругу 10 кВ Л1, Л2.

Початкові дані наведено в таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 - Початкові дані

Довжини ланок ліній Л1 і Л2 (км)	
п/ст-РП	1,4
РП-ТП1	0,8
ТП1-ТП2	0,5
ТП2-ТП3	0,4
ТП3-ТП4	0,5
ТП5-ТП6	0,6
ТП6-ТП7	0,4
ТП7-ТП8	0,5
ТП8-РП	0,7

Регулювальні відгалуження розподільчих трансформаторів мають бути вибрані так, щоб компенсувати втрату напруги в розподільній мережі в режимі максимальних навантажень.

Втрати напруги на ділянках розподільчої мережі :

$$\Delta U = \frac{(Pr + Qx)L}{10U_n^2},$$

де P – активне навантаження елемента мережі, кВт;

r - активний опір мережі, Ом;

Q – реактивне навантаження елемента мережі, квар;

x – реактивний опір мережі, Ом.

Вибір відгалуження трансформатора проводять за умови допустимого усталеного відхилення напруги у споживачів. У режимі максимальних навантажень напруга на затискачах найвіддаленіших ЕП не повинна бути нижча за $0,95U_n$, тобто $\delta U_y \geq -5\%$. У режимі мінімальних навантажень напруга на шинах низької напруги ЦЖ не повинна перевищувати номінальну напругу більш як на 5% , тобто $\delta U_y \leq +5\%$ [1]. У якості максимального беруть розрахункове навантаження, а мінімальне навантаження становить $25\ldots 30\%$ від розрахункового.

Забезпечення зазначених вище відхилень напруги на затискачах електроприймачів може бути здійснене в результаті раціонального вибору робочих відгалужень розподільчих трансформаторів і закону регулювання напруги в центрі живлення.

Розраховуємо відхилення напруги у будь якій точці мережі та для будь-якого режиму

$$\delta U_y = E_n + E_t + \beta(\Delta U_c + \Delta U_{тр} + \Delta U_{nn}),$$

де E_p - добавка напруги в ЦЖ у розглянутому режимі, %;

β - коефіцієнт завантаження (оскільки ми розглядаємо два режими, то приймаємо 1,0 - для режиму максимального навантаження і 0,25 - для мінімального навантаження);

ΔU_{tr} - втрата напруги в трансформаторі у режимі максимального навантаження (приймається середня для розглянутої мережі величина), %;

ΔU_c - втрата напруги у режимі максимальних навантажень у мережі середньої напруги, %;

ΔU_{nn} - допустимі втрати у мережі низької напруги, =7.5 %;

Розрахуємо навантаження на початку ліній, в кінці ліній та втрати потужності на прикладі ділянки ТП3-ТП4:

$$\Delta P_{TP3-TP4} = \frac{(P_{TP4} + \Delta P_{TP4})^2 + (Q_{TP4} + \Delta Q_{TP4})^2}{U_n^2} \cdot r_0 \cdot L_{TP3-TP4} \cdot 10^{-3},$$

$$\Delta P_{TP3-TP4} = \frac{(300 + 4,05)^2 + (60 + 16,53)^2}{10^2} \cdot 0,868 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,43 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{TP3-TP4} = \frac{(P_{TP4} + \Delta P_{TP4})^2 + (Q_{TP4} + \Delta Q_{TP4})^2}{U_n^2} \cdot x_0 \cdot L_{TP3-TP4} \cdot 10^{-3},$$

$$\Delta Q_{TP3.1-TP4.1} = \frac{(300 + 4,05)^2 + (60 + 16,53)^2}{10^2} \cdot 0,095 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ квар},$$

$$P_{TP3-TP4} = P_{TP4} + \Delta P_{TP3-TP4} + \Delta P_{TP4},$$

$$P_{TP3.1-TP4.1} = 300 + 0,43 + 4,05 = 304,47 \text{ кВт},$$

$$Q_{TP3-TP4} = Q_{TP4} + \Delta Q_{TP3-TP4} + \Delta Q_{TP4},$$

$$Q_{TP3.1-TP4.1} = 60 + 0,05 + 16,53 = 76,58 \text{ квар}.$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати аналогічних розрахунків для інших ланок зведемо в таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 - Втрати потужності та навантаження на ланках ліній Л1 та Л2 [9]

Ділянка мережі	ΔP , кВт	ΔQ , квар	P , кВт	Q , квар
ЦЖ-РП(Л4)	2,01	1,2	940,37	253,23
РП-ТП8(Л1)	4,87	0,53	938,36	252,24
ТП5-ТП6	0,29	0,03	283,9	65,13
ТП6-ТП7	0,51	0,06	429,56	105,06
ТП7-ТП8	2,1	0,23	675	173,72
ЦЖ-РП(Л3)	1,8	1,08	871,25	304,08
РП-ТП1(Л2)	5,81	0,64	869,45	303
ТП1-ТП2	2,76	0,3	690,87	238,44
ТП2-ТП3	0,84	0,09	536,93	188,94
ТП3-ТП4	0,43	0,05	304,47	76,58

Розрахуємо втрати напруги в лініях:

$$\Delta U_{\text{л.ТП3-ТП4}} = \frac{(P_{\text{ТП4}} \cdot r_0 + Q_{\text{ТП4}} \cdot x_0) L_{\text{ТП3-ТП4}}}{10U_{\text{н}}^2},$$

$$\Delta U_{\text{л.ТП3-ТП4}} = \frac{(304,47 \cdot 0,868 + 76,58 \cdot 0,095) \cdot 0,5}{10 \cdot 10^2} = 0,14\%.$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

Результати розрахунку втрат напруги на ланках зведемо в таблицю 2.25

Таблиця 2.25 - Втрати напруги на ланках ліній Л1 та Л2 [9]

Ділянка мережі	$\Delta U_c, \%$
ЦЖ-РП(Л4)	0,23
РП-ТП8(Л1)	0,50
ТП5-ТП6	0,10
ТП6-ТП7	0,11
ТП7-ТП8	0,3
ЦЖ-РП(Л3)	0,22
РП-ТП1(Л2)	0,63
ТП1-ТП2	0,37
ТП2-ТП3	0,15
ТП3-ТП4	0,14

Розрахуємо втрати напруги в трансформаторах [9]:

$$\Delta U_{ТП1} = \frac{r_T \cdot P_{ТП1} + x_T \cdot Q_{ТП1}}{10U_H^2},$$

де r_T – активний опір трансформатора, Ом

$$r_{тр} = \frac{P_{\kappa} \cdot U_{BH}^2}{S_H^2} \cdot 10^3,$$

$$r_{тр} = \frac{5,5 \cdot 10^2}{400^2} \cdot 10^3 = 3,43 \text{ Ом},$$

де $z_{тр}$ – реактивний опір трансформатора, Ом;

$$z_{тр} = \frac{U_{\kappa} \cdot U_{BH}^2}{100S_H} \cdot 10^3,$$

$$Z_{TP} = \frac{4,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 400} \cdot 10^3 = 11,25 \text{ Ом},$$

$$X_{mp} = \sqrt{Z_{mp}^2 + r_{mp}^2};$$

$$X_{mp} = \sqrt{11,25^2 - 3,43^2} = 10,71 \text{ Ом},$$

$$\Delta U_{ТП} = \frac{203,26 \cdot 3,43 + 75,2 \cdot 10,71}{10 \cdot 10^2} = 0,29\%.$$

Результати розрахунків опорів та втрат напруги для інших трансформаторів ТП зведемо в таблицю 2.26.

Таблиця 2.26 – Зведені результати розрахунків опорів та втрат напруги для трансформаторів ТП [9]:

Трансформатор	rT, Ом	xT, Ом	ΔUт, %
ТП1	3,43	11,25	1,41
ТП2	3,43	11,25	1,38
ТП3	3,43	11,25	2,29
ТП4	3,43	11,25	1,70
ТП5	3,43	11,25	1,52
ТП6	5,92	17	1,80
ТП7	3,43	11,25	1,85
ТП8	3,43	11,25	1,87

Вибираємо відгалуження регуляторів напруги Ет розподільних трансформаторів, згідно з втратами напруги в мережі від ЦЖ до відповідного трансформатора ТП, для того щоб компенсувати втрату напруги. Результати зведемо до таблиці 2.27.

Таблиця 2.27 - Відгалуження регуляторів напруги розподільних трансформаторів

	$\Delta U_c, \%$	$E_T, \%$
ЦЖ-РП(Л4)	0,37	-
РП-ТП8(Л1)	0,87	0
ТП7-ТП8	1,17	0
ТП6-ТП7	1,29	0
ТП5-ТП6	1,39	0
ЦЖ-РП(Л3)	0,35	-
РП-ТП1(Л2)	0,98	0
ТП1-ТП2	1,35	0
ТП2-ТП3	1,5	0
ТП3-ТП4	1,63	0

Приймаємо для Л1 $\Delta U_{трср}=3,17$, а для Л2 $\Delta U_{трср}=2,99$.

Надбавка напруги в режимі максимального навантаження вибирається таким чином, що б відхилення напруги в на шинах 0,4 кВ найближчого ТП не перевищувало верхній допустимий рівень:

$$E'_{пЛі} = \delta U_{доп}^B + E_T + \beta_{max} \cdot (\Delta U_M + \Delta U_{тр} + \Delta U_{н.м}),$$

$$E'_{пЛ1} = 5 + 0 + 1 \cdot (0 + 3,17 + 0) = 8,17\%,$$

$$E'_{пЛ2} = 5 + 0 + 1 \cdot (0 + 2,99 + 0) = 7,99\%.$$

Для режиму мінімальних навантажень необхідно, що б у першого ТП, який має максимальну надбавку напруги, напруга на шинах 0,4 кВ не перевищувала верхнього допустимого рівня:

$$E''_{п(в)Лі} = \delta U_{доп}^в + E_T^{найб} + \beta_{min} \cdot (\Delta U_M^{найб} + \Delta U_{тр1}),$$

$$E''_{п(в)Л2} = 5 + 0 + 0,25 \cdot (0,98 + 2,47) = 5,86\%,$$

$$E''_{п(в)Л1} = 5 + 0 + 0,25 \cdot (1,39 + 2,73) = 6,03\%.$$

Для найбільш віддаленого споживача останнього трансформатора з мінімальною надбавкою напруги, відхилення напруги не повинне вийти за границю нижнього допустимого рівня:

$$E''_{п(в)Лі} = -\delta U_{доп}^н - E_T^{найм} + \beta_{min} \cdot (\Delta U_M^{найм} + \Delta U_{тр} + \Delta U_{н.м}),$$

$$E''_{п(в)Л1} = -5 - 0 + 0,25 \cdot (0,87 + 3,32 + 7,5) = -2,08\%,$$

$$E''_{п(в)Л2} = -5 - 0 + 0,25 \cdot (1,63 + 3,05 + 7,5) = -1,95 \%.$$

Отримані значення зобразимо графічно на рисунку 2.6 та 2.7

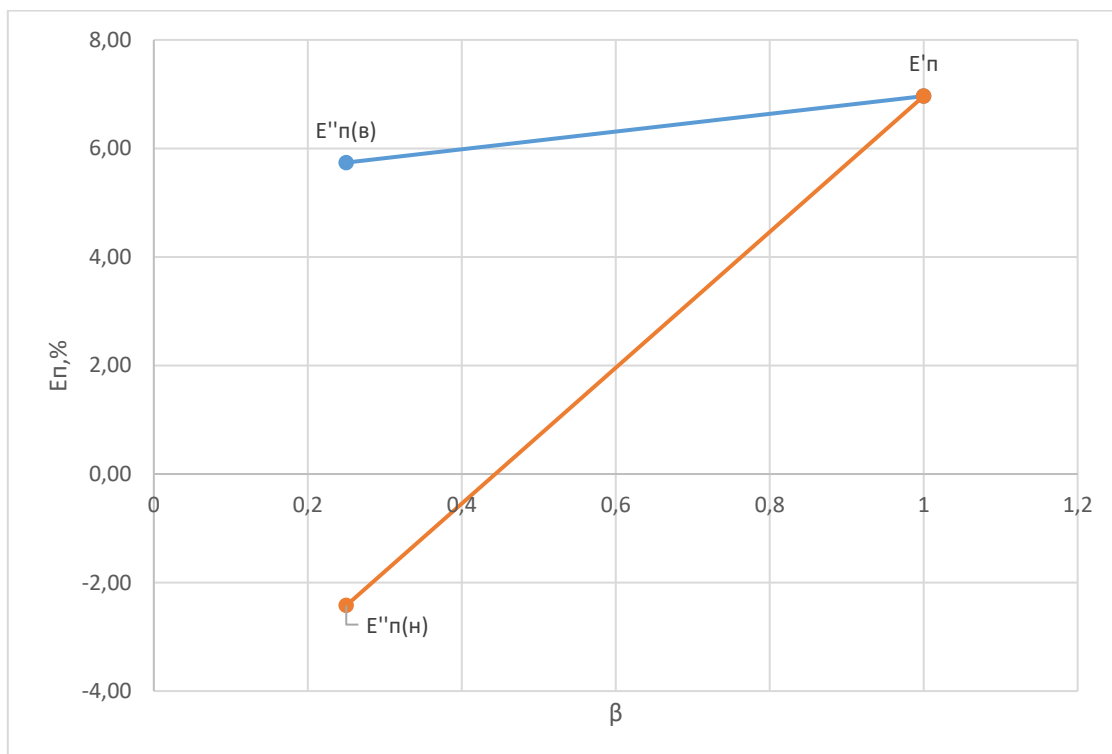


Рисунок 2.6– Діапазон регулювання напруги за умовами Л2

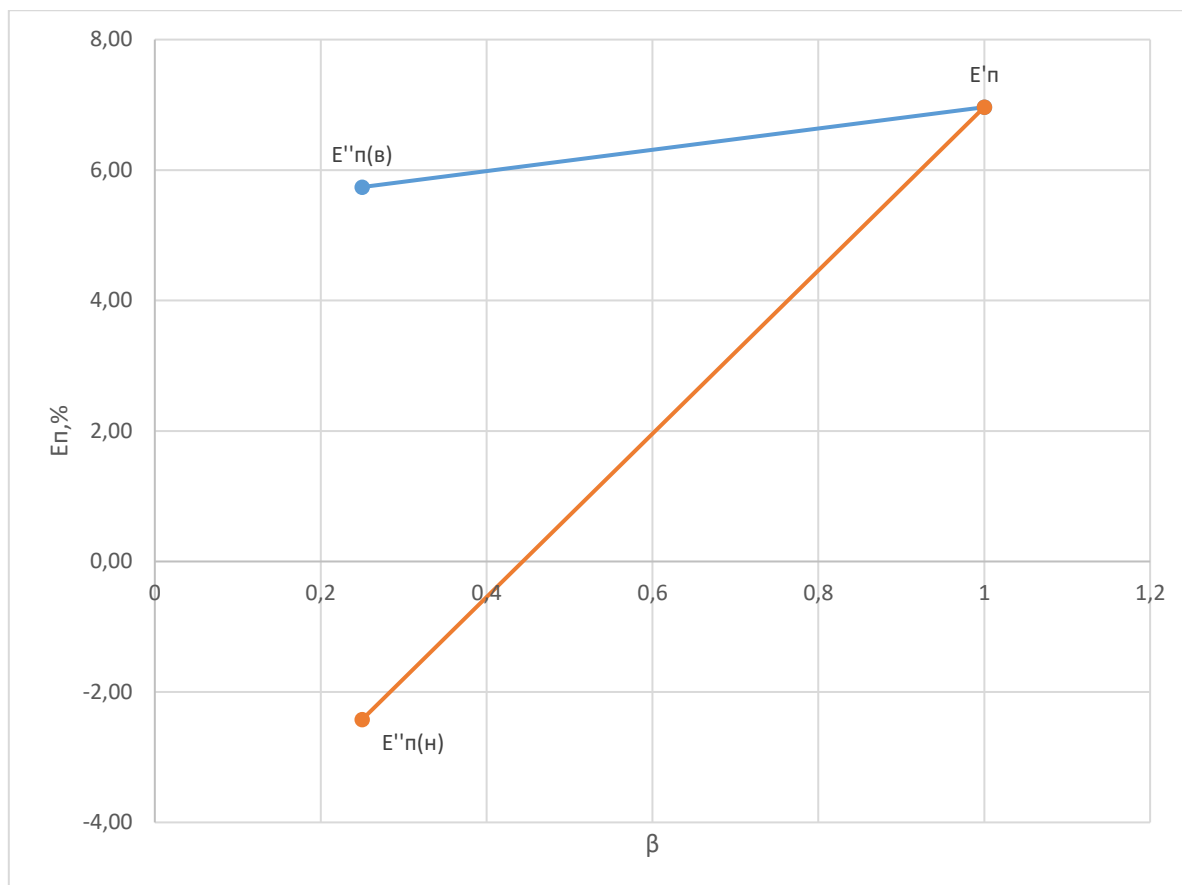


Рисунок 2.7 – Діапазон регулювання напруги за умовами Л1

2.6 Визначення річних втрат електричної енергії в лінії 35 кВ і трансформаторах підстанції 35/10 кВ

Для розрахунку використовують:

- метод поелементних розрахунків;
- метод середніх навантажень.

Параметри повітряних ліній 35 кВ (переріз F , мм² та довжина L , км), номінальна потужність та параметри трансформаторів 35/10 кВ наведені у таблиці 9.1. Від підстанції 35/10 кВ живляться дві групи споживачів: S5 та S6. Споживачі S5 працюють n_1 діб згідно графіка P'_5, Q'_5 та n_2 діб за графіком P''_5, Q''_5 . Відповідно,

споживачі S6 працюють n1 діб згідно графіка P'_6, Q'_6 та n2 діб за графіком P''_6, Q''_6 . Решту часу (365 - n1 – n2 діб) трансформатори та лінія відключені.

Чотирьохступеневі (тривалість кожної ступені 6 годин) добові графіки навантаження у відносних одиницях ($\frac{P_i}{\max P_i}, \frac{Q_i}{\max Q_i}$) та максимальне навантаження кожного споживача ($P_{5\max}, Q_{5\max}, P_{6\max}, Q_{6\max}$) наведені у таблиці 2.29.

Річний відпуск електричної енергії A5, A6 та максимальне річне навантаження ліній Л5 ($P_{5\max}, Q_{5\max}$) і Л6 ($P_{6\max}, Q_{6\max}$) наведені у табл. 2.28.

Схема електропостачання зображена на рисунку 2.8.

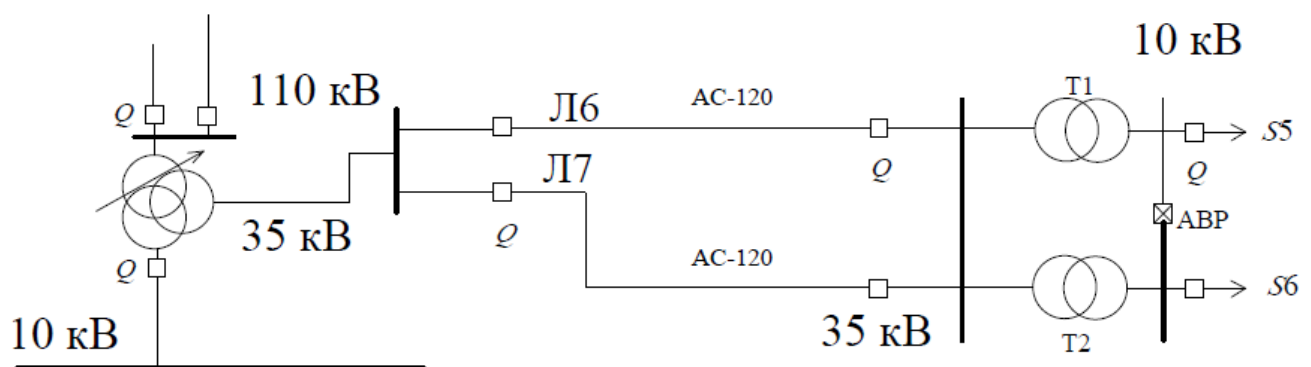


Рисунок 2.8 - Схема електропостачання

Таблиця 2.28 - Параметри лінії та трансформаторів [9]

Лінія 35 кВ		Трансформатори 35/10 кВ				
$F, \text{мм}^2$	$L, \text{км}$	$S_{\text{TH}}, \text{МВ} \cdot \text{А}$	$\Delta P_{\text{HX}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{K}}, \text{кВт}$	$U_{\text{K}}, \%$	$I_{\text{HX}}, \%$
120	15	16	23	90	8,0	0,75

Таблиця 2.29 – Навантаження споживачів S5 та S6 [9]

Навантаження спож. S ₅		Навантаження спож. S ₆	
n_1	210	n_1	210
P'_{51}, Q'_{51}	0,7	P'_{61}, Q'_{61}	0,6
P'_{52}, Q'_{52}	0,9	P'_{62}, Q'_{62}	0,2
P'_{53}, Q'_{53}	1	P'_{63}, Q'_{63}	0,7
P'_{54}, Q'_{54}	0,6	P'_{64}, Q'_{64}	0,9
n_2	130	n_2	130
P''_{51}, Q''_{51}	0,6	P''_{61}, Q''_{61}	0,8
P''_{52}, Q''_{52}	0,8	P''_{62}, Q''_{62}	0,5
P''_{53}, Q''_{53}	0,7	P''_{63}, Q''_{63}	0,6
P''_{54}, Q''_{54}	0,4	P''_{64}, Q''_{64}	1
$P_{5\max}, \text{МВт}$	12,5	$P_{6\max}, \text{МВт}$	11
$Q_{5\max}, \text{Мвар}$	6	$Q_{6\max}, \text{Мвар}$	4
$A_{P5}, \text{МВт}\cdot\text{год}$	74755	$A_{P6}, \text{МВт}\cdot\text{год}$	58146
$A_{Q5}, \text{Мвар}\cdot\text{год}$	35892	$A_{Q6}, \text{Мвар}\cdot\text{год}$	21144

Таблиця 2.30 - Відпуск електроенергії в мережу

Параметри	
$A_{P\text{л}6}, \text{МВт}\cdot\text{год}$	74800
$P_{\text{л}6\max}, \text{МВт}$	12,75
$A_{Q\text{л}6}, \text{Мвар}\cdot\text{год}$	36000
$Q_{\text{л}6\max}, \text{Мвар}$	6,25
$A_{P\text{л}7}, \text{МВт}\cdot\text{год}$	74800
$P_{\text{л}7\max}, \text{МВт}$	12,75
$A_{Q\text{л}7}, \text{Мвар}\cdot\text{год}$	36000
$Q_{\text{л}7\max}, \text{Мвар}$	6,25

2.6.1 Метод поелементних розрахунків

Знаходимо навантаження споживачів на кожній ступені графіка [9]:

$$P_{51} = P'_{51} \cdot P_{5\max},$$

$$P_{51} = 0,7 \cdot 12,5 = 8,75 \text{ МВт},$$

$$Q_{51} = Q'_{51} \cdot Q_{5\max},$$

$$Q_{51} = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ Мвар},$$

$$S_{51} = \sqrt{P_{51}^2 + Q_{51}^2},$$

$$S_{51} = \sqrt{8,75^2 + 4,2^2} = 9,706 \text{ МВА}.$$

Інші розрахунки для першої та другої групи споживачів аналогічні і наведені в таблицях 2.31, 2.32 та 2.33.

Таблиця 2.31- Навантаження споживачів S5 [9]

Навантаження споживачів S5			
P'_{51} , МВт	8,75	Q'_{51} , Мвар	4,2
P'_{52} , МВт	11,25	Q'_{52} , Мвар	5,4
P'_{53} , МВт	12,5	Q'_{53} , Мвар	6
P'_{54} , МВт	7,5	Q'_{54} , Мвар	3,6
P''_{51} , МВт	7,5	Q''_{51} , Мвар	3,6
P''_{52} , МВт	10	Q''_{52} , Мвар	4,8
P''_{53} , МВт	8,75	Q''_{53} , Мвар	4,2
P''_{54} , МВт	5	Q''_{54} , Мвар	2,4

Таблиця 2.32 - Навантаження споживачів S6 [9]

Навантаження споживачів S6			
P'_{61} , МВт	6,6	Q'_{61} , Мвар	2,4
P'_{62} , МВт	2,2	Q'_{62} , Мвар	0,8
P'_{63} , МВт	7,7	Q'_{63} , Мвар	2,8
P'_{64} , МВт	9,9	Q'_{64} , Мвар	3,6
P''_{61} , МВт	8,8	Q''_{61} , Мвар	3,2
P''_{62} , МВт	5,5	Q''_{62} , Мвар	2
P''_{63} , МВт	6,6	Q''_{63} , Мвар	2,4
P''_{64} , МВт	11	Q''_{64} , Мвар	4

Таблиця 2.33 - Навантаження споживачів S5 та S6 [9]

Навантаження споживачів S5		Навантаження споживачів S6	
S'_{51} , МВА	9,706	S'_{61} , МВА	7,023
S'_{52} , МВА	12,479	S'_{62} , МВА	2,341
S'_{53} , МВА	13,865	S'_{63} , МВА	8,193
S'_{54} , МВА	8,319	S'_{64} , МВА	10,534
S''_{51} , МВА	8,319	S''_{61} , МВА	9,364
S''_{52} , МВА	11,092	S''_{62} , МВА	5,852
S''_{53} , МВА	9,706	S''_{63} , МВА	7,023
S''_{54} , МВА	5,546	S''_{64} , МВА	11,705

$$\Delta P'_{\text{навл}} = P_{\kappa} \cdot \left(\frac{S'_{51}}{S_{\text{H}}} \right)^2,$$

$$\Delta P'_{\text{навл}} = 90 \cdot \left(\frac{3,62}{16} \right)^2 = 33,118 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q'_{\text{навл}} = \frac{U_{\kappa} \cdot (S'_{51})^2}{100 \cdot S_{\text{H}}} \cdot 10^3,$$

$$\Delta Q'_{\text{навл}} = \frac{8 \cdot 3,62^2}{100 \cdot 16} \cdot 10^3 = 471,013 \text{ квар},$$

$$\Delta P''_{\text{навл}} = 90 \cdot \left(\frac{9,39}{16}\right)^2 = 17,339 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q''_{\text{навл}} = \frac{8 \cdot 9,39^2}{100 \cdot 16} \cdot 10^3 = 246,6 \text{ квар}.$$

Розраховуємо активні та реактивні втрати неробочого ходу в трансформаторі:

$$\Delta P_{\text{пост}} = \Delta P_{\text{нх}} = 23 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{пост}} = \frac{I_{\text{нх}} \cdot S_{\text{н}}}{100},$$

$$\Delta Q_{\text{пост}} = \frac{0,75 \cdot 16}{100} = 120 \text{ квар}.$$

Результати зведемо до таблиці 2.34.

Таблиця 2.34 - Розрахунок для першої групи споживачів [9]

S ₅								
	n _{1діб}				n _{2діб}			
Ступінь	$\Delta P'_{\text{навл}}$, кВт	$\Delta P_{\text{пост}}$, кВт	$\Delta Q'_{\text{навл}}$, квар	$\Delta Q_{\text{пост}}$, квар	$\Delta P''_{\text{навл}}$, кВт	$\Delta P_{\text{пост}}$, кВт	$\Delta Q''_{\text{навл}}$, квар	$\Delta Q_{\text{пост}}$, квар
1	33,118	23	471,013	120	8,2	23	116,64	120
2	54,746	23	778,613	120	4,61	23	65,52	120
3	67,588	23	961,250	120	25,16	23	357,86	120
4	24,332	23	346,050	120	41,51	23	590,78	120

Розрахунок групи споживачів S₆ проводимо аналогічно. Результати розрахунку зведемо до таблиці 2.35.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

Таблиця 2.35 - Розрахунок для S₆ [9]

S ₆								
	n _{1діб}				n _{2діб}			
Ступінь	$\Delta P'_{\text{нав}}$, кВт	$\Delta P_{\text{пост}}$ кВт	$\Delta Q'_{\text{нав}}$ квар	$\Delta Q_{\text{пост}}$ квар	$\Delta P''_{\text{нав}}$, кВт	$\Delta P_{\text{пост}}$ кВт	$\Delta Q''_{\text{нав}}$ квар	$\Delta Q_{\text{пост}}$ квар
1	17,339	23	246,6	120	30,825	23	438,4	120
2	1,927	23	27,4	120	12,041	23	171,25	120
3	23,6	23	335,65	120	17,339	23	246,6	120
4	39,013	23	554,85	120	48,164	23	685	120

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P'_{\text{нав}} + \Delta P_{\text{пост}},$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 4,61 + 23 = 56,118 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q'_{\text{нав}} + \Delta Q_{\text{пост}},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 65,52 + 120 = 591,013 \text{ квар}.$$

Результати зведемо до таблиці 2.36.

Таблиця 2.36 - Втрати навантаження в трансформаторах [9]

S ₅				S ₆			
n _{1діб}		n _{2діб}		n _{1діб}		n _{2діб}	
$\Delta P_{\text{тр}}$	$\Delta Q_{\text{тр}}$	$\Delta P_{\text{тр}}$	$\Delta Q_{\text{тр}}$	$\Delta P_{\text{тр}}$	$\Delta Q_{\text{тр}}$	$\Delta P_{\text{тр}}$	$\Delta Q_{\text{тр}}$
56,118	591,013	47,332	446,05	40,339	366,6	53,825	558,4
77,746	898,613	66,256	735,2	24,927	147,4	35,041	291,25
90,588	1081,25	56,118	591,013	46,6	455,65	40,339	366,6
47,332	466,05	33,814	273,8	62,013	674,85	71,164	805

Визначимо втрати електроенергії в трансформаторах для S5:

$$\Delta A_{PT5} = ((\Sigma \Delta P'_{\text{наб}(n_1)}) \cdot n_1 \cdot 6 + (\Sigma \Delta P''_{\text{наб}(n_2)}) \cdot n_2 \cdot 6) + \Delta P_{\text{пост}} \cdot ((n_1 + n_2) \cdot 24),$$

$$\Delta A_{PT5} = ((27,61 + 35,83 + 74,3 + 55,87) \cdot 240 \cdot 6 + (31,2 + 27,61 + 48,16 + 64,54) \cdot 110 \cdot 6) + 23 \cdot ((240 + 110) \cdot 24) = 501193,2 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$\Delta A_{QT5} = ((\Sigma \Delta Q'_{\text{наб}(n_1)}) \cdot n_1 \cdot 6 + (\Sigma \Delta Q''_{\text{наб}(n_2)}) \cdot n_2 \cdot 6) + \Delta Q_{\text{пост}} \cdot ((n_1 + n_2) \cdot 24),$$

$$\Delta A_{QT5} = ((185,52 + 302,41 + 849,63 + 587,54) \cdot 240 \cdot 6 + (236,64 + 185,52 + 477,86 + 710,78) \cdot 110 \cdot 6) + 120 \cdot ((240 + 110) \cdot 24) = 5438054 \text{ квар} \cdot \text{год}.$$

Аналогічно розраховуємо для S6 та занесемо в таблицю 2.37

Таблиця 2.37 – зведені значення втрат електричної енергії для трансформаторів

	S5	S6
ΔA_{PT} , кВт · год	501193,19	375375,4
ΔA_{QT} , квар · год	5438054,3	3648645

Визначимо потужність, що надходить на шини трансформаторів 35/10кВ з врахуванням втрат потужності [9]:

$$P_{5BH} = P'_{51} + \Delta P_{TP} \cdot 10^{-3},$$

$$P_{5BH} = 3,3 + 27,6 \cdot 10^{-3} = 8,806 \text{ МВт},$$

$$Q_{5BH} = Q'_{51} + \Delta Q_{TP} \cdot 10^{-3},$$

$$Q_{5BH} = 1,5 + 185,52 \cdot 10^{-3} = 4,791 \text{ Мвар},$$

$$S_{5BH} = \sqrt{P_{5BH}^2 + Q_{5BH}^2},$$

$$S_{5\text{BH}} = \sqrt{3,33^2 + 1,69^2} = 10,025 \text{ МВА.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.38.,2.39.

Таблиця 2.38 – Потужність, що надходить на шини трансформаторів 35/10кВ [9]

S_5					
$n_{1\text{дiб}}$			$n_{2\text{дiб}}$		
$P_{5\text{BH}}, \text{ МВт}$	$Q_{5\text{BH}}, \text{ Мвар}$	$S_{5\text{BH}}, \text{ МВА}$	$P_{5\text{BH}}, \text{ МВт}$	$Q_{5\text{BH}}, \text{ Мвар}$	$S_{5\text{BH}}, \text{ МВА}$
8,806	4,791	10,025	7,547	4,066	8,573
11,328	6,299	12,961	10,066	5,535	11,488
12,591	7,081	14,445	8,806	4,791	10,025
7,547	4,066	8,573	5,034	2,674	5,7

Таблиця 2.39 – Потужність, що надходить на шини трансформаторів 35/10кВ [9]

S_6					
$n_{1\text{дiб}}$			$n_{2\text{дiб}}$		
$P_{6\text{BH}}, \text{ МВт}$	$Q_{6\text{BH}}, \text{ Мвар}$	$S_{6\text{BH}}, \text{ МВА}$	$P_{6\text{BH}}, \text{ МВт}$	$Q_{6\text{BH}}, \text{ Мвар}$	$S_{6\text{BH}}, \text{ МВА}$
6,64	2,767	7,194	8,854	3,758	9,619
2,225	0,947	2,418	5,535	2,291	5,991
7,747	3,256	8,403	6,64	2,767	7,194
9,962	4,275	10,84	11,071	4,805	12,069

Погонні опори для заданного переріз у повітряної лінії [9]:

$$r_0 = 0,249 \text{ Ом/км,}$$

$$x_0 = 0,414 \text{ Ом/км.}$$

Оскільки лінії Л6 та Л7 паралельні, то навантаження на них буде розподілятися рівномірно.

Визначимо активні й реактивні втрати потужності в лінії:

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

$$P_{\Sigma Л} = P_{5BH} + P_{6BH},$$

$$P_{\Sigma Л} = 3,33 + 8,45 = 15,45 \text{ кВт},$$

$$Q_{\Sigma Л} = Q_{5BH} + Q_{6BH},$$

$$Q_{\Sigma Л} = 1,69 + 4,76 = 7,56 \text{ квар.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.40.

Таблиця 2.40 – Сумарна потужність, яка проходить по лініях Л6 та Л7 [9]

$n_{1\text{діб}}$		$n_{2\text{діб}}$	
$P_{\Sigma Л}, \text{ кВт}$	$Q_{\Sigma Л}, \text{ квар}$	$P_{\Sigma Л}, \text{ кВт}$	$Q_{\Sigma Л}, \text{ квар}$
15,45	7,56	16,4	7,82
13,55	7,25	15,6	7,83
20,34	10,34	15,45	7,56
17,51	8,34	16,1	7,48

Визначимо втрати активної та реактивної енергії в лініях:

$$A_{PЛ} = \frac{((P_{Л(n_1)}^2 + Q_{Л(n_1)}^2) \cdot n_1 \cdot 6 + (P_{Л(n_2)}^2 + Q_{Л(n_2)}^2) \cdot n_2 \cdot 6) \cdot r_0 \cdot L}{U_n^2},$$

$$A_{PЛ} = \frac{(8732,89 \cdot 240 + 6096,08 \cdot 110) \cdot 0,25 \cdot 30}{35^2} = 8456596,36 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$A_{QЛ} = \frac{(\Sigma(P_{Л(n_1)}^2 + Q_{Л(n_1)}^2) \cdot n_1 \cdot 6 + \Sigma(P_{Л(n_2)}^2 + Q_{Л(n_2)}^2) \cdot n_2 \cdot 6) \cdot x_0 \cdot L}{U_n^2},$$

$$A_{QЛ} = \frac{(8732,89 \cdot 240 + 6096,08 \cdot 110) \cdot 0,41 \cdot 30}{35^2} = 14050772,13 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Знайдемо сумарні втрати електроенергії:

$$\Delta A_{\Sigma P} = \Delta A_{PЛ} + \Delta A_{PТ5} + \Delta A_{PТ6},$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

$$\Delta A_{\Sigma P} = 16881290,17 + 392055,42 + 486280,48 = 9333164,96 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$\Delta A_{\Sigma Q} = \Delta A_{Q/I} + \Delta A_{Q_{T5}} + \Delta A_{Q_{T6}},$$

$$\Delta A_{\Sigma Q} = 14050772,13 + 3648645 + 5438054 = 23137471,13 \text{ квар} \cdot \text{год}.$$

2.6.2 Метод середніх навантажень

Розрахунок числа годин максимальних втрат в лініях [9]:

$$T_{\max} = \frac{A_{P/I}}{P_{\max}},$$

$$T_{\max} = \frac{74800}{12,75} = 5866,67 \text{ год}.$$

Розрахуємо тривалість роботи лінії:

$$T_{\text{рл}} = (n_1 + n_2) \cdot 24,$$

$$T_{\text{рл}} = (240 + 110) \cdot 24 = 8160 \text{ год}.$$

Розрахуємо середнє навантаження на лінії [9]:

$$P_{\text{сер}} = \frac{A_{P/I}}{T_p},$$

$$P_{\text{сер}} = \frac{57882}{8400} = 9,17 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{сер}} = \frac{A_{Q/I}}{T_p},$$

$$Q_{\text{сер}} = \frac{26310}{8400} = 4,41 \text{ квар}.$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо коефіцієнт заповнення:

$$K_3 = \frac{P_{\max.л}}{P_{\text{сер}}},$$

$$K_3 = \frac{6,89}{11} = 0,72.$$

Розраховуємо коефіцієнт форми двома способами [9]:

$$K_{f(1)} = \frac{1 + 2 \cdot K_3}{3 \cdot K_3},$$

$$K_{f(1)} = \frac{1 + 2 \cdot 0,63}{3 \cdot 0,63} = 1,13,$$

$$K_{f(2)} = \left(\frac{1090}{K_3} + 0,876 \right)^2,$$

$$K_{f(2)} = \left(\frac{1090}{0,63} + 0,876 \right)^2 = 1,13.$$

Розрахунок втрат електричної енергії в лініях [9]:

$$\Delta A_{Pл} = \frac{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot \frac{r_0}{2} \cdot L \cdot K_f \cdot T_{\text{пл}},$$

$$\Delta A_{Pл} = \frac{7,31^2 + 4,29^2}{35^2} \cdot 0,249 \cdot 30 \cdot 1,13 \cdot 8400 = 2912328,94 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$\Delta A_{Qл} = \frac{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot x_0 \cdot L \cdot K_f \cdot T_{\text{пл}},$$

$$\Delta A_{Pл} = \frac{7,31^2 + 4,29^2}{35^2} \cdot 0,41 \cdot 30 \cdot 1,13 \cdot 8400 = 7392487,09 \text{ квар} \cdot \text{год}.$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок втрат електричної енергії в трансформатора Т1 [9]:

$$T_{maxT1} = \frac{A_{PT1}}{P_{maxT1}},$$

$$T_{maxT2} = \frac{57882}{11} = 5262 \text{ год},$$

$$T_{PT1} = (n_1 + n_2) \cdot 24,$$

$$T_{PT1} = (240 + 110) \cdot 24 = 8400 \text{ год},$$

$$P_{сep} = \frac{A_{PT1}}{T_p},$$

$$P_{сep} = \frac{57882}{8400} = 6,89 \text{ кВт},$$

$$Q_{сep} = \frac{A_{qT1}}{T_p},$$

$$Q_{сep} = \frac{26310}{8400} = 3,13 \text{ квар},$$

$$K_3 = \frac{P_{maxT1}}{P_{сep}},$$

$$K_3 = \frac{6,89}{11} = 0,63,$$

$$K_{f(1)} = \frac{1 + 2 \cdot K_3}{3 \cdot K_3},$$

$$K_{f(1)} = \frac{1 + 2 \cdot 0,63}{3 \cdot 0,63} = 1,2,$$

$$K_{f(2)} = \left(\frac{1090}{K_3} + 0,876 \right)^2,$$

$$K_{f(2)} = \left(\frac{1090}{0,63} + 0,876 \right)^2 = 1,17,$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta A_{T1} = \Delta P_{\kappa} \frac{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}{S_{\text{н}}^2} \cdot K_f \cdot T_p + \Delta P_{\text{н.х}} \cdot T_p,$$

$$\Delta A_{P_{T1}} = 90 \cdot \frac{6,89^2 + 3,13^2}{16^2} \cdot 1,12 \cdot 8400 + 23 \cdot 8400 = 396023,67 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$\Delta A_{Q_{T1}} = \frac{U_{\kappa}}{100} \cdot \frac{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}{S_{\text{н}}^2} \cdot K_f \cdot T_p + \frac{I_{\text{н.х}}}{100} \cdot T_p,$$

$$\Delta A_{Q_{T1}} = \frac{8}{100} \cdot \frac{6,89^2 + 3,13^2}{16^2} \cdot 1,12 \cdot 8400 + \frac{0,75}{100} \cdot 8400 = 3892600 \text{ квар} \cdot \text{год}.$$

Аналогічно розрахуємо втрати електричної енергії для Т2 [9]:

$$T_{\max T2} = \frac{A_{P_{T2}}}{P_{\max T2}},$$

$$T_{\max T2} = \frac{71640}{12} = 5970 \text{ год},$$

$$T_{\text{пр}2} = (n_1 + n_2) \cdot 24,$$

$$T_{\text{пр}2} = (240 + 110) \cdot 24 = 8400 \text{ год},$$

$$P_{\text{сеп}} = \frac{A_{\text{пр}2}}{T_p},$$

$$P_{\text{сеп}} = \frac{71640}{8400} = 8,53 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{сеп}} = \frac{A_{q_{T2}}}{T_p},$$

$$Q_{\text{сеп}} = \frac{35820}{8400} = 4,26 \text{ квар},$$

$$K_3 = \frac{P_{\max T2}}{P_{\text{сеп}}},$$

$$K_3 = \frac{8,53}{12} = 0,71,$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{f(1)} = \frac{1 + 2 \cdot K_3}{3 \cdot K_3},$$

$$K_{f(1)} = \frac{1 + 2 \cdot 0,71}{3 \cdot 0,71} = 1,14,$$

$$K_{f(2)} = \left(\frac{1090}{K_3} + 0,876 \right)^2,$$

$$K_{f(2)} = \left(\frac{1090}{0,71} + 0,876 \right)^2 = 1,12,$$

$$\Delta A_{P\tau 2} = \Delta P_{\kappa} \frac{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}{S_{\text{н}}^2} \cdot K_f \cdot T_p + \Delta P_{\text{н.х}} \cdot T_p,$$

$$\Delta A_{P\tau 2} = 90 \cdot \frac{8,53^2 + 4,26^2}{16^2} \cdot 1,14 \cdot 8400 + 23 \cdot 8400 = 498129,74 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$\Delta A_{Q\tau 2} = \frac{U_{\kappa}}{100} \cdot \frac{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}{S_{\text{н}}} \cdot K_f \cdot T_p + \frac{I_{\text{н.х}}}{100} \cdot T_p,$$

$$\Delta A_{Q\tau 2} = \frac{8}{100} \cdot \frac{8,53^2 + 4,26^2}{16} \cdot 1,14 \cdot 8400 + \frac{0,75}{100} \cdot 8400 = 5344780 \text{ квар} \cdot \text{год}.$$

Знайдемо сумарні втрати електроенергії [9]:

$$\Delta A_{\Sigma P} = \Delta A_{P\tau 6} + \Delta A_{P\tau 7} + \Delta A_{P\tau 1} + \Delta A_{P\tau 2},$$

$$\Delta A_{\Sigma P} = 396023,67 + 498129,74 + 4449241,57 + 4349457,41 = 9692852,39 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$\Delta A_{\Sigma Q} = \Delta A_{Q\tau 6} + \Delta A_{Q\tau 7} + \Delta A_{Q\tau 5} + \Delta A_{Q\tau 6},$$

$$\Delta A_{\Sigma Q} = 3892600 + 5344780 + 7392487,09 + 7226694,09 = 23856561,18 \text{ кВт} \cdot \text{вар}.$$

Результати проведених за двома методами розрахунків зведемо до таблиці 2.41 (при цьому будемо вважати еталонним методом - метод поелементних розрахунків):

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.41- Результати проведених за двома методами розрахунків[9]

Метод поелементних розрахунків	$\Delta A_p, \text{кВат} \cdot \text{год}$	$\Delta A_Q, \text{кВат} \cdot \text{год}$	Розрахункова похибка, %	
	6727200,38	19133873,64	активні	реактивні
Метод найбільших втрат	17759626,07		0,66	0,57

2.6.3 Вибір комутаційної апаратури розподільчої мережі

2.6.3.1 Вибір апаратури живлячої мережі

Номинальні параметри обраних апаратів (I,U) повинні відповідати розрахунковим величинам у нормальному і післяаварійному режимах, а також КЗ.

Вибираючи їх, проводимо порівняння розрахункових величин з каталожними даними. Тому для забезпечення надійності і безперервності роботи розрахункові величини повинні бути рівними чи менше допустимих (за каталогами) [12, 13,14].

Забезпечення надходження електроенергії від джерела живлення (ДЖ) до РП, здійснюється за допомогою двох ПЛ АС 120, відстань від ДЖ до РП становить 30 км. До РП приєднані два ТДТН-80000/110. Кожен з трансформаторів живить повітряна лінія.

Зі сторони високої напруги (ВН) кожного трансформатора, знаходяться два силових вимикачі типу ВЭКТ-110-40/2000У1.

Зі середньої напруги (СН) кожного трансформатора, знаходяться два силових вимикачі типу ВБ4-П-35 У1.

Зі сторони низької напруги (НН) трансформаторів, також знаходиться силовий вимикач типу ВР2-10/1600-31,5УЗ.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

2.6.4 Вибір апаратури розподільчої мережі

До складу розподільчої мережі входить РП 10 кВ, яка розділяється на 2 секції. Секції з'єднані між собою за допомогою АВР, який виконано у вигляді з'єднання двох роз'єднувачів типу РВЗ-10/630 УХЛ2 та силового вимикача ВР2-10/1600-31,5УЗ.

Кожна з секцій забезпечена трансформаторами власних потреб (ТВП) типу НТМИ – 10 – 66УЗ. До складу захисту ТВП входить роз'єднувач типу РЛК – 10.IV/400 УХЛ1.

До першої та другої секції шин РП приєднані 3 та 2 КЛ відповідно. Оскільки в кожній КЛ навантаження приблизно однакове, то для захисту кожної з КЛ використовуються два роз'єднувача типу РВЗ-10/630 УХЛ2 та силовий вимикач ВР2-10/1600-31,5УЗ.

Кожна Л має певну кількість споживачів, кожен з трансформаторів споживачів, захищений за допомогою роз'єднувачів типу РЛК.

2.7 Розрахунок струмів короткого замикання та перевірка вибраних комутаційних апаратів і живлячих провідників за умов короткого замикання

Основною причиною порушення нормального режиму роботи систем електропостачання є виникнення короткого замикання (КЗ) в мережі або в елементах електрообладнання внаслідок пошкодження ізоляції або неправильних дій обслуговуючого персоналу.

Мета розрахунку струмів КЗ – забезпечення динамічної та термічної стійкості струмоведучих та інших елементів СЕП в аварійних режимах роботи. Методики розрахунків струмів КЗ поділені на два види: вище 1кВ і нижче 1кВ. Розрахунок струмів короткого замикання виконується для найбільш характерних точок, в яких передбачається встановлення апаратів захисту.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1 кВ

2.7.1.1 Вихідні дані для розрахунку

Вихідними даними для розрахунку струмів короткого замикання є прийнята схема електропостачання (лист 1 графічної частини ДП). Складаємо розрахункову схему, яка зображена на рисунку 2.9 Система як джерело живлення задана значенням потужності короткого замикання $S_{кз}$ та індуктивним опором у відносних номінальних одиницях.

Вихідні дані розрахункової схеми:

- С: $S_{кз} = 7000 \text{ МВА}$; $X_{с*н} = 0,15$; $U_c = 115 \text{ кВ}$
- Т1: ТДТН-80000/110; $S_{нт} = 80 \text{ МВА}$; $U_{вн} = 115 \text{ кВ}$; $U_{сн} = 37 \text{ кВ}$; $U_{нн} = 10,5 \text{ кВ}$; укв-с=10%; укв-н=18%; укс-н=7%; з'єднання обмоток: УН/Д/У.
- ПЛ1: АС-120, $l = 10 \text{ км}$, $X_{01} = 0,427 \text{ Ом/км}$, $R_{01} = 0,249 \text{ Ом/км}$;
- ПЛ2: АС-120, $l = 15 \text{ км}$, $X_{01} = 0,427 \text{ Ом/км}$, $R_{01} = 0,249 \text{ Ом/км}$;
- КЛ1: АПвП 3х185, $l = 1,4 \text{ км}$, $X_{01} = 0,077 \text{ Ом/км}$, $R_{01} = 0,164 \text{ Ом/км}$;
- КЛ2: АПвП 3х50, $l = 0,8 \text{ км}$, $X_{02} = 0,095 \text{ Ом/км}$, $R_{02} = 0,868 \text{ Ом/км}$;

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

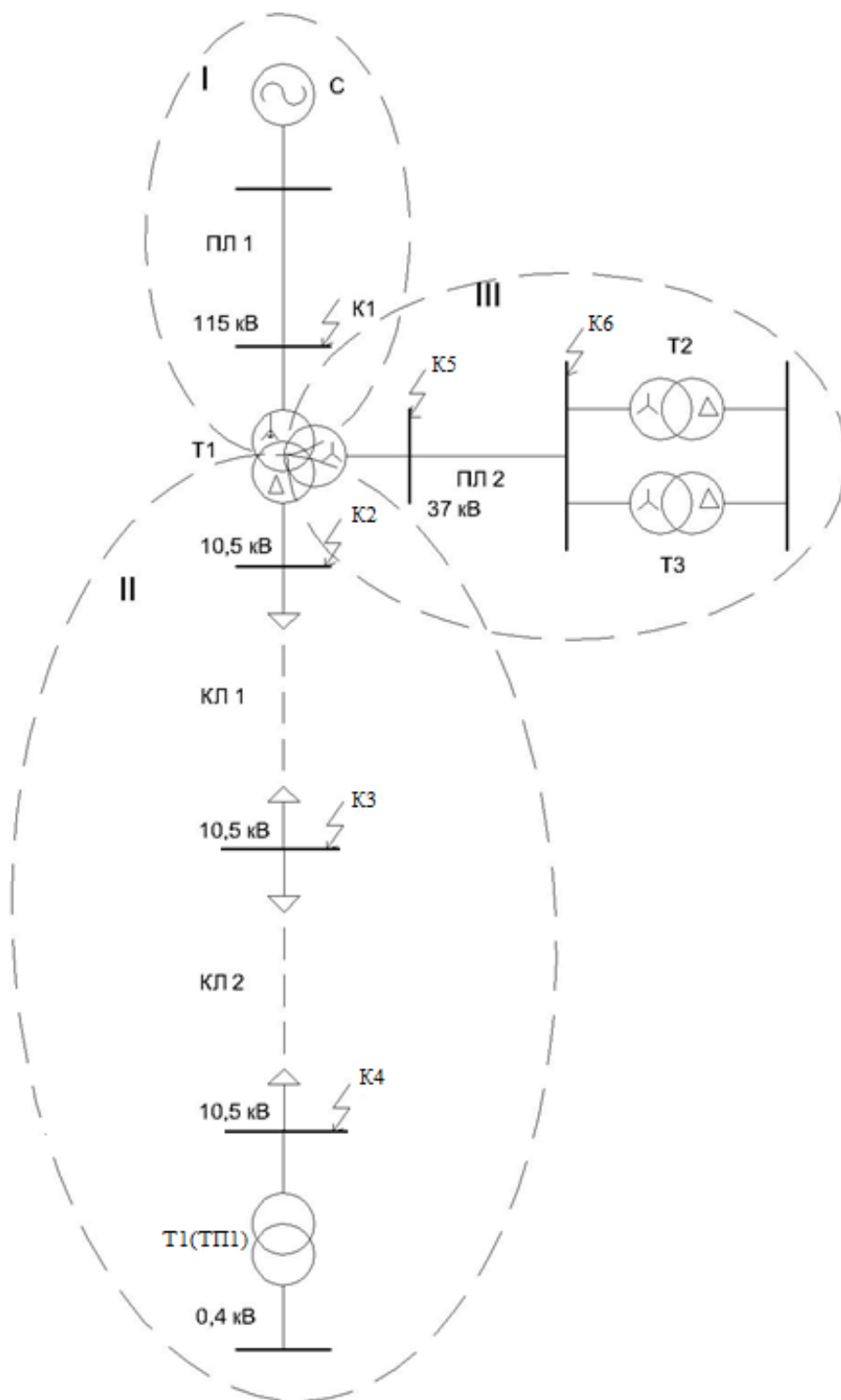


Рисунок 2.9– Розрахункова схема

2.7.1.2 Розрахунок параметрів елементів схеми заміщення

Розраховуємо опори елементів схеми заміщення за наближеним зведенням в абсолютних одиницях. За базисну напругу приймаємо $U_b = 115$ кВ.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

По розрахунковій схемі складають схему заміщення, що наведена на рисунку 2.10 , яку вносять опори всіх елементів, що знаходяться між джерелом живлення й місцями КЗ.

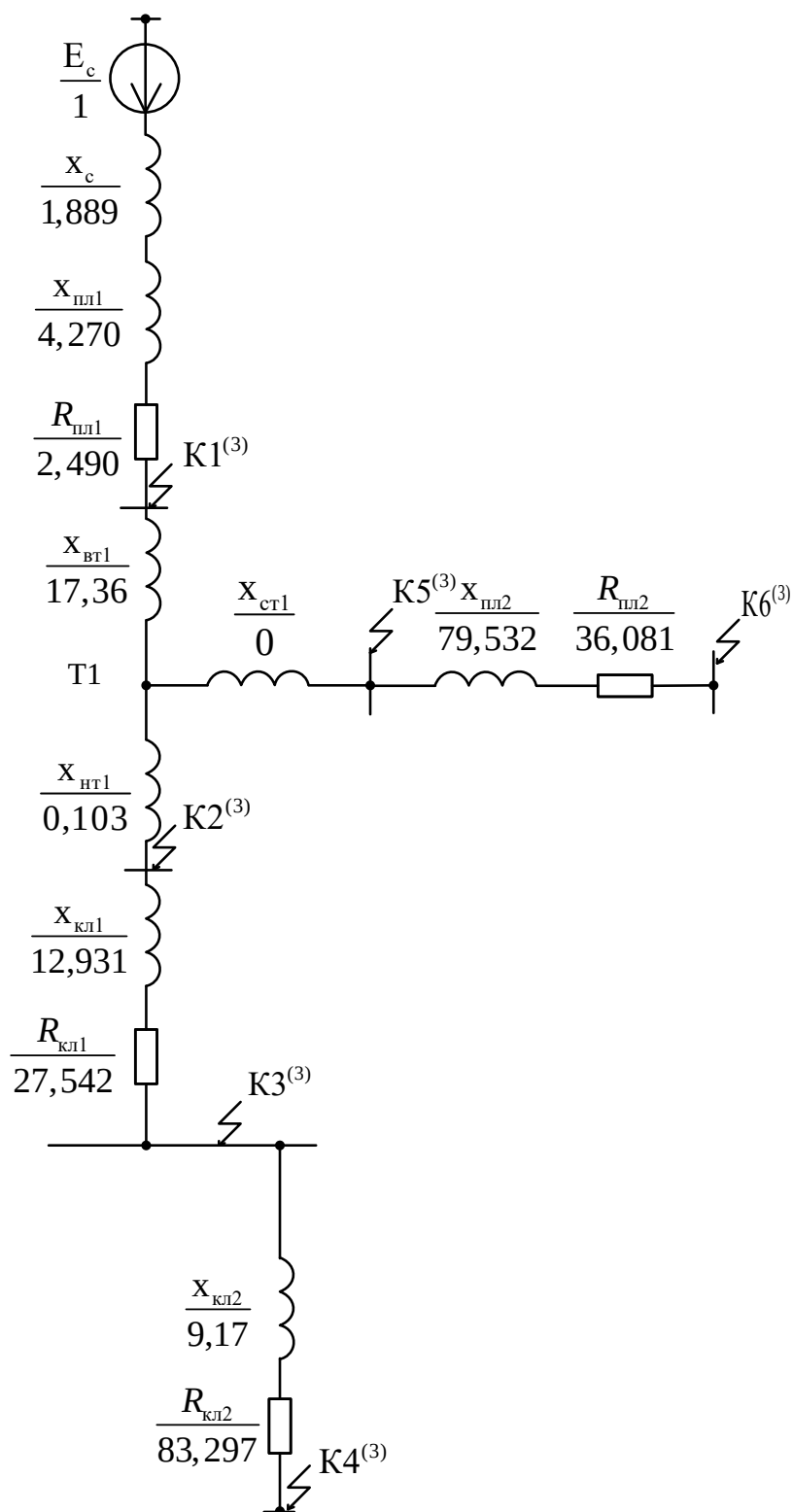


Рисунок 2.10 – Схема заміщення

Розрахуємо ЕРС та опори системи за формулами:

$$E_c = \frac{U_n}{\sqrt{3}};$$

$$E_c = \frac{115}{\sqrt{3}} = 66,4$$

$$X_c = \frac{U_n^2}{S_{kc}};$$

$$X_c = \frac{115^2}{7000} = 1,889 \text{ Ом}$$

Активний та реактивний опори лінії розраховуються наступним чином:

$$R_{\text{л}} = r_0 \cdot l_{\text{л}},$$

$$X_{\text{л}} = x_0 \cdot l.$$

Розраховуємо активний і індуктивний опори ПЛ1

$$R_{\text{ПЛ1}} = 0,249 \cdot 10 = 2,490$$

$$X_{\text{ПЛ1}} = 0,427 \cdot 10 = 4,27.$$

Розраховуємо активний і індуктивний опори ПЛ2

$$R_{\text{ПЛ2}} = r_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_1}{U_3} \right)^2 = 0,249 \cdot 10 \cdot \left(\frac{115}{37} \right)^2 = 36,081 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{ПЛ2}} = x_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 = 0,427 \cdot 10 \cdot \left(\frac{115}{37} \right)^2 = 79,532 \text{ Ом}.$$

Розраховуємо активний і індуктивний опори КЛ2

$$R_{\text{КЛ2}} = r_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 = 0,868 \cdot 0,8 \cdot \left(\frac{115}{10,5} \right)^2 = 83,297 \text{ Ом},$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

$$X_{\text{КЛ2}} = x_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 = 0,095 \cdot 0,8 \cdot \left(\frac{115}{10,5} \right)^2 = 9,117 \text{ Ом.}$$

Аналогічні розрахунки інших ПЛ та КЛ заносимо до таблиці 2.42

Таблиця 2.42 – Опори ПЛ та КЛ

Лінія	$R_{\text{л}}$	$X_{\text{л}}$
ПЛ1	2,490	4,270
ПЛ2	36,081	79,532
КЛ1	27,542	12,931
КЛ2	83,297	9,117

Опори трансформатора Т1:

$$X_{\text{ВТ}} = \frac{u_{\text{КВ-С}\%} + u_{\text{КВ-Н}\%} - u_{\text{КС-Н}\%}}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{U_{\text{Н}}^2}{S_{\text{Н}}};$$

$$X_{\text{НТ}} = \frac{u_{\text{КВ-Н}\%} + u_{\text{КС-Н}\%} - u_{\text{КВ-С}\%}}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{U_{\text{Н}}^2}{S_{\text{Н}}};$$

$$X_{\text{СТ}} = \frac{u_{\text{КВ-С}\%} + u_{\text{КС-Н}\%} - u_{\text{КВ-Н}\%}}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{U_{\text{Н}}^2}{S_{\text{Н}}}.$$

Отримуємо:

$$X_{\text{ВТ}} = \frac{10 + 18 - 7}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{115^2}{80} = 17,36;$$

$$X_{\text{НТ}} = \frac{18 + 7 - 10}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{10,5^2}{80} = 0,103;$$

$$X_{\text{СТ}} = \frac{10 + 7 - 18}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{37^2}{80} = -0,086 \approx 0.$$

2.7.1.3 Розрахунок струмів трифазного КЗ

Еквівалентуємо схему заміщення відносно точок КЗ.

Еквівалентні активний і реактивний опори до точки К1 розрахуємо за формулами:

$$X_{\Sigma 1} = X_c + X_{пл1},$$

$$R_{\Sigma 1} = R_{пл1},$$

Підставивши відповідні значення в формули отримаємо:

$$X_{\Sigma 1} = 1,889 + 4,270 = 6,159 \text{ Ом},$$

$$R_{\Sigma 1} = 2,490 \text{ Ом}.$$

Розрахунки сумарних опорів для всіх точок зведемо в таблицю 2.7.2

Враховуючи велику електричну віддаленість точок КЗ від системи, періодична складова струму КЗ приймається незатухаючою і визначається за формулою:

$$I_i'' = I_{it} = I_{i\infty} = \frac{E_c}{\sqrt{R_{\Sigma i}^2 + X_{\Sigma i}^2}},$$

де $I_i'', I_{it}, I_{i\infty}$ – діючі значення відповідно надперехідного струму, періодичного складника струму КЗ для довільного моменту часу t та усталеного струму трифазного КЗ для i -ої точки КЗ, кА.

Для точки К1:

$$I_1'' = \frac{66,4}{\sqrt{2,490^2 + 6,159^2}} = 9,994 \text{ кА}.$$

Здійснимо розрахунки діючих значень надперехідного струму трифазного КЗ для всіх точок і зведемо в таблицю 1.26.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

Постійну часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання визначається за формулою:

$$T_{aki} = \frac{x_{\Sigma i}}{\omega \cdot r_{\Sigma i}}.$$

Для точки К1:

$$T_{ak1} = \frac{6,159}{314 \cdot 2,490} = 0,00788 \text{ с.}$$

Ударний коефіцієнт визначається за формулою:

$$k_{уди} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{aki}}}.$$

Для точки К1:

$$k_{уд1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,00788}} = 1,281.$$

Ударний струм КЗ визначається за формулою:

$$i_{уди} = \sqrt{2} \cdot k_{уди} \cdot I_i''.$$

Для точки К1:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,281 \cdot 9,994 = 5,333 \text{ кА.}$$

Найбільші діючі значення повного струму короткого замикання визначаються за формулою:

$$I_{ди} = I_i'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уди} - 1)^2}.$$

Для точки К1:

$$I_{д1} = 9,994 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,281 - 1)^2} = 10,754 \text{ кА.}$$

Розрахуємо значення теплового імпульсу:

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{ki} = I_i^2 \cdot (T_{aki} + t_{відімк}),$$

де, $t_{відімк} = t_z + t_{вим} = 0,1 + 0,08 = 0,18$ с – час від початку КЗ до його вимикання.

Здійснимо розрахунки теплового імпульсу:

$$B_{ki} = 9,994^2 \cdot (0,18 + 0,00788) = 18,765 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Еквівалентні активний і реактивний опори до точки К4 розрахуємо за формулами:

$$X_{\Sigma 4} = X_c + X_{пл1} + X_T + X_{кл1} + X_{кл2} = 1,889 + 4,270 + 17,36 + 0,103 + 12,931 + 9,117 = 45,670 \text{ Ом},$$

$$R_{\Sigma 4} = R_{пл1} + R_{кл1} + R_{кл2} = 2,490 + 27,542 + 83,297 = 113,328 \text{ Ом}.$$

Періодична складова струму КЗ для точки К4:

$$I_4^{''115} = \frac{66,4}{\sqrt{45,670^2 + 113,328^2}} = 0,543 \text{ кА},$$

$$I_4^{''10,5} = I_4^{''115} \cdot \left(\frac{U_1}{U_2} \right) = 0,543 \cdot \frac{115}{10,5} = 5,952 \text{ кА}.$$

Розрахуємо постійну часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання для К4:

$$T_{ак4} = \frac{45,670}{314 \cdot 113,328} = 0,00128 \text{ с}.$$

Ударний коефіцієнт для точки К4:

$$k_{уд4} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,00128}} = 1.$$

Ударний струм КЗ для точки К4:

$$i_{уд4} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 5,952 = 8,420 \text{ кА}.$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільше діюче значення повного струму короткого замикання для точки К4:

$$I_{y4} = 5,952 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1-1)^2} = 5,952 \text{ кА.}$$

Значення теплового імпульсу для точки К4:

$$B_{к4} = 5,952^2 \cdot (0,00128 + 0,18) = 6,421 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Аналогічно здійснимо розрахунки для всіх точок та зведемо в таблицю 2.43

Таблиця 2.43 – Результати розрахунків струмів трифазного КЗ

Точка	$R_{\Sigma i}$	$X_{\Sigma i}$	I''_i , кА	T_{aki} , с	$k_{уді}$	$i_{уді}$, кА	$I_{ді}$, кА	$B_{кі}$, кА ² ·с
К1	2,490	6,159	9,994	0,00788	1,281	18,105	10,754	18,765
К2	2,490	23,622	30,614	0,03021	1,718	74,390	43,637	197,019
К3	30,032	36,553	15,371	0,00388	1,076	23,386	15,459	43,446
К4	113,328	45,670	5,952	0,00128	1,000	8,420	5,952	6,421
К5	2,49	23,519	8,725	0,03008	1,717	21,189	12,428	15,994
К6	38,571	103,051	1,875	0,00851	1,309	3,471	2,046	0,663

2.7.1.4 Розрахунок однофазного короткого замикання

Однофазне коротке замикання - коротке замикання на землю в трифазній електроенергетичній системі з глухо- або ефективно заземленими нейтралями силових елементів, при якому з землею з'єднується тільки одна фаза.

Для розрахунку однофазного КЗ виникає необхідність складання схем заміщення прямої, зворотної і нульової послідовності. У схемах заміщення

вказується тільки ЕРС прямої послідовності джерел живлення і симетричні складові напруги в місці КЗ.

Зробимо розрахунок струму однофазного КЗ на стороні 110 кВ (т. К1).

Схема заміщення прямої послідовності зображена на рисунку 2.11 Значення опорів такі ж як і для трифазного КЗ.

Розрахуємо еквівалентний опір прямої послідовності:

$$X_{рез1} = X_c + X_{пл1},$$

Підставивши відповідні значення в формули отримаємо:

$$X_{рез1} = 1,889 + 4,270 = 6,159 \text{ Ом},$$

$$R_{рез1} = R_{пл1} = 2,490 \text{ Ом}.$$

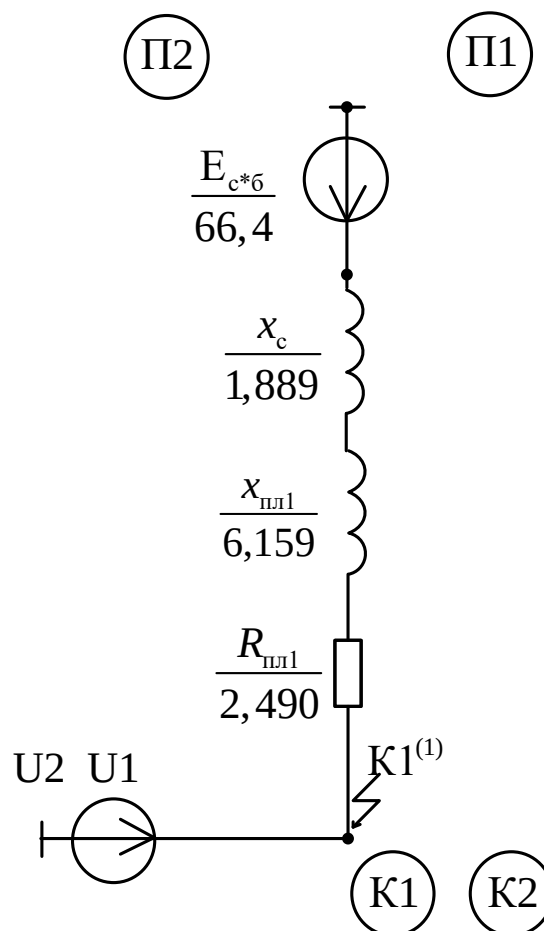


Рисунок 2.11 – СЗ прямої та зворотної послідовності

Схема заміщення зворотної послідовності така ж, як і схема прямої послідовності, тільки без ЕРС.

Розрахуємо еквівалентний опір зворотної послідовності:

$$X_{\Sigma 2} = X_c + X_{\text{пл}1},$$

$$X_{\Sigma 2} = 1,889 + 4,270 = 6,159 \text{ Ом},$$

$$R_{\Sigma 2} = R_{\text{пл}1} = 2,490 \text{ Ом}.$$

Оскільки схема з'єднання обмоток трансформатора на ЦЖ Ун/Д/У, то струм нульової послідовності в мережі 10 кВ буде відсутній. Схема заміщення нульової послідовності зображена на рисунку 2.12

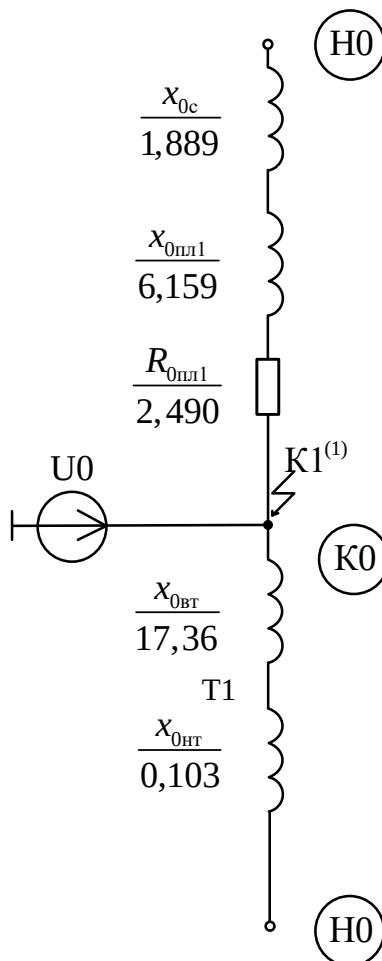


Рисунок 2.12 – СЗ нульової послідовності

Опори елементів СЗ нульової послідовності співпадають з опорами СЗ трифазного КЗ, окрім опорів повітряної лінії, тому розрахуємо їх:

$$X_{0пл1} = 3,5 \cdot X_{01} \cdot l,$$

$$R_{0пл1} = 3,5 \cdot R_{01} \cdot l$$

Підставивши відповідні значення в формули отримаємо:

$$X_{0пл1} = 3,5 \cdot 0,427 \cdot 10 = 14,945 \text{ Ом},$$

$$R_{0пл1} = 3,5 \cdot 0,249 \cdot 10 = 8,715 \text{ Ом}.$$

Еквівалентуємо схему заміщення нульової послідовності до найпростішого вигляду:

Проводимо повне еквівалентування схеми заміщення нульової послідовності до найпростішого вигляду.

Результуючі опори схеми нульової послідовності:

$$X_{0\Sigma} = \frac{X_{0пл1} \cdot (X_{0вт} + X_{0нт})}{X_{0пл1} + X_{0вт} + X_{0нт}},$$

$$R_{0\Sigma} = \frac{R_{0пл1} \cdot (R_{0вт} + R_{0нт})}{R_{0пл1} + R_{0вт} + R_{0нт}}$$

Підставивши відповідні значення в формули отримаємо:

$$X_{0\Sigma} = \frac{14,945 \cdot (17,36 + 0,103)}{14,945 + 17,36 + 0,103} = 8,053 \text{ Ом},$$

$$R_{0\Sigma} = \frac{8,715 \cdot (0 + 0)}{8,715 + 0 + 0} = 0 \text{ Ом}.$$

Визначаємо додатковий опір однофазного КЗ:

$$\Delta X_{\Sigma}^{(1)} = X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma},$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						126
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta R_{\Sigma}^{(1)} = R_{2\Sigma} + R_{0\Sigma}.$$

Підставивши відповідні значення в формули отримаємо:

$$\Delta X_{\Sigma}^{(1)} = 14,945 + 6,159 = 21,104 \text{ Ом},$$

$$\Delta R_{\Sigma}^{(1)} = 2,490 + 0 = 2,490 \text{ Ом}.$$

Розрахуємо струм однофазного КЗ в точці К1 (пошкодженої фази):

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{m^{(1)} E_c}{\sqrt{(X_{1\Sigma} + \Delta X_{\Sigma}^{(1)})^2 + (R_{1\Sigma} + \Delta R_{\Sigma}^{(1)})^2}},$$

де $m^{(1)} = 3$ – для однофазного КЗ.

Підставивши відповідні значення в формулу отримаємо:

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{3 \cdot 66,4}{\sqrt{(6,159 + 21,104)^2 + (2,490 + 2,490)^2}} = 7,187 \text{ кА}.$$

Визначимо постійну часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання:

$$T_{aki} = \frac{X_{\Sigma}^{(1)}}{\omega \cdot R_{\Sigma}^{(1)}}.$$

Отримуємо:

$$T_{aki} = \frac{21,104}{314 \cdot 2,490} = 0,000376 \text{ с}.$$

Розрахуємо ударний коефіцієнт за формулою:

$$k_{yди} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{aki}}}$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримуємо:

$$k_{уд1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,000376}} = 1.$$

Розрахуємо ударний струм:

$$i_{уди} = \sqrt{2} \cdot k_{уди} \cdot I_{K1}^{(1)}.$$

Отримуємо:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 7,187 = 10,164 \text{ кА}.$$

Здійснимо розрахунок найбільшого діючого значення повного струму КЗ за формулою:

$$I_{\partial} = I_{K1}^{(1)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уди} - 1)^2}$$

Отримуємо:

$$I_{y1} = 7,187 \cdot \sqrt{1 + 2(1-1)^2} = 7,187 \text{ кА}.$$

2.7.1.5 Перевірка вибраних комутаційних апаратів і провідників в електричній мережі вище 1 кВ

Номінальні параметри обраних апаратів (I, U) повинні відповідати розрахунковим величинам у нормальному і післяаварійному режимах, а також КЗ. Вибираючи їх, проводимо порівняння розрахункових величин з каталожними даними. Тому для забезпечення надійності і безперервності роботи розрахункові величини повинні бути рівними чи менше допустимих (за каталогом).

Перевірка електричних апаратів здійснюється за двома умовами: на термічну стійкість і електродинамічну стійкість згідно з [8].

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		128

Перевірка апаратів на термічну стійкість здійснюється за умовою:

$$B_k < I_{t.c} \cdot t_{t.c},$$

де, $I_{t.c}$ – струм термічної стійкості апарата, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

$t_{t.c}$ – час термічної стійкості апарата.

Для розрахунку теплового імпульсу скористаємось формулою:

$$B_k = (I_i'')^2 [t_{\text{вим}} + T_a],$$

де $T_a = 0,007 \text{ с}$ - стала часу затухання аперіодичного струму;

$t_{\text{вим}} = 0,18 \text{ с}$ - повний час час відключення КЗ для вимикачів на напругу 10 кВ.

$t_{\text{вим}} = 2 \text{ с}$ - повний час час відключення КЗ для вимикачів на напругу 35..110 кВ.

Проводимо розрахунок теплового імпульсу для вимикача на напругу 110 кВ:

$$B_k = 9,994^2 \cdot (2 + 0,00788) = 101,887 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Тепловий імпульс для вимикача на напругу 35 кВ:

$$B_k = 8,725^2 \cdot (2 + 0,03008) = 78,164 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Тепловий імпульс для вимикача на напругу 10 кВ:

$$B_k = 5,952^2 \cdot (2 + 0,00128) = 37,422 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Перевірка апаратів на електродинамічну стійкість здійснюється за умовами:

$$I_i'' \leq I_{\text{дин}},$$

$$i_{\text{уді}} \leq i_{\text{дин}},$$

де $i_{\text{дин}}$ – динамічний струм КЗ, кА;

$i_{\text{уді}}$ – ударний струм КЗ у місці установки апарата, кА;

$I_{\text{дин}}$ – максимальне діюче значення періодичного складника струму КЗ.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		129

2.7.1.5.1 Перевірка вимикачів у мережі 110, 35, 10 кВ

Вимикачі вибирались по номінальній напрузі та струму , який протікає у нормальному режимі роботи мережі. Перевірка здійснюється за двома умовами: термічної та електродинамічної стійкості.

Порівняння розрахункових і каталожних даних обраних вимикачів наведено в таблиці 2.44.

Таблиця 2.44 – Вибір та перевірка вимикачів.

Напруга	Вимикач	Параметри	Умови перевірки	Розрахункові дані	Каталожні дані
110 кВ	ВЭКТ-110-40/2000У1	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_d$ $I_{п.о} \leq I_d$	18,105 кА 10,754 кА	102 кА 40 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{т.с}^2 t_{т.с}$	101,887 кА ² с	4800 кА ² с
35 кВ	ВБ4-П-35 У1	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_d$ $I_{п.о} \leq I_d$	21,189 кА 12,428 кА	102 кА 20 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{т.с}^2 t_{т.с}$	78,164 кА ² с	2400 кА ² с
10 кВ	ВР2-10/1600-31,5У3	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_d$ $I_{п.о} \leq I_d$	8,420 кА 5,952 кА	80 кА 31,5 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{т.с}^2 t_{т.с}$	37,422 кА ² с	1200 кА ² с

2.7.1.5.2 Перевірка роз'єднувачі у мережі вище 1 кВ

Порівняння розрахункових і каталожних даних обраних апаратів наведено в таблиці 2.45.

Таблиця 2.45 – Вибір та перевірка роз'єднувачів.

Напруга	Роз'єднувач	Параметри	Умови перевірки	Розрахункові дані	Каталожні дані
110 кВ	РДЗ-110Б/1000НУХ Л1	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_d$	18,105 кА	63 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{т.с}^2 t_{т.с}$	101,887 кА ² с	1875 кА ² с
35 кВ	РНД-35/1000 У1	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_d$	21,189 кА	63 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{т.с}^2 t_{т.с}$	78,164 кА ² с	1875 кА ² с
10 кВ	РВЗ-10/630 УХЛ2	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_d$	8,420 кА	50 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{т.с}^2 t_{т.с}$	37,422 кА ² с	2939 кА ² с

2.7.1.6.3 Перевірка перерізів кабелів за умовами термічної стійкості струмам КЗ.

Розрахуємо мінімально допустимий переріз по умові термічної стійкості:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k} \cdot 10^3}{C},$$

Для ПЛ1:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{14,544 \cdot 10^3}}{75} = 50,848 \text{ мм}^2$$

де С– коефіцієнт, відповідний різниці температур провідника до і після КЗ,
 $C=75 \text{ А} \cdot \text{с}/\text{мм}^2$.

$$F_{\min} < F,$$

де F – переріз вибраного кабеля;

$F_{\min}$ – мінімально допустимий переріз по умові термічної стійкості.

Дані про величину теплового імпульсу та мінімальний допустимий переріз кабельних ліній беремо з пункту 2.7.1 Результати перевірки заносимо в таблицю 2.46.

Таблиця 2.46 – Перевірка перерізів кабелів

Лінія	Fпоч, мм2	Bк, кА2·с	Fmin, мм2	Fоб, мм2
ПЛ 1	120	101,887	134,585	120
ПЛ2	120	78,164	117,880	120
КЛ1	185	37,422	81,565	185
КЛ2	35	37,422	81,565	35

Висновки:

Перевірка показала, що кабельна лінія КЛ2 не відповідає умовам термічної стійкості до струмів КЗ, тому було прийнято рішення замінити на АПвП 3×95.

2.7.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережах нижче 1 кВ

В електроустановках змінного струму напругою до 1кВ розрахунок струмів КЗ виконують з метою перевірки комутаційних апаратів та струмопроводів на динамічну стійкість та перевірки чутливості. При напрузі до 1кВ навіть незначний опір суттєво впливає на струм КЗ. Окрім індуктивних опорів важливу роль

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		132

відіграють активні опори. Помітний вплив на величину струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ мають опори збірних шин та їх з'єднань, трансформаторів струму, розмикаючих котушок автоматичних вимикачів та ін. Також помітно впливати можуть опори контактних з'єднань – болтових з'єднань шин, зажимних контактів апаратів, а також перехідний опір контакта в місці КЗ.

Тому при розрахунках необхідно враховувати усі активні та індуктивні опори короткозамкнутого кола. Розрахунок струмів КЗ будемо проводити в іменованих одиницях. Параметри елементів розрахункової схеми приводять до ступеню напруги мережі, на якому розглядається точка КЗ.

Розрахункова схема зображена на рисунку 2.13

Вихідні дані:

Система: враховуємо струмом КЗ

$$I_4^{(3)} = 5,952 \text{ кА}$$

Трансформатор:

тип ТМ-400/10;

$$S_n = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{BH} = 10 \text{ кВ};$$

$$U_{HH} = 0,4 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_{K3} = 5,5 \text{ кВт};$$

$$u_k = 4,5 \%$$

Шини приєднання трансформатора до щита 0,4 кВ: $l_{ш}=5 \text{ м}$; метал – АІ;
гш.о=0,1 Ом/км; хш.о=0,13 Ом/км, $S=80 \times 8 \text{ мм}^2$.

Автоматичні вимикачі : SF; тип АВМ 15П, $I_{ном} = 1500 \text{ А}$.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		133

Активний та індуктивний опори трансформатора струму ТС :

$$r_{TC} = 0,2 \text{ мОм},$$

$$x_{TC} = 0,05 \text{ мОм}.$$

Опори котушок включення автоматичних вимикачів:

$$x_{KB.SF} = 0,08 \text{ мОм}; r_{KB.SF} = 0,08 \text{ мОм}.$$

Опори контактів автоматичних вимикачів:

$$r_{K_{SF}} = 0,14 \text{ мОм}.$$

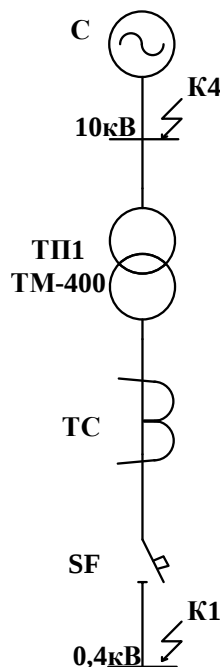


Рисунок 2.13 – Розрахункова схема

Розраховуємо параметри схеми заміщення у іменованих одиницях:

Опір системи розрахуємо за формулою:

$$X_c = \frac{U_{HH}^2}{\sqrt{3} I_4^{(3)} U_{HB}}.$$

Підставимо відповідні значення в формулу і отримаємо:

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		134

$$X_c = \frac{0,4^2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 5,952 \cdot 10} = 1,552 \text{ мОм.}$$

Розрахуємо опори трансформаторів:

$$R_T = \frac{\Delta P_{кз} U_{HH}^2 10^6}{S_H^2},$$

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{u_k}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_H}\right)^2} \frac{U_{HH}^2 10^6}{S_H}.$$

Підставимо значення в формули:

$$R_T = \frac{5,5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{400^2} = 5,5 \text{ мОм,}$$

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{5,5}{400}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2 \cdot 10^6}{400} = 17,139 \text{ мОм.}$$

Опори шин розрахуємо за формулами:

$$R_{ш} = r_{ш.о} l_{ш} 10^3,$$

$$X_{ш} = x_{ш.о} l_{ш} 10^3.$$

Підставимо значення в формули:

$$R_{ш} = 0,1 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,5 \text{ мОм,}$$

$$X_{ш} = 0,13 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,65 \text{ мОм.}$$

Опір болтового контактного з'єднання:

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						135
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{б.к}} = 0,003 \text{ мОм.}$$

2.7.2.1 Розрахунок струму трифазного КЗ

Будуємо схему заміщення для визначення струмів КЗ в точці К4 рисунок

2.14

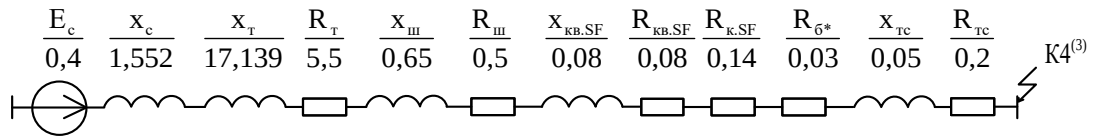


Рисунок 2.14 – Схема заміщення для визначення струмів КЗ

Розрахуємо еквівалентні активний та індуктивний опори :

$$R_{\Sigma K4} = R_T + R_{\text{ш}} + R_{\text{кв.СФ}} + R_{\text{к.СФ}} + R_{\text{б.к}} + R_{\text{тс}} ,$$

$$X_{\Sigma K4} = X_c + X_T + X_{\text{ш}} + X_{\text{кв.СФ}} + X_{\text{тс}} .$$

Підставимо значення в формули і отримаємо:

$$R_{\Sigma K4} = 5,5 + 0,5 + 0,08 + 0,14 + 4 \cdot 0,003 + 0,2 = 6,432 \text{ мОм,}$$

$$X_{\Sigma K4} = 1,552 + 17,139 + 0,65 + 0,08 + 0,05 = 19,471 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ:

$$I_{\text{п.о.к4}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{нн}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \sqrt{R_{\Sigma K4}^2 + X_{\Sigma K4}^2}}$$

Підставимо відповідні значення в формулу:

$$I_{\text{п.о.к4}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{6,432^2 + 19,471^2}} = 11,825 \text{ кА}$$

Розраховуємо постійну часу загасання аперіодичного струму КЗ:

$$T_{\text{акі4}} = \frac{x_i}{\omega \cdot r_i} = \frac{19,471}{314 \cdot 6,432} = 0,00964 \text{ с.}$$

Розраховуємо значення теплового імпульсу:

$$B_{к4}^{(3)} = 11,825^2 \cdot (0,00964 + 0,18) = 26,518 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

де $t_{\text{відімк}} = 0,1 + 0,08 = 0,18$ - час від початку КЗ до його відімкнення, с.

Розраховуємо ударний коефіцієнт:

$$k_{\text{уді}} = 1 + e^{\frac{-0,001}{T_{aki}}},$$

$$k_{\text{удк4}}^{(3)} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,00964}} = 1,354.$$

Розраховуємо ударний струм

$$i_{\text{уд4}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд1}}^{(3)} \cdot I_4^{(3)},$$

$$i_{\text{уд4}} = \sqrt{2} \cdot 1,354 \cdot 11,825 = 22,650 \text{ кА}.$$

Здійснимо розрахунок найбільшого діючого значення струму КЗ:

$$I_{\text{д4}}^{(3)} = I_4^{(3)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{\text{уд4}}^{(3)} - 1)^2};$$

$$I_{\text{ук4}}^{(3)} = 11,825 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,354 - 1)^2} = 13,227 \text{ кА}.$$

2.7.2.2 Розрахунок струму однофазного КЗ

Зробимо розрахунок струму однофазного КЗ в точці К7. Складаємо схему заміщення прямої послідовності, яка зображена на рисунку 2.15

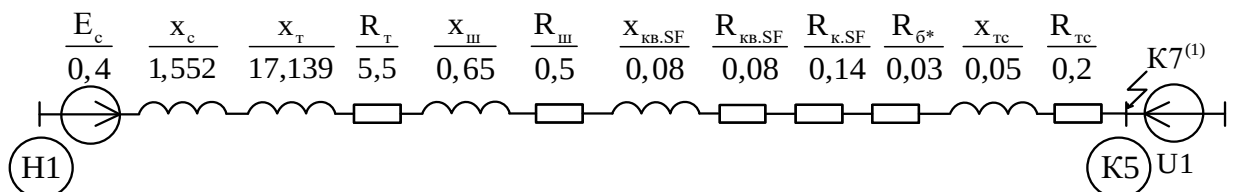


Рисунок 2.15 – Схема заміщення прямої послідовності

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		137

Схема заміщення нульової послідовності зображена на рисунку 2.16

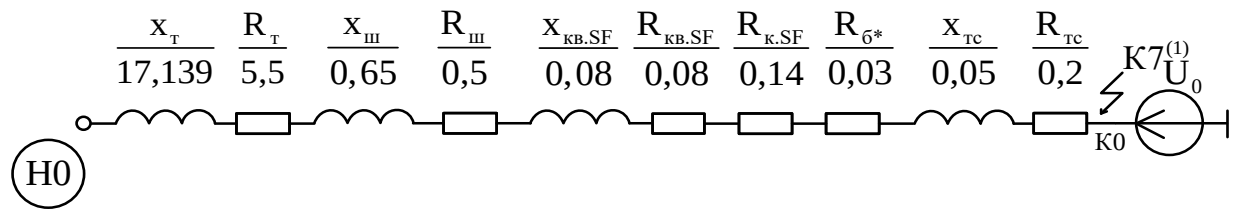


Рисунок 2.16 – Схема заміщення нульової послідовності

Розрахуємо значення опорів для шин нульової послідовності:

$$X_{0ш} = 8,5 X_{ш} ,$$

$$R_{0ш} = 10 R_{ш} .$$

Підставимо значення в формули:

$$X_{0ш} = 8,5 \cdot 0,65 = 5,525 \text{ мОм},$$

$$R_{0ш} = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ мОм}.$$

Розрахуємо еквівалентні опори нульової послідовності:

$$R_{0\Sigma K7} = R_{0T} + R_{0ш} + R_{0КВ.SF} + R_{0К.SF} + R_{0б.К} + R_{0ТС} ,$$

$$X_{0\Sigma K7} = X_{0T} + X_{0ш} + X_{0КВ.SF} + X_{0ТС} .$$

Підставимо значення в формули і отримаємо:

$$R_{0\Sigma K7} = 5,5 + 5 + 0,08 + 0,14 + 4 \cdot 0,003 + 0,2 = 10,932 \text{ мОм},$$

$$X_{0\Sigma K7} = 17,139 + 5,525 + 0,08 + 0,05 = 22,794 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного

КЗ в пошкодженій фазі:

$$I_{п.0.ки}^{(1)} = \frac{1,05 \cdot U_{нн} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma ki}^{(1)}} \cdot m^{(1)} .$$

де $Z_{\Sigma ki}$ – модуль повного опору еквівалентної комплексної схеми заміщення при однофазному КЗ, який визначається за формулою:

$$Z_{\Sigma ki}^{(1)} = \sqrt{(2R_{\Sigma ki} + R_{0\Sigma ki})^2 + (2X_{\Sigma ki} + X_{0\Sigma ki})^2}$$

Модуль повного комплексного опору еквівалентної схеми заміщення:

$$Z_{\Sigma K7}^{(1)} = \sqrt{(2 \cdot 6,432 + 10,932)^2 + (2 \cdot 19,471 + 22,794)^2} = 66,163 \text{ Ом.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу отримаємо:

$$I_{п.0.K7}^{(1)} = \frac{1,05 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 66,163} \cdot 3 = 10,994 \text{ кА.}$$

Розраховуємо постійну часу загасання аперіодичного струму КЗ:

$$T_{акK7}^{(1)} = \frac{2 \cdot x_1 + x_0}{\omega \cdot (2 \cdot r_1 + r_0)} = \frac{2 \cdot 19,471 + 22,794}{314 \cdot (2 \cdot 6,432 + 10,932)} = 0,00826 \text{ с.}$$

Розраховуємо значення теплового імпульсу:

$$B_{K7}^{(3)} = 10,994^2 \cdot (0,00826 + 0,18) = 22,758 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$\text{де } t_{в\ddot{и}д\ddot{и}мк} = t_3 + t_{в\ddot{и}м} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с.}$$

Розраховуємо ударний коефіцієнт:

$$k_{уди}^{(1)} = 1 + e^{\frac{-0,001}{T_{aki}}},$$

$$k_{удK7}^{(1)} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,00826}} = 1,298.$$

Розраховуємо ударний струм

$$i_{удK7}^{(1)} = \sqrt{2} \cdot 1,298 \cdot 10,994 = 20,184 \text{ кА.}$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		139

Здійснимо розрахунок найбільшого діючого значення струму КЗ:

$$I_{yK7}^{(1)} = 10,994 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,298 - 1)^2} = 11,931 \text{ кА.}$$

Всі розрахунки зводимо в таблицю 2.47.

Таблиця 2.47 – Результати розрахунку струмів КЗ

Точка КЗ	U_i , кВ	$x_{\Sigma i}$, МОм	$r_{\Sigma i}$, МОм	I_i'' , кА	T_{aki} , с	$k_{уди}$	$i_{уди}$, кА	I_{yi} , кА	B_{ki} , кА ² ·с
К4 ⁽³⁾	0,4	19,471	6,432	11,825	0,010	1,354	22,650	13,227	26,518
К7 ⁽¹⁾	0,4	22,794	10,932	10,995	0,008	1,298	20,184	11,932	22,758

Висновки:

В даному пункті було виконано розрахунок струмів короткого замикання в електричних мережах 110, 10 та нижче 1 кВ. За допомогою розрахунків однофазних та трифазних КЗ була здійснена перевірка струмоведучих частин (кабелів) та комутаційні апарати (вимикачі, роз'єднювачі) на термічну стійкість умов КЗ.

В ході перевірки вибраних комутаційних апаратів було встановлено, що всі відповідають вимогам та пройшли перевірку.

2.8 Релейний захист та автоматика

2.8.1 Загальні вимоги до РЗА в мережах 10/0,4 кВ

В енергетичних системах на електроустаткуванні електростанцій, в електричних мережах та на обладнанні споживачів електроенергії можуть виникати ушкодження й ненормальні режими. Ушкодження в більшості випадків супроводжуються значним збільшенням сили струму й глибоким зниженням напруги в елементах енергосистеми [15].

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		140

Підвищений струм виділяє велику кількість тепла, що викликає руйнування в місці ушкодження, й небезпечне нагрівання неушкоджених ліній, через які цей струм проходить. Зниження напруги порушує нормальну роботу споживачів електроенергії й стійкість паралельної роботи генераторів і енергосистеми в цілому. Ненормальні режими звичайно приводять до відхилення величин напруги, струму й частоти від номінальних значень. При зниженні частоти й напруги створюється небезпека порушення нормальної роботи споживачів і стійкості енергосистеми, а підвищення напруги й струму загрожує ушкодженням обладнання та ліній електропередачі [15].

Таким чином, ушкодження порушують роботу енергосистеми й споживачів електроенергії, а ненормальні режими створюють можливість виникнення ушкоджень або розладу роботи енергосистеми.

Для забезпечення нормальної роботи енергетичної системи й споживачів електроенергії необхідно якнайшвидше виявляти й відокремлювати місце ушкодження від неушкодженої мережі, відновлюючи таким чином нормальні умови роботи енергосистеми й споживачів.

Небезпечним наслідком ненормальних режимів також можна запобігти, якщо вчасно виявити відхилення від нормального режиму й вжити необхідні заходи що до його усунення (наприклад: знизити струм при його зростанні, підвищити напругу при її зниженні і т.д.).

У зв'язку із цим і виникає необхідність у створенні й застосуванні автоматичного обладнання, що виконує зазначені операції для захисту системи і її елементів від небезпечних наслідків ушкоджень і ненормальних режимів. Спочатку в якості захисного обладнання застосовувалися плавкі запобіжники. Однак по мірі зростання потужності й напруги електричних установок і ускладнення їх схем комутації, такий спосіб захисту став недостатнім, в силу чого було створено захисне обладнання на базі спеціальних автоматів-реле, що одержало назву релейного захисту [15].

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		141

Релейний захист – це комплекс автоматичного обладнання, призначений для швидкого виявлення й відділення від електроенергетичної системи ушкоджених елементів цієї системи.

Всі електроустановки обладнуються пристроями релейного захисту, призначеними для відключення ділянки ланцюга або елемента, що захищається, у випадку його ушкодження, якщо це ушкодження спричиняє вихід з ладу елемента або електроустановки в цілому. Релейний захист спрацьовує і тоді, коли виникають умови, що загрожують порушенню нормального режиму роботи електроустановки.

У релейному захисті електроустановок захисні функції покладені на реле, що служать для подачі імпульсу на автоматичне відключення елементів електроустановки або сигналу про порушення нормального режиму роботи устаткування, ділянки електроустановки, лінії і т.д [15].

Реле являє собою апарат, що реагує на зміну якої-небудь фізичної величини, наприклад струму, напруги, тиску, температури. Коли відхилення цієї величини виявляється вище припустимого, реле спрацьовує і його контакти, замикаючись або розмикаючись, виконують необхідні переключення за допомогою подачі або відключення напруги в ланцюгах керування електроустановкою.

До релейного захисту висувають наступні вимоги:

- селективність – відключення тільки тієї мінімальної частини або елемента установки, що викликала порушення режиму;
- чутливість – здатність релейного захисту реагувати на найнезначніші зміни номінальних параметрів, котрі можуть виникати в межах основної захищаємої зони і зони резервування;
- швидкодія – запобігає порушенню динамічної стійкості паралельно працюючих синхронних машин, зменшує розміри пошкодження в місці КЗ та не допускає збою роботи споживачів;

- надійність – це властивість релейного захисту виконувати всі покладені на неї функції з заданою технічною досконалістю протягом всього терміну служби заявленого виробником елементів релейного захисту.

Надійність захисту забезпечується як правильним вибором схеми й апаратів, так і правильною експлуатацією, що передбачає періодичні профілактичні перевірки та випробування [16].

Необхідна швидкість спрацювання реле визначається проектом у залежності від характеру технологічного процесу. Іноді для зменшення отриманих збитків від ушкоджень релейний захист повинен забезпечувати повне відключення протягом декількох сотих часток секунди.

За своїм призначенням реле поділяють на реле керування і реле захисту. Реле керування зазвичай включають безпосередньо в електричні ланцюги і спрацьовують вони при відхиленнях від технологічного процесу або змінах у роботі механізмів. Реле захисту включають в електричні ланцюги через вимірювальні трансформатори і тільки іноді безпосередньо. Вони спрацьовують при аварійних режимах роботи установки. Реле характеризується наступними показниками [15]:

- уставка спрацювання – сила струму, напруга чи час, на які відрегульовано дане реле для його спрацювання;

- струм (напруга) спрацювання – максимальне або мінімальне значення струму (напруги), при якому реле спрацює;

- струм (напруга) відключення – максимальне значення струму (напруги) при якому реле відключається (повертається у вихідне положення);

- коефіцієнт повернення – відношення струму (напруги) відключення до струму (напруги) спрацювання.

За часом спрацювання розрізняють реле миттєвої дії і з витримкою часу.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		143

2.8.1.1 Захист силових трансформаторів

Захисти силових трансформаторів можуть бути розділені на дві основні групи:

- 1) захисти від внутрішніх пошкоджень, до яких відносяться газові та диференційні захисти, а також струмова відсічка;
- 2) захисти від надструмів, викликаних зовнішніми КЗ, до яких відносяться максимальні струмові захисти, ввімкнені на повні струми або складові нульової чи зворотної послідовності.

Для трансформаторів повинні бути передбачені пристрої релейного захисту від наступних видів пошкоджень та ненормальних режимів роботи:

- багатофазних замикань в обмотках та на виводах;
- однофазних замикань на землю в обмотці та на виводах, приєднаних до мережі з глухозаземленою нейтраллю;
- виткових замикань в обмотках;
- струмів в обмотках, зумовлених зовнішніми КЗ;
- струмів в обмотках, зумовлених перевантаженням;
- пониження рівня масла;

Від пошкоджень всередині кожуха та від пониження рівня масла застосовують газовий захист. Газовий захист повинен діяти на сигнал при слабкому газоутворенні і пониженні рівня масла та на відключення при інтенсивному газоутворенні та подальшому пониженні рівня масла. Захист від пошкоджень всередині кожуха трансформатора, що супроводжуються виділенням газу, може бути виконаний також з використанням реле тиску [15].

Для захисту від пошкоджень на виводах, а також від внутрішніх пошкоджень повинні бути передбачені: повздовжній диференційний струмовий захист без витримки часу та струмова відсічка без витримки часу, що встановлюється зі сторони живлення та охоплює частину обмотки трансформатора, якщо не

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		144

передбачений диференційний захист. Зазначені захисти повинні діяти на відключення всіх вимикачів трансформатора [15].

В якості захисту від струмів в обмотках, зумовлених зовнішніми багатофазними КЗ, повинні бути передбачені наступні захисти з дією на відключення:

1. На підвищуючих трансформаторах з двостороннім живленням – струмовий захист зворотної послідовності від несиметричних КЗ та максимальний струмовий захист з мінімальним пуском напруги від симетричних КЗ або максимальний струмовий захист з комбінованим пуском напруги.

2. На понижуючих трансформаторах – максимальний струмовий захист з комбінованим пуском напруги або без нього.

2.8.1.2 Релейний захист ліній напругою 10 кВ

Для ліній в мережах 10 кВ з ізольованою нейтраллю повинні бути передбачені пристрої релейного захисту від багатофазних замикань та від однофазних замикань на землю.

На одиничних лініях з одностороннім живленням від багатофазних замикань повинен встановлюватися, як правило, двохступінчатий струмовий захист, перша ступінь якого виконана у вигляді струмової відсічки, а друга – у вигляді максимального струмового захисту з незалежною або залежною характеристикою витримки часу [15].

Захист від однофазних замикань на землю повинен бути виконаний у вигляді:

- селективного захисту (що встановлює пошкоджений напрямок), який діє на сигнал;

- селективного захисту (що встановлює пошкоджений напрямок), який діє на відключення, коли це необхідно за вимогами безпеки; захист повинен бути встановлений на живлячих елементах у всій електрично зв'язаній мережі;

- пристроїв контролю ізоляції; при цьому відшукування пошкодженого елемента повинно здійснюватися спеціальними пристроями.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		145

2.8.1.3 Захист ліній напругою до 1000 В

Електричні мережі напругою до 1000 В повинні мати захист від струмів короткого замикання, що забезпечує по можливості найменший час відключення та вимоги селективності.

Захист повинен забезпечувати відключення пошкодженої ділянки при КЗ в кінці захищаємої лінії: одно-, двох- і трифазних – в мережах з глухо заземленою нейтраллю; двох- і трифазних – в мережах з ізольованою нейтраллю.

Мережі всередині приміщень, які виконані відкрито прокладеними провідниками з горючою оболонкою або ізоляцією, повинні бути захищені від перевантажень. Крім того, повинні бути захищені від перевантажень мережі всередині приміщень наведених в [15].

В мережах напругою до 1000 В, у якості апаратів захисту повинні застосовуватися автоматичні вимикачі та запобіжники. Для забезпечення вимог швидкодії, чутливості або селективності допускається за необхідності застосування пристроїв захисту з використанням виносних реле (реле непрямої дії). Апарати захисту по своїй відключаючій здатності повинні відповідати максимальному значенню струму КЗ на початку ділянки електричної мережі, що захищається.

2.8.1.4 Максимальний струмовий захист

Відповідно до типів використовуваних реле максимальні струмові захисти (МСЗ) можуть мати незалежний від струму час спрацювання (реле струму типу РТ-40 та реле часу типу РВ) чи оберненозалежний від струму час спрацювання (реле струму типів РТ-80, РТ-90, РТВ). Скорочено називають ці захисти з залежною чи незалежною (рисунок 2.17) характеристикою [15].

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						146
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

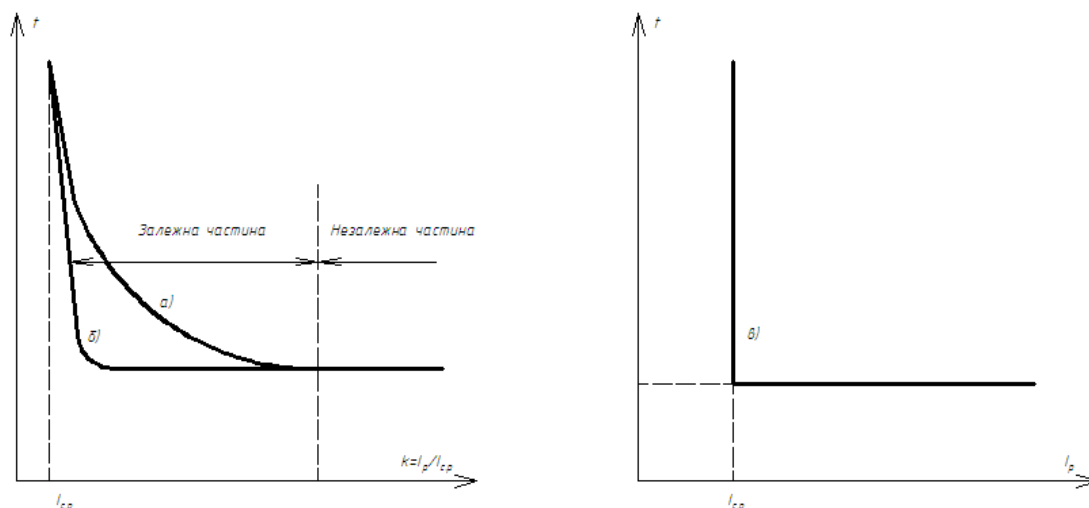


Рисунок 2.17 – Залежні від струму характеристики спрацювання МСЗ з реле типу РТ-80 (а), РТВ-І (б) та незалежна від струму характеристика спрацювання захисту (в).

Розрахунок МСЗ заключається у виборі: струму спрацювання захисту (первинного); струму спрацювання реле (для певної прийнятої схеми захисту і типу реле); часу спрацювання реле часу (для захисту з незалежною характеристикою) або характеристики спрацювання струмових реле (для захисту з залежною характеристикою [15].

Принцип дії МСЗ наступний: захист реагує на збільшення струму в лінії, що захищається. Якщо струм в лінії стає більшим за струм спрацьовування захисту, що зветься уставкою захисту, захист спрацьовує і відключає пошкоджену лінію від енергосистеми. Струм спрацювання захисту відлаштовується від максимального струму навантаження, тобто, струм спрацьовування захисту повинен бути з запасом більше максимального струму навантаження, щоб захист не спрацьовував від струму навантаження [15]:

$$I_{с.з.} \geq \frac{k_n \cdot k_{сзп}}{k_{п}} \cdot I_{роб.мах} , \quad (2.5)$$

де k_n – коефіцієнт надійності;

$k_{сзп}$ – коефіцієнт самозапуску;

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		147

k_p – коефіцієнт повернення реле;

$I_{роб.мах}$ – максимальний робочий струм (струм навантаження).

Чутливість захисту визначається коефіцієнтом чутливості ($k_{ч}$). Для захистів ліній з включенням реле на різницю фазних струмів коефіцієнт чутливості визначається за формулою [15]:

$$k_{ч} = \frac{I_{p.min}}{I_{с.р}}, \quad (2.6)$$

де $I_{p.min}$ – струм в реле при металічному КЗ у кінці зони, що захищається в мінімальному режимі роботи живлячої системи.

Для схем захисту ліній з включенням реле на фазні струми розрахунок коефіцієнту чутливості виконується по первинним струмам пошкодження і спрацювання захисту:

$$k_{ч} = \frac{I_{к.min}}{I_{с.з}}, \quad (2.7)$$

Для основної зони обов’язкова величина $k_{ч} \geq 1,5$, а для зони резервування $k_{ч} \geq 1,2$.

Уставки за струмом МСЗ повинні забезпечувати:

-неспрацювання захисту на відключення лінії, що захищається при післяаварійних перевантаженнях;

-узгодження дії (за струмом та часом) з захистами живлячих («наступних») і тих, що відходять («попередніх») елементів;

необхідну чутливість при всіх видах КЗ в основній захищасмій зоні і в зоні резервування.

Принцип дії МСЗ у мережі з одностороннім живленням показаний на рисунку 2.18

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		148

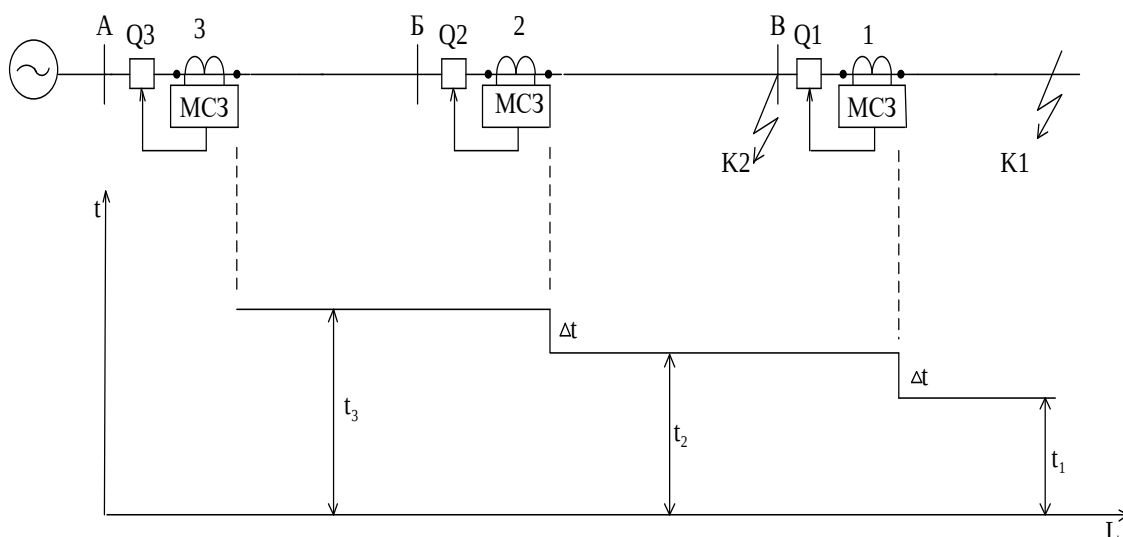


Рисунок 2.18 – МСЗ в мережі з одностороннім живленням

Перевагами МСЗ є: дешевизна, простота, надійність, можливість далекого резервування. До недоліків даного виду захисту слід віднести порівняно великі витримки часу [14].

2.8.1.5 Двоступеневий максимальний струмовий захист

Принцип дії двоступеневого максимального струмового захисту полягає в тому, що на початку кожного елемента електричної мережі встановлюються два комплекти захистів МСЗ і МСВ, вимірювальні органи яких отримують інформацію про величину струму в елементі, що захищається. При цьому МСЗ грає роль основного захисту, а МСВ - додаткового.

Принцип роботи захисту зображено на рисунку 2.19

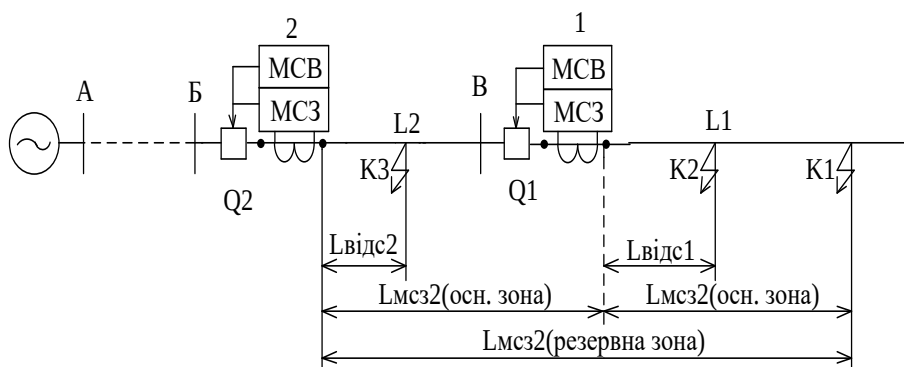


Рисунок 2.19 – Зони дії максимальних струмових захистів

При КЗ на лінії L1 на її початку (точка K2) спрацьовує без витримки часу струмова відсічка захисту 1. Зона її дії обмежена і не виходить за межі точки K2. На всі КЗ за межами цієї зони на лінії L1 струмова відсічка не реагує. Максимальний струмовий захист 1 цієї лінії запускається при КЗ в будь-якому місці лінії, включаючи її кінець K1, і з витримкою часу t впливає на вимикач Q1, відключаючи лінію. При цьому запускається максимальний струмовий захист (МСЗ) 2. При відмові захисту 1 або вимикача Q1 спрацьовує МСЗ 2 з витримкою часу $t_2 = t_1 + \Delta t$ і вимикач Q2 відключається. Таким чином, забезпечується резервування (далеке) захисту 1 захистом 2. Струмова відсічка захисту 2 при цьому не приходить в дію, так як її зона дії обмежена точкою K3 [15].

Двоступінчатий максимальний струмовий захист об'єднує позитивні якості окремих МСЗ і МСВ і найкращим чином забезпечує виконання основних вимог, що пред'являються до релейного захисту.

Перевагами даного виду захисту є:

- швидке відімкнення короткого замикання по всій довжині лінії, що захищається (порядку 0-0,5 с);

- забезпечує далеке резервування.

Недоліки двоступеневої МСЗ:

- складність;

- зони всіх ступенів захисту, що підлягають захисту залежать від режиму роботи мережі: в максимальному режимі захищаються зони великі, в мінімальному – скорочуються;

- у мінімальному режимі при КЗ на початку лінії, що захищається чутливості першого ступеню захисту буває недостатньою, і тоді коротке замикання відключається другим ступенем захисту з витримкою часу;

аналогічно, в мінімальному режимі при короткому замиканні в кінці лінії, що захищається чутливість другого ступеню захисту буває недостатньою, і тоді коротке замикання відключається третім ступенем захисту з порівняно великою витримкою часу [14].

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						150
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8.2 Розрахунок МСЗ кабельної лінії 10 кВ

Розраховуємо уставки захистів кабельної лінії 10 кВ Л1 у нормальному режимі.

Струм спрацювання струмових реле типу РТ-80 відстроюється від максимального робочого струму лінії.

Максимальний струм лінії Л2 складає 62,43 А.

Знаходимо струм спрацювання захисту $I_{с.з.}$ по формулі (2.5):

$$I_{с.з.} \geq \frac{k_n \cdot k_{сп}}{k_{п}} \cdot I_{роб.мах} ,$$

$$I_{с.з.} = \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,85} \cdot 62,43 = 114,577 \approx 115 \text{ А}$$

При коефіцієнті трансформації трансформаторів струму $100/5 = 20$ струм спрацювання реле дорівнює [15]:

$$I_{с.р} = \frac{85 \cdot 1}{20} = 5,75 \text{ А}$$

Найближча більша уставка на реле РТ-80 дорівнює 6 А. За цієї уставки струм спрацювання захисту:

$$I_{с.з.} = \frac{I_{с.р.} \cdot n_T}{k_{сх}} ,$$

$$I_{с.з.} = \frac{6 \cdot 20}{1} = 120 \text{ А}$$

Коефіцієнт чутливості в основній зоні захисту визначаємо по (2.6):

$$k_{ч} = \frac{6740}{120} = 56,166,$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		151

$$k_{\text{ч}} > k_{\text{ч.доп}} ,$$

$$56,166 > 1,5$$

Даний захист приймаємо до використання.

Схема максимального струмового захисту наведена на малюнку 2.20.

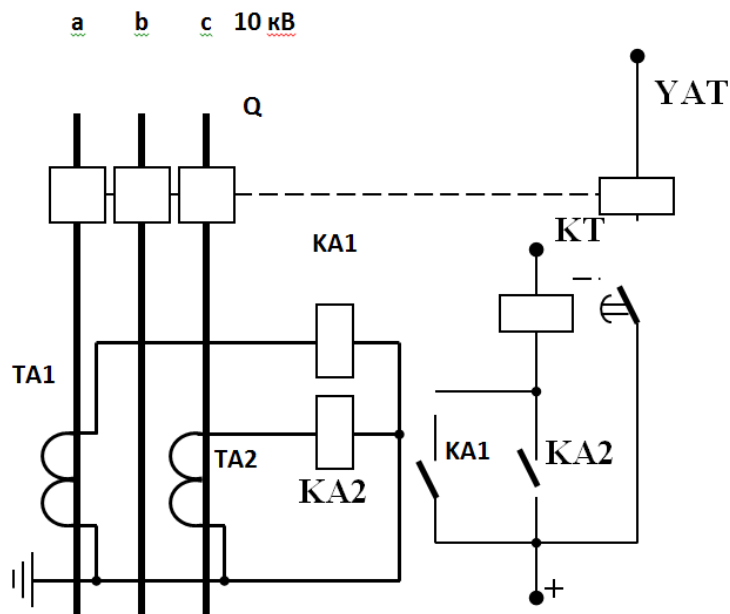


Рисунок 2.20 - Схема максимального струмового захисту

2.9 Економічні характеристики проекту

2.9.1 Розрахунок вартості приєднання до електричних мереж ОСР

Для розрахунку вартості нестандартного приєднання, використовуємо данні з постанови НКРЕКП від 28.12.2018 № 2069 “Про затвердження ставок плати за нестандартне приєднання потужності та ставок плати за лінійну частину приєднання на 2020 рік [17].

Користуючись даними висвітлених в Додатоку В, далі розрахуємо вартість приєднання для ЕМЦ.

1) Розрахунок вартості підключення потренованої потужності (293,9 кВт) за ставкою плати за нестандартне приєднання потужності на 2019 рік для ПрАТ

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		152

«ДТЕК Київські електромережі» для електроустановок, призначених для споживання електричної енергії:

$$\text{Вартість}' = P \cdot \text{ставку} + \text{ПДВ},$$

$$\text{Вартість}' = 68,4 \cdot 3,052 + 41,75 = 250,5 \text{ тис.грн.}$$

2) Розрахунок вартості підключення на відстані 0,09 км, спираючись на ставку плати за лінійну частину приєднання на 2019 рік для всіх операторів систем розподілу:

$$\text{Вартість}'' = L \cdot \text{ставку} + \text{ПДВ},$$

$$\text{Вартість}'' = 90 \cdot 1,634 + 29,412 = 176,472 \text{ тис.грн.}$$

3) Загальна вартість:

$$\text{Вартість} = \text{Вартість}'' + \text{Вартість}',$$

$$\text{Вартість} = 426,972 + 85,34 = 512,312 \text{ тис.грн.}$$

2.9.2 Формування загальної специфікації обладнання і матеріалів за проектом.

Питання формування специфікації обладнання, виробів та матеріалів регулюються наступними базовими нормативними документами:

- 1) Склад та зміст проектної документації на будівництво (ДБН А.2.2-3-2014);
- 2) Правила визначення вартості будівництва (ДСТУ Б Д.1.1-1:2013);
- 3) Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів (ДСТУ Б А.2.4-10:2009).

Проведення техніко-економічних розрахунків щодо проектів електропостачання неможливо здійснити без формування загальної специфікації обладнання, виробів і матеріалів. Проте відповідальність при виборі матеріалів повністю покладається на інженера, тому він має право проявити творчий підхід.

Специфікація обладнання, виробів і матеріалів - текстовий проектний документ, що визначає склад обладнання, виробів і матеріалів, і призначений для комплектування, підготовки і здійснення будівництва.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						153
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перш за все передбачається проведення маркетингового аналізу обраних елементів обладнання, виробів і матеріалів за їх кількістю (довжиною) виходячи з ринкових пропозицій постачальників та виробників.

В бакалаврському проєкті в учбових цілях обладнання, вироби і матеріали розподіляються на:

- розподільні установки (РУ) і низьковольтні комплектні установки (НКУ) напругою до 1,0 кВ;

- прилади та апарати, якими комплектують РУ і НКУ;

- провідникову продукцію (за типами і перетинами);

- монтажне обладнання (короба тощо);

- освітлювальні прилади;

- інше обладнання

Форма специфікації обладнання, виробів і матеріалів повинна відповідати формі, наведений у додатку А до ДСТУ Б А.2.4-10:2009 [16].

Оформлені специфікації обладнання, виробів і матеріалів за затвердженими формами наведені у Додатку Г.

Висновки

В електричній частині стояла задача ознайомитися і навчитись вирішувати задачі проектування частини системи електропостачання. В процесі роботи я отримав необхідні вміння та навички рішення задач розрахунку навантажень і вибору параметрів системи електропостачання: визначення розрахункових навантажень комунально-побутових, промислових споживачів; вибору номінальної потужності трансформатора; визначення перерізу лінії як високої так і низької напруги; визначення величини недовідпуску електроенергії без роз'єднувачів та з їх наявності; визначення річних втрат електроенергії в лініях 35 кВ і трансформаторів трансформаторної підстанції 35/10 кВ (дані втрати пораховано двома методами).

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		154

3.ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИР ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСАХ

3.1 Розрахунок освітлення квартири

Для розрахунку освітлення в таблиці 3.1. наведені основні вихідні дані квартири :

Таблиця 3.1 - Вихідні дані

№	Назва приміщення	А (довжина), м	В(ширина), м	Н(висота), м	S(площа), м ²
1	Кухня	2,851	2,018	2,5	5,753
2	Сан-вузол	2,6766	1,696	2,5	4,540
3	Хол	5,014	1,725	2,5	8,649
4	Прихожая	2,1	1,75	2,5	3,675
5	Їдальня	3,139	2,712	2,5	8,513
6	Житлова кімната 1	3,549	2,901	2,5	10,296
7	Житлова кімната 2	3,549	3,05	2,5	10,824
8	Терраса	2,682	1,46	2,5	3,916

Для розрахунку скористаємося методом використання світлового потоку.

Приклад розрахунку освітлення виконаємо для кухні.

Визначаємо розрахункову висоту за формулою :

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИР ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСАХ			Літ.	Арк.	Акрушіє		
Розроб.		Лісогор А.О.								155	182	
Перевір.		Ткаченко В.В.						ІЕЕ ОЕ-зп71				
Перевір.		.										
Перевір.												
Н. Контр.		Замулко А.І.										

$$h_p = H - h_{\text{св.}} - h_{\text{р.п.}} , \text{ шт} \quad (3.3)$$

$$h_p = 2,5 - 0,5 - 0 = 2 \text{ м.}$$

Відносна рекомендована відстань між світильниками:

Найбільш вигідна світлотехнічна відносна відстань $\lambda_{\text{св}} = 1,3 \dots 2,6$. [23].

Визначаємо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = \lambda \cdot H_{\text{розр}} , \quad (3.4)$$

$$L_{AB} = (1,3 \div 2,6) \cdot 2 = 2,6 \div 5,2 \text{ м.}$$

Приймаємо $L_{AB} = 4$

Визначаємо кількість світильників в ряду [8].:

$$N_A = \frac{A - 2l_A}{L_A} + 1, \text{ шт} \quad (3.5)$$

де l_A -відстань від стіни до крайнього світильника, м

$$l_A = (0,25 \div 0,5) \cdot L_A, \text{ м} \quad (3.6)$$

$$l_A = (0,25 \div 0,5) \cdot 4 = 1 \dots 2 \text{ м}$$

Приймаємо $l_A = 1,3 \text{ м}$

Підставивши значення в формулу 3.5 отримаємо:

$$N_A = \frac{2,851 - 2 \cdot 1,3}{4} + 1 = 1,063 \text{ шт}$$

Приймаємо 2 світильника.

Визначаємо кількість рядів світильників [23].:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1, \text{ шт} \quad (3.6)$$

$$N_B = \frac{2,018 - 2 \cdot 1,3}{4} + 1 = 0,855 \text{ шт}$$

Приймаємо 1 ряд.

Визначаємо загальну кількість світильників:

$$N = N_A \cdot N_B, \text{ шт} \quad (3.7)$$

$$N = 2 \cdot 1 = 2 \text{ шт}$$

Визначаємо індекс приміщення i (за формулою 1.2) [23]:

$$i = \frac{2,851 \cdot 2,018}{2 \cdot (2,851 + 2,018)} = 0,591,$$

Знаючи індекс приміщення i , за таблицею Додаток А знаходимо $\eta = 0,3 \%$

Визначаємо розрахунковий світовий потік лампи (за формулою 1.1) :

$$\Phi_L = \frac{150 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 5,753}{2 \cdot 0,3} = 2160 \text{ лм} ,$$

По розрахунковому світловому потоку Φ_L для прийнятої напруги вибираємо світлодіодний світильник 18 Вт, номінальна напруга $U_n = 220\text{В}$ і має світловий потік, $\Phi_{л.ст} = 2160 \text{ лм}$.

Розрахунок для інших кімнат проводжу аналогічно і розраховані дані звожу в таблицю 3.2 та 3.3.

Допустиме відхилення розрахункового світлового потоку від стандартного повинно знаходитись в межах від + 20 до – 10 % [23].

Визначаємо відхилення світлового потоку стандартної лампи від розрахункового:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{л.ст.} - \Phi_L}{\Phi_{л.ст.}} \cdot 100\%, \quad (3.8)$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		157

$$\Delta\Phi = \frac{2160 - 1582,162}{2160} \cdot 100\% = 26,752 \%$$

Визначаємо встановлену потужність ламп в приміщенні [23]:

$$P_{\text{вст}} = P_{\text{л}} \cdot N, \text{Вт} \quad (3.8)$$

$$P_{\text{вст}} = 18 \cdot 2 = 36 \text{ Вт}$$

Визначаємо питому потужність:

$$P_{\text{пит}} = \frac{P_{\text{вст}}}{S}, \text{Вт}$$

$$P_{\text{пит}} = \frac{36}{5,753} = 6,257 \text{ Вт}$$

Аналогічно проводимо розрахунок потужностей для інших кімнат і результати розрахунків заводимо в таблицю 3.3.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						158
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Розрахунок інших кімнат

№	Назва приміщення	hp	L (λсв=1,3), м	L (λсв=2,6), м	LAB, м	la (0,25)	la (0,5)	lA	NA (роз.) ,шт	NA (виб.) ,шт	NB (розрах.),шт	NB (виб.) ,шт	N
1	Кухня	2	2,6	5,2	4	1	2	1,3	1,063	2	0,855	1	2
2	Сан-вузол	2	2,6	5,2	4	1	2	1,3	1,019	2	0,774	1	2
3	Хол	2	2,6	5,2	2,6	0,65	1,3	1	2,159	3	0,894	1	3
4	Прихожая	2	2,6	5,2	4	1	2	1	1,025	2	0,938	1	2
5	Їдальня	2	2,6	5,2	4	1	2	1,8	0,885	1	0,778	1	1
6	Житлова кімната 1	2	2,6	5,2	4	1	2	1,8	0,987	1	0,825	1	1
7	Житлова кімната 2	2	2,6	5,2	4	1	2	1,8	0,987	1	0,863	1	1
8	Терраса	2	2,6	5,2	4	1	2	1,3	1,021	2	0,715	1	2

НТУУ.005.7103.119 ПЗ

Таблиця 3.3 – Розрахунок потужностей для інших кімнат

№	Назва приміщення	Ен, лк	Кз	Z	S, м2	N	i	η(табл),%	Ф лампи, лм	Ф вибраного світильника, лм	ΔФ	Рл, Вт	Рвст,Вт	Рпит,Вт
1	Кухня	150	1	1,1	5,753	2	0,591	0,3	1582,162	2160	26,752	18	36	6,257
2	Сан-вузол	50	1	1,1	4,540	2	0,519	0,3	416,122	1200	65,323	50	100	22,029
3	Хол	30	1	1,1	8,649	3	0,642	0,34	279,825	400	30,044	4	12	1,387
4	Прихожая	150	1	1,1	3,675	2	0,477	0,26	1166,106	1200	2,825	50	100	27,211
5	Їдальня	150	1	1,1	8,513	1	0,727	0,31	4531,096	6000	24,482	100	100	11,747
6	Житлова кімната 1	150	1	1,1	10,296	1	0,798	0,31	5479,942	6000	8,668	100	100	9,713
7	Житлова кімната 2	150	1	1,1	10,824	1	0,820	0,34	5253,042	6000	12,449	100	100	9,238
8	Терраса	100	1	1,1	3,916	2	0,473	0,26	828,325	950	12,808	11	22	5,618

3.2 Розрахунок навантаження груп освітлення

Складемо розрахункову схему розподілення навантаження рисунок 3.2.

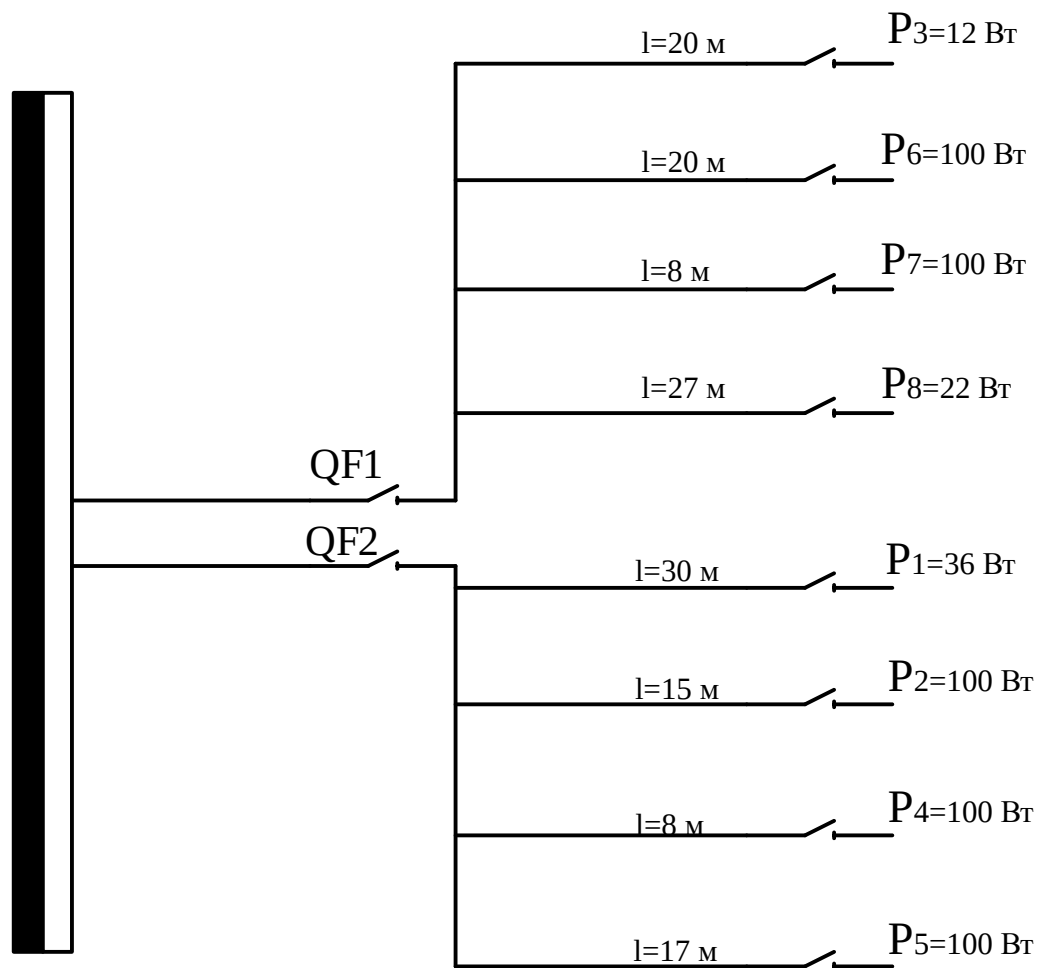


Рисунок 3.2 - Схема розподілення навантаження

Визначаємо сумарне навантаження:

$$P_{\text{заг.}} = 12 + 100 + \dots + 100 + 100 = 570 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{заг.}} = P_{\text{уст.}} = 0,57 \text{ кВт}$$

Навантаження спочатку ділять рівномірно на частини (по числу фаз живлячої мережі), а потім навантаження фази ділять на групи з врахуванням рекомендацій ПУЕ:2017[1].

Об'єднуємо споживачів в дві групи, і складаємо розрахункову схему моментів навантаження групових ліній рисунок 3.3.

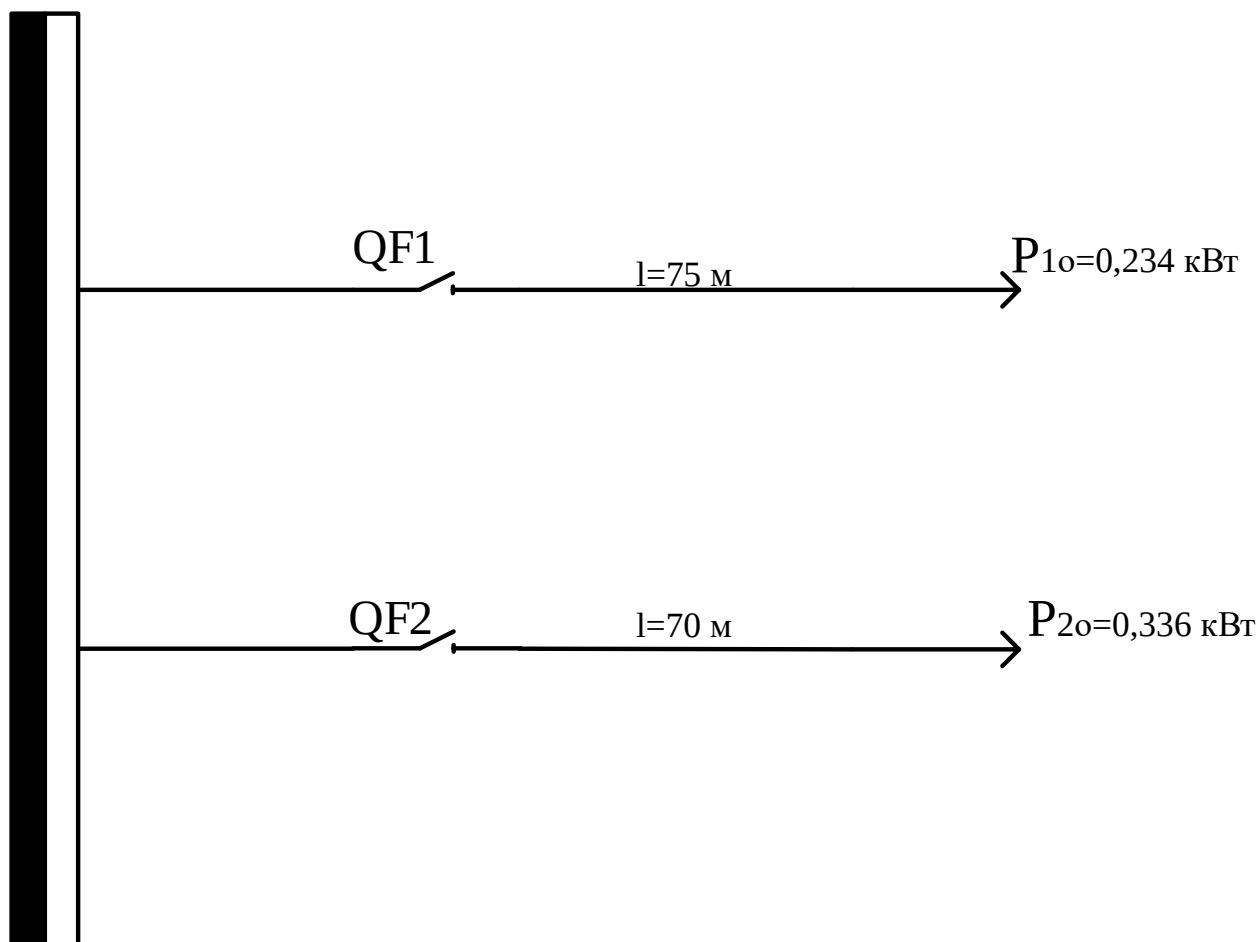


Рисунок 3.3 - Схема моментів навантаження групових ліній

Визначаємо навантаження груп:

$$P_{1o} = 0,012 + 0,1 + 0,1 + 0,022 = 0,234 \text{ кВт}$$

$$P_{2o} = 0,036 + 0,1 + 0,1 + 0,1 = 0,336 \text{ кВт}$$

Марку проводу освітлювальної мережі і спосіб прокладки визначають у відповідності з умовами навколишнього середовища, призначенням приміщення і розміщенням обладнання.

Обраний стандартний переріз провідників слід перевіряти на механічну міцність, тобто на мінімально допустимий переріз провідника в залежності від виду, способу прокладки та матеріалу провідника [23].

Площа поперечного перерізу струмопровідних жил проводів і кабелів

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						162
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначають, виходячи із двох основних умов: тривалого допустимого струму навантаження (інакше по нагріву) проводів і допустимої втрати напруги. Розрахунок за звичай виконують по одній із умов, а по другій – перевіряють.

Переріз провідників внутрішніх освітлювальних мереж розраховують по допустимій втраті напруги, а потім перевіряють по нагріву. Згідно названих документів, для внутрішніх освітлювальних мереж, при номінальній напрузі на вводі, допустима втрата напруги дорівнює **2,5%**. Крім того, площі поперечного перерізу провідників повинні забезпечувати механічну.

При виборі проводів і кабелів по допустимій втраті напруги повинно бути витримана умова:

$$\Delta U_{\% \text{розр}} \leq \Delta U_{\% \text{доп}}, \quad (3.9)$$

де $\Delta U_{\% \text{розр}}$, $\Delta U_{\% \text{доп}}$ – відповідно, розрахункова і допустима втрати напруги, %.

Розрахункові втрати напруги $\Delta U_{\% \text{розр}}$ визначають при умові, що навантаження по фазам розподілені рівномірно і на усіх ділянках прокладено однаковий провід [23]:

- для лінії :

$$\Delta U_{\% \text{розр}} = \frac{\sum P_i l_i}{c S_i} = \frac{\sum M_i}{c S_i} \% \quad (3.10)$$

- для однієї ділянки:

$$\Delta U_{\% \text{розр}} = \frac{P_i l_i}{c S_i} = \frac{M_i}{c S_i} \% \quad (3.11)$$

де P_i – потужність на i -ої розрахункової ділянці, кВт;

l_i - довжина i -ої розрахункової ділянки, м;

M_i – електричний момент i -ої розрахункової ділянки, кВт·м;

c - постійний коефіцієнт для даного провідника, який залежить від напруги мережі, кількості фаз та матеріалу провідника);

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		163

S_i - переріз провідника i -ої розрахункової ділянки, мм².

Починають розрахунок перерізу проводів із складанням схеми освітлювальної мережі (Лист3).

Площа поперечного перерізу проводів на кожній ділянці визначається по формулі [23]:

$$S_i = \frac{M_i}{c \Delta U_{\% \text{доп}}} \text{ мм}^2 \quad (3.12)$$

Площа поперечного перерізу живлячої мережі на ділянці від розподільного пристрою до групового щитка визначається за виразом:

$$S_{\text{жм}} = \frac{M_{\text{жм}} + \alpha \cdot (\sum M_i)}{c \Delta U_{\% \text{доп}}}, \text{ мм}^2 \quad (3.13)$$

де α – коефіцієнт, що враховує зміну числа проводів на відгалуженнях;

$M_{\text{жм}}$ – електричний момент живлячої мережі на ділянці від розподільного пристрою до групового щитка, кВт· м.

Отримане у результаті розрахунку значення перерізу провідника округляють до найближчого найбільшого стандартного значення та визначають фактичну втрату напруги для обраного провідника.

Перевірка перерізу проводів освітлювальної мережі за умовами нагріву та механічній міцності [23].

Обраний стандартний переріз провідників слід перевіряти на механічну міцність, тобто на мінімально допустимий переріз провідника в залежності від виду, способу прокладки та матеріалу провідника. Якщо розрахунковий переріз буде менш допустимого, то треба обрати рекомендований переріз та перерахувати фактичну втрату напруги [23].

Отриманий переріз проводів на ділянках перевіряють за умовою нагріву, за тривало допустимим струмом: є

$$I_{\text{тр.доп}} \geq I_{\text{розрах}}$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						164
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $I_{\text{тр.доп}}$ - тривало допустима сила струму для проводів, А;

$I_{\text{розрах}}$ - розрахункова сила струму, А.

Розрахункову силу струму визначають за формулами:

$$I_{\text{розрах}} = \frac{P_{\text{розрах}}}{U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi}, \text{ А} - \text{ для однофазної мережі}, \quad (3.14)$$

$$I_{\text{розрах}} = \frac{P_{\text{розрах}}}{2U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi}, \text{ А} - \text{ для двофазної мережі}, \quad (3.15)$$

$$I_{\text{розрах}} = \frac{P_{\text{розрах}}}{3U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi}, \text{ А} - \text{ для трьохфазної мережі}, \quad (3.16)$$

де $P_{\text{розрах}}$ - розрахункова потужність навантаження, Вт;

$U_{\text{н}}$ - номінальна напруга ламп, В;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності ламп.

Проводимо розрахунок освітлювальної мережі. Визначаємо моменти навантажень на всіх ділянках за формулою [23]:

$$m = P_i \cdot l_i, \text{ кВт} \cdot \text{м} \quad (3.17)$$

де P_i – потужність ламп, струм в яких протікає по розрахунковому участку, кВт;

l_i – довжина лінії, в якій протікає струм навантаження, м.

Підставивши значення отримаємо:

$$m_{10} = 0,234 \cdot 75 = 17,55 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{20} = 0,336 \cdot 70 = 23,52 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Визначаємо площу перерізу на кожній ділянці:

$$S_{10} = \frac{17,55}{12,1 \cdot 2,5} = 0,5802 \text{ мм}^2$$

$$S_{20} = \frac{23,52}{12,1 \cdot 2,5} = 1,295 \text{ мм}^2$$

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		165

Приймаємо на всіх ділянках $S_{\text{ст.}} = 1,5 \text{ мм}^2$.

Визначаємо втрату напруги на кожній ділянці (за формулою 3.3):

$$\Delta U_{\% \text{розр}01} = \frac{17,55}{(12,1 \cdot 1,5)} = 0,966 \%$$

$$\Delta U_{\% \text{розр}02} = \frac{23,52}{(12,1 \cdot 1,5)} = 1,295 \%$$

Перевіряємо вибраний переріз проводу на ділянці на нагрів по тривало-допустимому струму [23]:

$$I_{\text{розр}10} = \frac{0,234}{0,22 \cdot 1} = 1,063 \text{ А}$$

$$I_{\text{розр}20} = \frac{0,336}{0,22 \cdot 1} = 1,527 \text{ А}$$

Для всіх ділянок для вибраного перерізу $I_{\text{тр.доп.}} = 19 \text{ А}$ [8].

Для захисту електричних мереж від струмів короткого замикання і перевантажень вибираємо захисну апаратуру.

Вибираємо для встановлення щит вбудованого монтажу на 36 модулів, Easy9 470*300*103 мм, IP20 [24].

Вибираємо для встановлення в щит два автоматичних вимикача іС60N 1Р 16А В, з $I_n = 16 \text{ А}$ [25].

Розрахунок розеточних груп не передбачено, тому вибираємо стандарте наповнення щита.

Результати розрахунків провідників заводимо в таблицю 3.4.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		166

Таблиця 3.4- Результати розрахунків провідників

Група живлення	Назва приміщення	P _{пит} ,кВт	P,кВт	l,м	l _{гр} ,м	m,кВт·м	S,мм ²	S _{ст.}	ΔU	I _{расч} ,А	I _{тр.доп.}
1о	Хол	0,012	0,234	20	75	17,55	0,5802	1,5	0,9669	1,06364	19
	Житлова кімната 1	0,100		20							
	Житлова кімната 2	0,100		8							
	Терраса	0,022		27							
2о	Кухня	0,036	0,336	30	70	23,52	0,7775	1,5	1,2959	1,52727	19
	Сан-вузол	0,100		15							
	Прихожая	0,100		8							
	Їдальня	0,100		17							

Перед складанням специфікації потрібно вибрати вимикачі освітлення відповідного класу вологостійкості. Для сан-вузла і балкона обираємо вимикачі освітлення 1-клавішний Legrand ,220 В,IP44 [26]. Для всіх інших кімнат обираємо вимикачі освітлення 1 та 2-клавішний Legrand ,220 В,IP23 [27].

На листі 3 зображена схема і розташування світильників.

Вибрані вимикачі заносимо в наступний розділ в специфікацію обладнання.

3.3 Специфікація на матеріали та обладнання

Розрахувавши обладнання і кабельні вироби необхідно скласти специфікацію на матеріали та обладнання.

В таблиці 3.5 представлено специфікацію на матеріали та обладнання.

Таблиця 3.5 - Специфікація на матеріали та обладнання

№	Найменування і технічна характеристика	Од.вим.	Кількість	Примітка
	Електроапарати			
1	Щит вбудованого монтажу на 36 модулів, Easy9 470*300*103 мм, IP20	шт.	1	

Продовження таблиці 3.5

№	Найменування і технічна характеристика	Од.вим.	Кількість	Примітка
	Вимикач автоматичний 1р, B16,6kA iC60N Schneider Electric	шт.	2	
	Освітлювальні пристрої			
3	Світлодіодний світильник Right Hausen Black Frame Коло накладної 18W-4000K [28]	шт.	2	Кухня
4	Світильник точковий Kanlux Dalla CT-DTO50-W [29]	шт.	2	Сан-вузол
5	Світлодіодний світильник EGLO 95655 4W-3000K [30]	шт.	3	Хол
6	Світильник точковий Kanlux Dalla CT-DTO50-W	шт.	2	Прихожая
7	Світлодіодна люстра Ledstarks LOTOS Smart Light, Коло 100W- 3000-6000K	шт.	1	Їдальня
8	Світлодіодна люстра Ledstarks LOTOS Smart Light, Коло 100W- 3000-6000K	шт.	1	Житлова кімната 1
9	Світлодіодна люстра Ledstarks LOTOS Smart Light, Коло 100W- 3000-6000K [31]	шт.	1	Житлова кімната 2
10	Світлодіодний світильник EGLO 93395 11W-3000K [32]	шт.	2	Терраса

Продовження таблиці 3.5

№	Найменування і технічна характеристика Електрофурнітура	Од.вим.	Кількість	Примітка
11	Вимикач освітлення 1-клавішний Legrand ,220 В,IP44	шт.	2	
12	Вимикач освітлення 1-клавішний Legrand ,220 В,IP23	шт.	5	
13	Вимикач освітлення 2-клавішний Legrand ,220 В,IP23	шт.	3	
	Кабелі та проводи			
14	ВВГнгд 3х1.5 [33]	м.	145	

Висновки

В даному розділі було досліджено особливості розрахунку освітлення в квартирі. Для розрахунку було використано метод коефіцієнта використання світлового потоку , який враховує світловий потік не тільки від світильника, але потік, який відбивається від стелі, стін, підлоги. Дані для розрахунку були взяті з реального об'єкту . За результатами розрахунків вибрано освітлювальні пристрої, виконано вибір і перевірку провідників, розроблена схема живлення і комутації освітлювальних пристроїв.

Була складена специфікація на матеріали та обладнання, розроблена схема з'єднання та розміщення освітлювальних пристроїв.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		169

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ НАПРУГИ 0,4КВ

4.1 Характеристика електромонтажних робіт

Практична реалізація проектної роботи передбачає виконання електромонтажних Робіт з освітлення квартир житлових комплексів. Електрична мережа внутрішньої будинкової мережи освітлення квартири житлового комплексу, складається з ліній електро-передавання (у даному бакалаврському проекті використовується кабельні лінії, які не підтримують горіння), які доставляють енергію до освітлювальних приладів постійного струму 12 В, 24 В та змінного струму 220 В. Перетворювачі напруги та комутаційне обладнання розміщуються в щитовій [36]. Безпосередньо монтаж відбувається в закритому, теплому приміщенні. Групову мережу електроосвітлення і розподільчу мережу електрообладнання виконуються кабелем із провідником з мідними жилами в оболонці з матеріалів не підтримуючих горіння прокладаються за обшивками стін, за підвісними потолками, в штробах стін. Підвісні потолки, перегородки, перекриття і обшивка стін виконана із негорючих матеріалів (НГ, Г1). Всі з'єднання і відгалуження виконуються у розподільчих коробках пайкою, сваркою, опресовкою в гільзах або за допомогою зажимів. Для кожної групової лінії передбачити окремий захисний провідник жовто-зеленого кольору. Об'єднання захисного і робочих нульових провідників категорично забороняється. Електрообладнання встановлюється на висоті від полу: - щиток 1,5 м.

Траси електропостачання уточнити по місцю, відповідно розміщення вводів ел. мережі до освітлювального обладнання. Довжини кабелів і труб перед нарізкою уточнити безпосередньо заміром по місцю при монтажі. Проходи електропроводки електропроводки через стіни виконати в гільзах із труб типу М-Р.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лісогор А.О.			ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ НАПРУГИ 0,4КВ	Арк.		
Перевір.		Ткаченко В.В.					170	182
Перевір.		Несен Л. І.				ІЕЕ ОЕ-зп71		
Перевір.		Калінчик В. П.						
Н. Контр.		Замулко А.І.						

Переріз жил кабелів вибрати з урахуванням перевірки по нагріву і по втратам напруги. В якості провідників захисного заземлення передбачено спеціальний заземлюючий провідник. Технічні рішення, прийняті в робочих кресленнях, відповідаючи вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних [34, 35], протипожежних та інших діючих норм і правил та забезпечуючих заходів [39].

4.2 Аналіз умов праці

Роботи з монтажу електричних освітлювальних та розподільчих мереж відносяться до робіт середньої тяжкості. Режим роботи - однозмінний. Тривалість робочої зміни 8 годин. Бригада налічує 3 чоловіка, 2 з яких – електромонтажники, що мають IV-ю групу допуску з електробезпеки, та 1 бригадир, що має V групу допуску з електробезпеки.

Електричні роботи виконуються згідно з проектно-технічною документацією

Передбачено такі електромонтажні роботи:

- монтаж кабельних ліній електропередачі;
- штробління цеглі або бетону;
- проведення випробувань кабельних ліній;
- монтаж світильників внутрішнього або зовнішнього монтажу;
- монтаж профіля и LED стрічки;
- установка та розподіл електрощитової.

Здійснюються такі пуско-налагоджувальні роботи:

- контроль відповідності виконаних робіт проекту;
- перевірка правильності електричних з'єднань;
- запуск електрощитової;
- підключення трансформаторів 200/12В до мережі;

Термін виконання робіт 10 робочих днів. Під час монтажу розподільчих мереж для квартирної освітлення використовується природнє та штучні джерела світла.

Показники важкості трудового процесу (роботи середньої важкості Пб):

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						171
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Загальні енерговитрати організму - 332-390 Вт;
- Роботи, що виконуються стоячи, пов'язані із ходінням, переміщенням невеликих (до 15 кг) вантажів;
- утримання вантажу двома руками до 11,3 кг/с.

Показники напруженості трудового процесу (роботи середньої напруженості): тривалість зосередженого спостереження – 75% робочого часу.

4.3 Шкідливі і небезпечні виробничі фактори

Ступінь шкідливості умов праці встановлюється роботами, які виконує електромонтажник. При проведенні монтажних робіт на робочому місці електромонтажника можуть бути наступні небезпечні та шкідливі фактори [36]:

- робота з ручним електроінструментом з рухомими частинами;
- роботи на висоті більше 1 м, ризик падіння працівників;
- ураження електричним струмом (під час підключення освітлювальної мережі на напругу);
- запиленість середовища при штроблінні стін:
(азбестоцементний пил 10 мг/м³ при допустимому 6 мг/м – четвертий клас небезпеки);
- високий рівень шумів при штроблінні стін та роботі перфоратора (рівень звукового тиску 101 дБ при допустимому 70 дБ).

4.4 Техніко-організаційні заходи та засоби індивідуального захисту

Електромонтажні роботи в діючих електроустановках, обов'язково, повинні здійснюватися після зняття напруги з усіх струмовідних частин, що знаходяться в зоні виробництва робіт, їх від'єднання від діючої частини електроустановки, забезпечення видимих розривів електричного ланцюга і заземлення від'єднаних струмоведучих частин (величина контура заземлення повинно відповідати нормам).

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		172

Електромонтери комплектуються захисним одягом, яким їх забезпечує організація, та додаткове захисне спорядження.

Для захисту від ураження електричним струмом необхідно використовувати: покажчики напруги, слюсарно - монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками.

Для запобігання чи зменшення дії небезпечних або шкідливих факторів на голову працівника (механічного впливу, електричного струму) слід використовувати захисні каски [38].

Для безпеки здоров'я та життя працівників, призначені засоби індивідуального захисту, оскільки вид робіт які вони виконують вважаються небезпечними.

Екрани кабелів напругою 0,4 кВ з ізоляцією із ЗПЕ потрібно заземлювати за одним із способів:

- поділом екранів кабелів на дві рівні частини (секції) з використанням екранно-розділювальної муфти і заземленням екрана кожної секції з одного кінця – на початку і в кінці КЛ;
- заземленням екранів з одного кінця КЛ і встановленням обмежувачів перенапруги нелінійних на розімкнених кінцях екранів.

Вибір ОПН здійснюють за максимальною напругою, яка може бути прикладена до їх виводів, і максимальною тривалістю режиму, що її викликає, за кривими допустимої короточасної перенапруги ОПН. Була підібрана комутуюча апаратура ОПНп-10/12/1 УХЛ1 (УХЛ2).

Робота виконується за нарядом-допуском. До складу бригади входять 3 чоловіків за кваліфікацією: слюсарі-монтажники, 2 з яких мають IV рівень допуску, та 1 бригадир, який має V рівень допуску. Робота виконувалась літом (червень), термін виконання до 10 днів.

Перелік засобів індивідуального захисту, що видаються кожному робітнику (Таблиця 4.1)

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						173
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 Засоби індивідуального захисту [37]

Назва ЗІЗ	Матеріал ЗІЗ	Марка	Зона захисту
Робочий костюм (куртка та напівкомбінезон)	100% х\б	S-411	верхні та нижні кінцівки
Навушники	ABS-пластик	Dnipro-M Master	Вуха
Черевики на діелектричні підшві	натуральна шкіра	ПУП 220Т	Щиколотка
Каска	поліетилен	EN 397	Голова
Захисні окуляри	пластик	Sigma	Очі
Протипиловий респіратор	резинової напівмаски з оголів'ям	Ф-62 Ш	Ніс
Рукавиці	шкіряні крага з підкладкою	S-H14	Кисть

Для роботи електромонтери мають особистий показчик напруги.

Спецодяг та інструменти повинні відповідати нормативним стандартам.

До роботи допускається працівник з рівнем допуску не нижче III.

4.5 Заходи з пожежної безпеки

Відповідно до норм з пожежної безпеки на енергетичних об'єктах вибирають первинні засоби до тушіння пожеж (вогнегасник, пожежний інвентарь), атакож

технічні та організаційні – у разі виникнення пожежі або вибуху. Результати вибору наводимо у таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки [37]

Група заходів	Технічні характеристики	Критерії вибору
1	2	3
Технічні		
Вуглекислотний вогнегасник ВВ-2:	Пересувний, тривалість дії – 25 с, довжина струмені – 5м	Розміщено біля місця виконання робіт
Організаційні		
План дій з попередження пожеж і вибухів	Вимоги до евакуаційних заходів, планах евакуації, забезпечення дотримання протипожежних вимог, виконання приписів і постанов органів державного пожежного нагляду	Відділ з охорони праці

4.6 Розрахунок технічного заходу з безпеки експлуатації.

4.6.1 Розрахунок захисного заземлення

Проведемо розрахунок захисного заземлення електроустановок напругою до 1 000 В з глухозаземленою нейтраллю

Такий розрахунок передбачає розрахунок струму однофазного короткого замикання $I_{кз}$ і співставлення отриманої величини зі значенням номінального струму спрацьовування МСЗ.

Захисне заземлення застосовують у трифазних п'яти (чотири) проводових мережах напругою до 1 000 В з глухозаземленою нейтраллю. Призначення

захисного проводу – створення для струму короткого замикання ланки з малим опором для швидкого вимкнення від мережі установки з порушеною ізоляцією. Вимкнення відбувається за умови:

$$I_{\text{кз}} \geq K_{\text{с.доп.}} I_{\text{кз}} \geq 3 I_{\text{пл.вст}}^{\text{ном}}$$

де $K_{\text{с.доп.}}$ – допустима кратність струму однофазного короткого замикання;

$I_{\text{номпл.вст}}$ – номінальний струм плавкої вставки;

– під час використання автоматичного пристрою, який відмикає струм короткого замикання

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 I_{\text{авт}}^{\text{ном}}$$

де $I_{\text{авт}}^{\text{ном}}$ – номінальний струм автоматичного пристрою.

Розрахункова формула для визначення має вигляд: КЗ $I_{\text{кз}}$

– для кабельних мереж (КЛ) :

$$I_{\text{кз}} = U_{\phi} / (r_{\phi} + r_{PE} + \left(\frac{r_{\text{тр}}}{3}\right))$$

Визначаємо кратність струму однофазного короткого замикання відносно номінального струму пристрою МСЗ, яка має бути не менш як допустима

$$K_{\text{с}} = I_{\text{кз}} / I_{\text{номМСЗ}} \geq K_{\text{с.доп.}}$$

У разі, якщо $K_{\text{с}}$ менше допустимого значення, потрібно або змінити вид пристрою МСЗ (замість плавкої вставки встановити автомат з електромагнітним запобіжником) або збільшити величину струму короткого замикання, вибравши провідники з більшим перерізом, першочергово для нульового або захисного провідника.

$$r = \sum_{i=1}^n (p_i \cdot l_i) / S_i$$

де ρ_i – питомий опір матеріалу проводів (міді – 0,00175 (Ом·мм²)/м, алюмінію – 0,0028 (Ом·мм²)/м, сталі – 0,1 (Ом·мм²)/м); l_i – довжина ділянки проводу одного матеріалу та одного перерізу; S_i – площа поперечного перерізу проводу.

Розраховуєм $I_{кз}$ для кабельних мереж (КЛ), за формулою:

$$I_{кз} = 380 / (0,0175 + 0,0175 + \left(\frac{3,31}{3}\right)) = 309,152$$

Вимкнення відбувається за умови за формулою:

$$I_{кз} \geq 1,25 I_{авт}^{ном}$$

$$309,152 \geq 20$$

Визначаємо кратність струму однофазного короткого замикання за формулою:

$$K_c = 15,45 \geq 3$$

Розраховано, що K_c відповідає нормальному значенню.

ВИСНОВОК

У даному розділі проведено аналіз умов праці під час монтажних робіт розподільних мереж 0,4 кВ. Описано організацію монтажних робіт, обов'язки і види робіт, що виконуються електромонтером. Робота електромонтера є однозмінною. Тривалість робочої зміни 8 годин. До складу бригади входять 3 чоловіків за кваліфікацією: слюсарі-монтажники, 2 з яких мають IV рівень допуску, та 1 бригадир, який має V рівень допуску. Робота, що виконується має середній рівень важкості. Проаналізовані шкідливі і небезпечні виробничі чинники та визначені техніко-організаційні заходи з умов праці.

Передбачено заходи з використання наведених вище засобів індивідуального захисту (робочий костюм, черевики, каска, рукавиці), які знижують ризик травмування, виникнення професійних захворювань, ураження струмом, опіків нагрітими поверхнями і захищає життя та здоров'я працівників.

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						177
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1.ПРАВИЛА УЛАШТУВАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК [Електронний ресурс] // МІНЕНЕРГОВУГІЛЛЯ УКРАЇНИ. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/ПУЕ.pdf> (дата звернення: 14.06.2020).

2. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Електронний ресурс] // ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ З НАГЛЯДУ ЗА ОХОРОНОЮ ПРАЦІ МІНІСТЕРСТВА ПРАЦІ ТА СОЦІАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ. – 2001. – Режим доступу до ресурсу: https://dnaop.com/html/1692/doc-НПАОП_40.1-1.32-01 (дата звернення: 14.06.2020).

3. . ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДБН В.2.5-23:2010 [Електронний ресурс] // ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/92.1.%20ДБН%20В.2.5-23~2010.%20Інженерне%20обладнання%20будинків%20і.pdf> (дата звернення: 14.06.2020).

4. ЕЛЕКТРИЧНА КАБЕЛЬНА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ ДБН В.2.5-24:2012 [Електронний ресурс] // Державні Будівельні Норми України. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-262> (дата звернення: 14.06.2020).

5. ДБН В.2.5-27-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд [Електронний ресурс] // Державні Будівельні Норми України. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-393>(дата звернення: 14.06.2020).

6. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188 (дата звернення: 14.06.2020).

7. ДСТУ-Н Б В.2.5-37:2008. НАСТАНОВА З ПРОЕКТУВАННЯ, МОНТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЯМИ І СПОРУДАМИ [Електронний ресурс] // Державні Будівельні Норми України. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <http://profidom.com.ua/v-2/v-2-5/1796-dstu-n-b-v-2-5-372008-nastanova-z-projektuvanna-montuvanna-ta-jekspluataciji-avtomatizovanih-sistem-monitoringu-ta-upravlinna-budivlami-i-sporudami> (дата звернення: 14.06.2020).

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		178

8. «Категорійність електроприймачів та надійність електропостачання». Кіровоградобленерго веб-сайт. URL: <http://kiroe.com.ua/?q=node/157> (дата звернення: 14.06.2020).

9. В.А. Попов, В.В. Ткаченко, І.В. Притискач, А.О. Журавльов. 'Системи електропостачання'. Київ-2017.(редактована).

10. ТЕХНІЧНІ ДАНІ трифазні двохобмотувальні трансформаторів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://leg.co.ua/info/transformatory/tehnicheskie-dannye-trehfaznyh-trehobmotochnyh-transformatorov.html> (дата звернення: 10.06.2020).

11. ГОСТ 13109-97. «Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Затверджено наказом від 21.11.1997.

12. Електронний каталог ЗАО «ЗЭТО» [Електронний ресурс]: база даних. – Режим доступу: http://zeto.ru/products_and_services/ (дата звернення: 10.06.2020).

13.Електронний каталог «Siemens» [Електронний ресурс]: база даних. – Режим доступу: <https://w3.siemens.com/powerdistribution/> (дата звернення: - 01.06.2020).

14. Електронний каталог ЗАО «УралЭнерго» [Електронний ресурс]: база даних. – Режим доступу: <http://uralen.ru/catalog/vk/group-50/572.html> (дата звернення: 01.06.2020).

15. «Релейний захист та автоматика». веб-сайт. URL: <https://works.doklad.ru/view/Fmb2XEdmH3Q.html> (дата звернення: 01.06.2020).

16.«Релейний захист та автоматика». веб-сайт. URL: <https://works.doklad.ru/view/Fmb2XEdmH3Q/2.html> (дата звернення: 01.06.2020).

17.Постанова НКРЕКП від 28.12.2018 № 2069 «Про затвердження ставок плати за нестандартне приєднання потужності та ставок плати за лінійну частину приєднання на 2019 рік», № 2069 від 28.12.2018

18. Правильне освітлення [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://levada.if.ua/remont-yak-stvoryty-pravylnе-osvitlennya-v-novij-kvartiri/> (дата звернення: 08.06.2020).

19.. Організація освітлення в квартирі [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.the-village.com.ua/village/service-shopping/design-hack/267783-osvitlennya-v-kvartiri> (дата звернення: 07.06.2020).

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		179

20. Основи правильного освітлення квартири Подробнее: https://lustra-style.com.ua/ua/articles/58.osnovi_pravilnogo_osvitlennya_kvartiri [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://lustra-style.com.ua/ua/articles/58.osnovi_pravilnogo_osvitlennya_kvartiri (дата звернення: 09.06.2020).

21. Розрахунок освітленості приміщення світлодіодними світильниками по площі [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://zprim.com.ua/formula-rozrahunku-osvitlenosti-primishhennya-svitlodiodnimi-svitilnikami-po-ploshhi/> (дата звернення: 03.06.2020).

22. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-394> (дата звернення: 12.06.2020).

23. Кушлик Р.В. Електричне освітлення та опромінення. Навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В.Кушлик, В.Ф.Яковлев, Ю.М.Куценко, М.Л.Лисиченко, М.П.Кунденко. Х: ТОВ «Планета-прінт», 2016. - 332 с.

24. Щиток EZ9E312S2FRU Easy9 корпус [Електронний ресурс] // Schneider Electric. – 2020. – Режим доступу до ресурсу :<http://web.seecatalog.ru/catalog/view/EZ9E312S2FRU> (дата звернення: 05.06.2020).

25. АВТ. ВИМИКАЧ iC60N 1P 16A В [Електронний ресурс] // Schneider Electric. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.se.com/ua/uk/product/A9F78116/авт.-вимикач-ic60n-1p-16a-b/> (дата звернення: 08.06.2020).

26. Вимикач освітлення Legrand ,220 В, IP44 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://shop220.com.ua/products/mekhanizm-vykliuchatelya-vlagozaschischennogo-1-kl-ip44-slonovaya-kost-774101-valena-legrand> (дата звернення: 11.05.2020).

27. Вимикач освітлення Legrand ,220 В, IP23 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://rozetka.com.ua/166190277/p166190277/> (дата звернення: 11.05.2020).

28. Світлодіодний світильник Right Hausen Black Frame накладний 18W-4000K [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://ledmir.com.ua/overhead_led_lights/svetodiodnyj_svetilnik_right_hausen_black_frame_krug_nakladnoj_18w-4000k (дата звернення: 11.05.2020).

29. Світильник точковий Kanlux Dalla СТ-DTO50-W [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://svet.kharkov.ua/tochechnie->

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		180

[svetilniki/aluminium/kardannyj-svetilnik-kanlux-dalla-ct-dto50-w/](https://ledmir.com.ua/overhead_ledLights/svetodiodnyj_svetilnik_eglo_95655_4w-3000k) (дата звернення: 11.05.2020).

30. Світлодіодний світильник EGLO 95655 4W-3000K [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://ledmir.com.ua/overhead_ledLights/svetodiodnyj_svetilnik_eglo_95655_4w-3000k (дата звернення: 11.05.2020).

31. Світлодіодна люстра Ledstarks LOTOS Smart Light, Коло 100W-3000-6000K [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://ledmir.com.ua/led_lustre/svetodiodnaja_ljustra_stark_lotos_smart_light_krug_100w-3000-6000k_7929 (дата звернення: 11.05.2020).

32. Світлодіодний світильник EGLO 93395 11W-3000K [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://ledmir.com.ua/overhead_ledLights/svetodiodnyj_svetilnik_eglo_93395_11w-3000k (дата звернення: 11.05.2020).

33. Кабель ВВГнгд 3х1.5 ЗЗЦМ [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://polo-elektro.com.ua/p670072093-kabel-vvgngd-3h15.html> (дата звернення: 11.05.2020).

34. ДБН В.2.2-15-2005. Державні будівельні норми. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Вид. Офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 6 с .

35. НАПБ А.01001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. Вид. Офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 45 с.

36. НПА ОП 63.21-1.22-07. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт. Вид. Офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2007. 35 с.

37. Третьякова Л.Д., Литвиненко Г.Є. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2008. 317 с.

38. Дсанпін 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Вид. Офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2002. 38 с.

39. Дснп 239-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання. Вид. Офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 1996. 35 с

					НТУУ.005.7103.119 ПЗ	Арк.
						181
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

								
	Коэффициент отражения, %							Коэффициент помещения i
ПОТОЛОК	70%				50%		30%	
СТЕНЫ	50%		30%		50%	30%	10%	
ПОЛ	30%	10%	30%	10%	10%			
КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА	0,26	0,25	0,20	0,19	0,17	0,13	0,06	0,5
	0,3	0,28	0,24	0,23	0,2	0,16	0,08	0,6
	0,34	0,32	0,28	0,27	0,22	0,19	0,10	0,7
	0,38	0,36	0,31	0,30	0,24	0,21	0,11	0,8
	0,40	0,38	0,34	0,33	0,26	0,23	0,12	0,9
	0,43	0,41	0,37	0,35	0,28	0,25	0,13	1,0
	0,46	0,43	0,39	0,37	0,30	0,26	0,14	1,1
	0,48	0,46	0,42	0,40	0,32	0,28	0,15	1,25
	0,54	0,49	0,47	0,44	0,34	0,31	0,17	1,5
	0,57	0,52	0,51	0,47	0,36	0,33	0,18	1,75
	0,60	0,54	0,54	0,50	0,38	0,35	0,19	2,0
	0,62	0,56	0,57	0,52	0,39	0,37	0,20	2,25
	0,64	0,58	0,59	0,54	0,40	0,38	0,21	2,5
	0,68	0,60	0,63	0,57	0,42	0,40	0,22	3,0
	0,70	0,62	0,66	0,59	0,43	0,41	0,23	3,5
0,72	0,64	0,64	0,61	0,45	0,42	0,24	4,0	
0,75	0,66	0,72	0,64	0,46	0,44	0,25	5,0	

								
	Коэффициент отражения, %							Коэффициент помещения i
ПОТОЛОК	70%				50%		30%	
СТЕНЫ	50%		30%		50%	30%	10%	
ПОЛ	30%	10%	30%	10%	10%			
КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА	0,19	0,18	0,15	0,14	0,11	0,09	0,04	0,5
	0,24	0,22	0,18	0,18	0,14	0,11	0,05	0,6
	0,27	0,26	0,22	0,21	0,16	0,13	0,06	0,7
	0,31	0,29	0,25	0,25	0,18	0,16	0,07	0,8
	0,34	0,32	0,28	0,28	0,20	0,18	0,08	0,9
	0,37	0,35	0,32	0,30	0,22	0,20	0,09	1,0
	0,40	0,37	0,34	0,33	0,24	0,21	0,11	1,1
	0,44	0,41	0,38	0,36	0,26	0,24	0,12	1,25
	0,48	0,44	0,42	0,40	0,29	0,26	0,14	1,5
	0,52	0,48	0,46	0,43	0,31	0,29	0,15	1,75
	0,55	0,50	0,50	0,46	0,33	0,31	0,16	2,0
	0,58	0,52	0,53	0,49	0,35	0,33	0,17	2,25
	0,60	0,54	0,55	0,51	0,36	0,34	0,18	2,5
	0,64	0,57	0,59	0,54	0,39	0,36	0,20	3,0
	0,67	0,60	0,62	0,56	0,40	0,39	0,21	3,5
0,69	0,61	0,65	0,58	0,42	0,40	0,22	4,0	
0,73	0,64	0,69	0,62	0,44	0,42	0,24	5,0	