



# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад.

І.С.Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехніка та електротехнології»

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Мигович Владислав Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка СЕП мікрорайону міста на 55 тисяч мешканців. Аналіз сучасного керування освітленням будинку»

керівник роботи доцент Семко Дмитро Михайлович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.11.2021 року № 859-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2022р.

3. Вихідні дані до роботи План мікрорайону., перелік споживачів і їх потужність, кількість мешканців, перелік побутових закладів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вибір силових трансформаторів.

Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів. Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ. Розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Генеральний план району

2. Однолінійна схема електропостачання району

3. Схема розташування обладнання на ГПП.

4. Схема управління освітленням

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	доц.Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2020р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ т№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	12.11.2021р	
2	Вступ	13.11.2021р	
3	Коротка характеристика електроприймачів .	18.11.2021р	
4	Визначення повної потужності району.	23.11.2021р	
5	Вибір схеми елетропостачання.	28.11.2021р	
6	Вибір кількості і потужності трансформаторів.	05.12.2021р	
7	Вибір місця розташування ТП.	10.12.2021р	
8	Вибір компенсуючих пристроїв.	15.12.2021р	
9	Розрахунок струмів КЗ на шинах ВН.	20.12.2021р	
10	Розрахунок струмів КЗ на шинах НН ТП.	25.12.2021р	
11	Розрахунок релейного захисту кабельної лінії.	02.01.2022р	
12	Розрахунок освітлення рем.	06.01.2022р	
13	Спецпитання.	10.01.2022р	
14	Охорона праці	14.01.2022р	
15	Список літератури	17.01.2022р	
16			
17	Здача дипломного проекту на перевірку	25.01.2022р	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Мигович В.В.

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Семко Д.М.

## Анотація

Мигович Владислав Васильович. Дипломний проект на тему :

« Розробка СЕП мікрорайону міста на 55 тисяч мешканців.

Аналіз сучасного керування освітленням будинку»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2022

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 86 сторінок .

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень : генеральний план району, однолінійна схема електропостачання району, схема розташування обладнання на ГПП, схема розташування управління освітленням у багатоповерховому житловому будинку.

У проекті розглянуто характеристику району і надано опис споживачів і навантажень. Виконано розрахунки електричних навантажень і побудовано картограму навантажень. Розраховано трансформатори головної понижувальної підстанції, а також розраховані кількість і потужність силових трансформаторів. Виконано розрахунок робочих струмів і обрано відповідні кабелі. Для системи електропостачання району виконано розрахунок струмів короткого замикання. Обрано електричні апарати захисту і управління.

У додатковому розділі розглянуті сучасні засоби керування освітленням будинку.

У розділі охорона праці розглянуто можливі аварійні ситуації та засоби техніки безпеки і захисту обслуговуючого персоналу.

**Ключові слова :** понижувальна підстанція, силовий трансформатор, струми короткого замикання, апарати захисту, компенсація реактивної потужності.

## **Abstract**

Migovic Vladislav Vasilyevich. Thesis project on the topic  
"Development of SEP microdistrict of the city for 55 thousand inhabitants.  
Analysis of modern home lighting management"

National University of Food Technologies, Kyiv -2022

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics

The explanatory note consists of an introduction, 4 sections and a list of used literature. The project is 86 pages. The description is given a graphic part, which consists of four drawings: the master plan of the district, a one-line scheme of power supply to the district, a scheme for the location of equipment on the GPP, a scheme for the location of lighting management in a multi-storey residential building.

The project considers the characteristics of the district and provides a description of consumers and loads. Calculations of electrical loads were made and a cartogram of loads was built. Transformers of the main lowering substation are calculated, as well as the number and power of power transformers are calculated. The calculation of working currents is performed and the corresponding cables are selected. For the power supply system of the district, the calculation of short-circuit currents is made.

Electric devices of protection and control are selected. In the additional section, modern means of controlling the lighting of the house are considered.

In the section labor protection, possible emergency situations and means of safety and protection of service personnel are considered.

**Keywords :** low-power substation, power transformer, short-circuit currents, protection devices, reactive power compensation.

## ЗМІСТ

Вступ .....	7
1. Характеристика проектованого району та джерела живлення ....	9
1.1 Характеристика району, що проектується .....	9
1.2 Характеристика джерела живлення .....	9
2. Визначення розрахункових електричних навантажень .....	10
2.1 Розрахунок навантажень житлових будинків .....	10
2.2 Розрахунок навантажень громадських споруд .....	15
2.3 Визначення розрахункового навантаження ТП .....	17
2.4 Побудова району та розрахунок розподільчої мережі .....	20
2.4.1 Розрахунок розподільчої мережі низької напруги .....	20
2.4.2 Розрахунок розподільчої мережі 10 кВ .....	23
2.5 Вибір трансформаторів центра живлення .....	28
2.6 Вибір повітряної лінії 110 кВ .....	30
2.7 Розрахунок струмів короткого замикання .....	31
2.7. 1 Розрахунок струмів короткого замикання на стороні 10 кВ .	31
2.7.2 Розрахунок струмів КЗ на стороні 0,4 кВ .....	36
2.8 Вибір струмоведучих частин і електричних апаратів .....	39
2.8.1 Вибір високовольтних вимикачів 110 кВ .....	39
2.8.2 Вибір роз'єднувачів .....	42
2.8.3. Вибір трансформаторів струму .....	43
2.8.4 Вибір трансформаторів напруги .....	46
2.8.5 Вибір трансформатора .....	47
2.8.6 Перевірка кабелів на термічну стійкість .....	47

					<b>ДП 2022</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ЗМІСТ</b>					
Розробив		<i>Мигович Вл.</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		<i>Семко Д. М.</i>						5		
Зав.кафедр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ15- 5ск		
Н. Контр.										
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>								

3	Спецпитання .....	54
4	Охорона праці. ....	79
5	Перелік використаних джерел .....	88

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## ВСТУП

В дипломному проекті розглянемо систему електропостачання мікрорайону міста з приміщеннями соціально-побутового призначення на 55 тис. мешканців.

В електричній частині проекту виконано розрахунок електричних навантажень району міста, розрахунок струмів короткого замикання, вибір елементів системи електропостачання, вибір струмоведучих частин та електричних апаратів.

Система електропостачання міста являє собою сукупність усіх напруг, розташованих на території міста і призначена для електропостачання його споживачів. Розміщують електропостачальні мережі напругою 110-10 кВ, а також розподільчі мережі напругою 10 - 0,4 кВ.

Забудова міст обумовлює необхідність відповідного розвитку розподільчих електричних мереж. Займаючи проміжне положення між центрами живлення і споживачами, вони призначені для передачі і розподілу електричної енергії між всіма споживачами, розташованими на території міста. За допомогою розподільчих мереж здійснюється електропостачання житлових будинків, суспільно-комунальних установ, дрібних, середніх, а іноді великих промислових споживачів. Через міські розподільні мережі, у даний час передається до 40% і вироблюваної енергії. Таким чином, мережі стають самостійною галуззю енергетики, і проблема їхнього раціонального спорудження здобуває визначене народногосподарське значення. Одним із споживачів у розглянутій системі електропостачання є житловий будинок, який відноситься до споживачів першої та другої категорії надійності.

					<b>ДП 2022</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ВСТУП</b>					
Розробив		<i>Мигович Вл.</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		<i>Семко Д.М.</i>							7	
Зав.кафедр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, 3ЕЛ15- 5ск		
Н. Контр.										
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>								

Основне і резервне живлення електроприймачів другої категорії може здійснюватися від одного джерела. При цьому допускається перерва в електропостачанні на час, необхідний для включення резервного живлення. Якість напруги відповідно до ГОСТ 13109-97 нормується по відхиленнях напруги від номінального на затисках електроприймачів, по коливаннях, не симетричності і не синусоїдальності напруги.

Припустима величина втрат напруги в лініях від шин ТП до введення в будинок знаходиться в межах 5-6,5%.

У дипломному проекті допускаємо, що навантаження усіх фаз симетричне, форма кривої струму і напруги синусоїдальна.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

# 1. Характеристика проектного району та джерела живлення

## 1.1 Характеристика району, що проектується

В даному проекті розглянута система електропостачання мікрорайону міста з приміщеннями соціально-побутового призначення на 55 тис. мешканців. Територія району, враховуючи рівнинний рельєф, забудована рівномірно. Основні споживачі електричної енергії - житлові будинки, громадські будівлі, установи. Район забудований 18-ти та 16-ти поверховими будинками з квартирами, обладнаними електричними плитами, та 9-ти поверховими будинками з квартирами, обладнаними газовими плитами. Крім того, на території району розташовані різні комунально-побутові та громадські будівлі, серед них медичні заклади, дитячі дошкільні заклади, освітні заклади, підприємства громадського харчування, пункти побутового обслуговування населення, продовольчі та промтоварні магазини. Більшість споживачів відноситься до Категорії - житлові будинки, дитячі та учбові заклади, магазини.

## 1.2 Характеристика джерела живлення

Електропостачання споживачів району забезпечується від шин ЦЖ рівнем напруги 110/10 кВ головної понижуючої підстанції, яка, в свою чергу живиться від шин районної підстанції, розташованої в 10 кілометрах на південь (8кз на шинах 110 кВ складає 3600 МВА).

Крім проектного району, від шин ЦЖ живляться ще 1 район міста, що має подібний характер споживачів.

Генеральний план проектного району з зазначенням порядкових номерів розташованих на території об'єктів наведений на листі 1 у масштабі 1:1000.

					ДП 2022			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Мигович Вл.			Характеристика району	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Семко Д.М.					9	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ15- 5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

## 2. Визначення розрахункових електричних навантажень

Розрахунок навантажень виконуємо починаючи з низького рівня до вищого, розглядаючи по чергово окремі ділянки електричних мереж. За величини розрахункових активної  $P_p$  і реактивної  $Q_p$  електричних навантажень споживача приймаються ймовірні максимальні середні навантаження за час  $T=30$ хвилин.

Основними споживачами є житлові та громадські будинки.

### 2.1 Розрахунок навантажень житлових будинків

Цей розрахунок є основоположним для розрахунку ЕПС житлового району і складається в підрахунку потужності, що споживається окремими будинками.

Згідно генплану району, який виконаний за допомогою програмного забезпечення AutoCAD [15] (лист №1), було проведено ідентифікацію будинків на ньому і позначення їх вводів. В таблиці 2.1. наведені номери вводів по секціям відповідно до типів будинків.

Таблиця 2.1 Нумерація вводів в будинки

Будинок			Номера будівель та вводів, у відповідності з генпланом
Житлові будинки	18 пов.	2 сек.	53,43,13,67
		3 сек.	55,61
	16 пов.	2 сек.	34,20,22,23,98
		4 сек.	27,30,31,33,38,39,42,46,49,58,59,60,62,63,64,65,78,86,92
	9 пов.	1 сек.	1,3,4,6,18,19,28,37,41,68,71,72,70,74,75,89,88,95,96,97
		2 сек.	50,51,52,9,79,82
		3 сек.	5,15,84,87,90
		3 сек.	35,90

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Визначення електричних навантажень</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Мигович Вл.						
Перевірив		Семко Д.М.					10	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛІ5- 5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

Продовження таблиці 2.1 - Нумерація вводів в будинки

Будинок	Номера будівель та вводів ,у відповідності з генпланом району
Пром. товар. магазин	2,40,93
Продовольчий магаз.	14,54
Маг. побут, техн.	17,36,47
Клуб	73
Ресторан	7,26,94
Комплекс розвитку юнацтва	69
Театр	32
Школа	24,44,80
Дитячий садок	12,25,76,85,91
Торгівельний центр	8
Кінотеатр	21,66
Перукарня	11,57,81
Поліклініка	10,56
Аптека	29,48,77
Лікарня	16
Готель	83
Хімчистка	45

Далі виконуємо розрахунок навантажень окремих будинків.

Сумарне розрахункове навантаження житлового будинку визначається за формулою:

$$P_{\text{ж.б.}} = P_{\text{кв}} + K_o \cdot P_c, \quad (2.1)$$

де  $P_{\text{кв}}$  - розрахункове навантаження квартир, кВт;

$P_c$  - розрахункове силове навантаження, кВт;

$K_o$  - коефіцієнт одночасності, в даному випадку  $K_o = 0,9$

Розрахункове навантаження квартир визначається з використанням нормативної потужності однієї квартири для багатоповерхової забудови, значення якої наведені в [12] в залежності від кількості квартир та способу приготування їжі, за формулою:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.пит}} \cdot n \quad (2.2)$$

де  $P_{кв}$  - питоме розрахункове навантаження квартир, кВт/кварт;

$n$  - кількість квартир в будинку.

Силове навантаження електроприймачів, включаючи ліфти, визначається по кількості ліфтових установок в будинку з урахуванням коефіцієнту попиту, який визначаємо по [12] в залежності від кількості установок та кількості поверхів будинків:

$$P_c = K_n \sum_i^m P_{ли},$$

де  $K_n$  - коефіцієнт попиту;

$P_{ли}$  - номінальна активна потужність електродвигуна  $i$ -ої ліфтової установки;

$m$  - кількість ліфтових установок.

В 9-ти поверхових будинках використовується по одному ліфту на секцію (під'їзд) з встановленою потужністю двигуна  $P = 6,5$  кВт, а в 14-ти поверхових будинках і більше - по 2 ліфта на секцію (пасажирський і вантажний) з встановленою потужністю двигунів  $P = (6,5 + 9)$  кВт.

Для подальших розрахунків визначається реактивне навантаження житлових будинків:

$$Q_{жб} = P_{жб} \cdot tg\varphi_{срб}, \quad (2.3)$$

де  $tg\varphi_{срб}$  - коефіцієнт потужності житлового будинку і визначається за формулою:

$$tg\varphi_{срб} = \frac{P_{кв} \cdot tg\varphi_{кв} + P_{ли} \cdot tg\varphi_{ли}}{P_{кв} + P_{ли}}, \quad (2.4)$$

де  $tg\varphi_{кв}$ ,  $tg\varphi_{ли}$  - коефіцієнти потужності, що характеризують навантаження квартир та ліфтових двигунів відповідно:  $\cos \varphi_{кв} = 0,98$ ;  $tg\varphi_{кв} = 0,2$  -

Для вибору параметрів електричних мереж житлових будинків визначається повне навантаження

					ДП 2022	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} \quad (2.5)$$

Для прикладу розглянемо розрахунок навантаження 18-ти поверхового двосекційного житлового будинку:

Кількість квартир у будинку - 144, питоме навантаження квартири:

$$P_{\text{кв.пит}} = 1,63 \text{ кВт/кварт}$$

$$\sum P_{\text{лі}} = (6,5 \times 2 + 9 \cdot 2) \text{ кВт}, K_n = 0,8$$

Розрахункове навантаження квартир за формулою (2.2):

$$P_{\text{кв}} = 1,63 \cdot 144 = 234,72 \text{ кВт}$$

Розрахункове силове навантаження житлового будинку за формулою (2.3):

$$P_c = 0,8 \cdot (6,5 \cdot 2 + 9 \cdot 2) = 24,8 \text{ кВт}$$

Сумарне розрахункове активне навантаження житлового будинку за формулою (2.1):

$$P_{\text{ж.б}} = 234,72 + 24,8 \cdot 0,9 = 257,04 \text{ кВт}$$

Для подальших розрахунків визначаємо згідно за формулою (2.5):

$$\text{tg}\varphi = \frac{234,72 \cdot 0,2 + 24,8 \cdot 1,17}{234,72 + 24,8} = 0,29$$

Реактивне навантаження житлового будинку, згідно з (2.3):

$$Q_{\text{ж.б}} = 257,04 \cdot 0,29 = 75,234 \text{ кВт}$$

Повне навантаження житлових будинків згідно з формулою (2.6):

$$S = \sqrt{257,04^2 + 75,234^2} = 267,8 \text{ кВА}$$

Розрахунок решти навантажень житлових будинків наведені в таблиці 2.2, за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel [13].

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 2.2

п <sub>ПОВ</sub>	Номера введів у будинок	п <sub>с</sub>	п <sub>кв</sub>	Р <sub>кв.п.</sub> , кВт	Р <sub>кв.</sub> , кВт	К <sub>п</sub>	Р <sub>с.</sub> , кВт	Р <sub>ж.б.</sub> , кВт	О <sub>ж.б</sub> , кВт*Ар	S <sub>жб.</sub> , кВт	tg φ
9	1,3,4,6, 18,19,28,37, 41,68, 70,71,72,74, 75,88,89,95, 96,97	1	36	1,53	55,08	0,8	5,2	59,76	21,866	63,63	0,36
	35,90	3	108	0,98	106,48	0,8	15,6	120,52	48,505	129,9	0,40
	9,50,51 52,79,8 2	2	96	1,05	100,8	0,8	24,8	123,12	57,097	135,7	0,46
	5,15,84,87	3	144	0,93	134,64	0,75	34,8	166,02	78,206	183,5	0,47
16	20,22,23,34 ,98	2	128	1,57	200,96	0,8	24,8	223,28	68,447	233,5	0,30
	27,30, 31,33,38,39, 42,46,49,58, 59,60,62,63, 64,65,78,86, 92	4	256	1,35	345,6	0,68	42,1	383,54	117,15	401,0	0,30
18	13,53,43,67	2	144	1,63	234,72	0,8	24,8	257,04	75,234	267,8	0,29
	55,61	3	216	1,36	293,76	0,75	34,8	325,14	98,499	339,7	0,30

Таблиця 2.2 – Навантаження

п <sub>пов</sub>	Номера введів у будинок	п <sub>с</sub>	п <sub>кв</sub>	Р <sub>кв.п.</sub> , кВт	Р <sub>кв.</sub> , кВт	К <sub>п</sub>	Р <sub>с.</sub> , кВт	Р <sub>ж.б.</sub> , кВт	О <sub>ж.б</sub> , кВт*Ар	С <sub>жб.</sub> , кВт	tg φ
9	1,3,4,6, 18,19,28,37, 41,68, 70,71,72,74, 75,88,89,95, 96,97	1	36	1,53	55,08	0,8	5,2	59,76	21,866	63,63	0,36
	35,90	3	108	0,98	106,48	0,8	15,6	120,52	48,505	129,9	0,40
	9,50,51 52,79,8 2	2	96	1,05	100,8	0,8	24,8	123,12	57,097	135,7	0,46
	5,15,84,87	3	144	0,93	134,64	0,75	34,8	166,02	78,206	183,5	0,47
16	20,22,23,34 ,98	2	128	1,57	200,96	0,8	24,8	223,28	68,447	233,5	0,30
	27,30, 31,33,38,39, 42,46,49,58, 59,60,62,63, 64,65,78,86, 92	4	256	1,35	345,6	0,68	42,1	383,54	117,15	401,0	0,30
18	13,53,43,67	2	144	1,63	234,72	0,8	24,8	257,04	75,234	267,8	0,29
	55,61	3	216	1,36	293,76	0,75	34,8	325,14	98,499	339,7	0,30

## 2.2 Розрахунок навантажень громадських споруд

Розрахункове навантаження будинків виконується з урахуванням нормативної питомої потужності для конкретного типу будинків [12]:

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$P_{г.б} = P_{пит} \cdot n ,$$

де  $P_{пит}$  - питоме навантаження на розрахункову одиницю, кВт

$n$  - кількість розрахункових одиниць.

Для прикладу визначимо розрахункове навантаження для промтоварного магазину площею 200кв.м. ( $P_{пит.ш} = 0,14$  кВт/кв.м. ):

$$P_{г.б} = 0,14 \cdot 200 = 28 \text{ кВт}$$

Розрахунки максимальних активних потужностей інших громадських будинків здійснюється аналогічно. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.3, які розраховані за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel [13].

Таблиця 2.3- Розрахункова потужність

Тип споживачів	№ вводу на плані	$N_{роз.од}$	$P_{гр.пит}$	$tg\phi$	$P_{гр, кВт}$	$O_{гр, кВ} \cdot Ap$	$S_{гр, кВ*А}$
Пром. товар. магазин	2,40,93	200	0,14	0,62	28	17,36	32,94
Продовольчий магазин	14,54	90	0,23	0,62	20,7	12,83	24,36
Маг. побут, техн.	17,36,47	300	0,2	0,62	60	37,2	70,60
Клуб	73	400	0,4	0,4	180	77,4	195,9
Ресторан	7,26,94	200	1,0	0,2	206	41,2	210,0
Комплекс розвитку	69	300	0,2	0,2	60	12	61,19
Театр	32	1500	0,3	0,4	525	252	582,3
Школа	24,44,8	2400	0,2	0,3	600	198	631,8
Дитячий	12,25,7	320	0,4	0,2	144	28,8	146,8
Торгівельний центр	8	2000	0,2	0,62	400	248	470,64
Кінотеатр	21,66	800	0,1	0,4	120	51,6	130,6
Перукарня	11,57,8	20	1,4	0,2	29	7,25	29,89
Поліклініка	10,56	500	0,1	0,4	75	32,2	81,64
Аптека	29,48,7	65	0,1	0,4	7,8	3,12	8,40
Лікарня	16	450	2,2	0,4	990	396	1066,2
Готель	83	300	0,5	0,62	150	93	176,49
Хімчистка	45	300	0,08	0,88	24	21,12	31,97

### 2.3. Визначення розрахункового навантаження ТП

При визначенні сумарного розрахункового навантаження приймають до уваги сполучення максимумів навантаження, враховуючи не тільки величину розрахункового навантаження кожного окремого споживача, а також її характер за допомогою коефіцієнтів суміщення максимумів.

Таким чином сумарне активне навантаження споживачів ТП визначається за формулою:

$$P_{ТП} = P_{\max} + \sum_{i=1}^n P_i \cdot K_i, \quad (2.6)$$

де  $P_{ТП}$  – активне навантаження ТП, кВт;

$P_{\max}$  – найбільше з навантажень, кВт;

$P_i$  – інші розрахункові навантаження об'єктів ТП, кВт;

$K_i$  – коефіцієнт суміщення максимумів – участь  $i$ -ого навантаження в максимумі.

Сумарне навантаження групи будинків з однотипним способом приготування їжі вважається як навантаження одного житлового будинку з сумарною кількістю квартир та ліфтів.

Реактивне навантаження визначається аналогічно:

$$Q_{ТП} = (P_{\max} \cdot \operatorname{tg}\varphi) + \sum_{i=1}^n P_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_i \cdot K_i, \quad (2.7)$$

де  $Q_{ТП}$  – реактивне навантаження ТП, кВ-Ар;

$P_i$  – активні навантаження будинків, кВт;

$\operatorname{tg}\varphi_i$  – знаходиться за [12].

Повне навантаження визначається за формулою:

$$S_{ТП} = \sqrt{P_{ТП}^2 + Q_{ТП}^2} \quad (2.8)$$

В якості прикладу визначимо максимальне навантаження ТП8. До складу ТП 8 входять наступні споживачі:

- перукарня (81) з  $P_{гр} = 29$  кВт;

- аптека (77) з  $P_{гр} = 7,8$  кВт;

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- готель (83) з  $P_{гр} = 150$  кВт;
- 3-секційний 9 поверховий будинок (84) - 144 квартири;
- два 2-секційні 9 поверхові будинки (79,82) - 96 квартир;
- 4-секційний 16 поверховий будинок (78) -256 квартир.

Виконаємо розрахунок навантажень житлових будинків у відповідності з методикою наведеною вище.

Житлові будинки з електричними плитами: за формулою (2.1), використовуючи формули (2.2) та (2.3):

$$P_p = P_{ж.б.ел.} = 256 \cdot 1,36 + (6,5 \cdot 4 + 9 \cdot 4) \cdot 0,64 = 387,84 \text{ кВт}$$

Де  $P_{пит} = 1,36$  кВт/кв для  $n = 256$  квартир;

$K_n = 0,64$  – коефіцієнт попиту для даної кількості ліфтів [1].

Максимальною потужністю в районі даного ТП є потужність житлових будинків з електроплитами  $P_p = 387,84$  кВт. По [12] визначаємо коефіцієнти різночасності максимуму:

$$K_{ж.б} = 0,9; K_{п} = 0,8; K_a = 0,6; K_r = 0,7.$$

Таким чином, за формулою (3.1):

$$P_{ТП} = 387,84 + 327,52 \cdot 0,9 + 29 \cdot 0,8 + 150 \cdot 0,7 + 7,8 \cdot 0,6 = 815,488 \text{ кВт}$$

Використовуючи формулу (3.2):

$$Q_{ТП} = 387,84 \cdot 0,2 + 327,52 \cdot 0,9 \cdot 0,29 + 29 \cdot 0,8 \cdot 0,25 + 150 \cdot 0,7 \cdot 0,62 + 7,8 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 235,822 \text{ кВт}$$

За формулою (3.3), одержуємо:

$$S_{ТП} = \sqrt{815,488^2 + 235,822^2} = 848,901 \text{ кВА}$$

Вибираємо ТП потужністю трансформаторів 2х630 кВА. Розрахунок навантажень інших ТП зводимо в таблицю 2.4, які розраховані за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel [13].

Таблиця 2.14- Навантаження трансформаторних підстанцій

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ ТП	S <sub>НОМ</sub> кВ-А	P <sub>ТП</sub> кВт	Q <sub>ТП</sub> кВ-	S <sub>ТП</sub> кВ-А	№ вводу
ТП1	2x630	934,0	216,9	958,867	46,47,48,49,50,5
ТП2	2x100	1225,	245,1	1249,872	65,60,59,58
ТП3	2x630	673,5	169,3	694,549	69,66,68,67,70,7
ТП4	2x630	744,5	165,7	762,753	98,97,96,95,93,92
ТП5	2x630	948,1	277,2	987,878	44,45,52,53,54,5
ТП6	2x100	1251,	263,4	1278,538	57,56,64,63,62,6
ТП7	2x630	907,7	297,0	955,141	80,72,73,74,75,7
ТП8	2x630	815,4	235,8	848,901	77,78,79,81,82,8
ТП9	2x100	1230,	246,9	1254,828	29,30,31,38,39
ТП1	2x100	1329,	428,1	1397,2	21,22,23,27,28,3
ТП	2x630	687,4	309,8	754,074	8,11,12,17,18,19,
ТП1	2x630	716,4	167,6	735,837	88,89,90,87,85,8
ТП1	2x630	709,7	171,5	730,222	36,37,40,41,42,4
ТП1	2x100	1165,	315,5	1207,813	24,26,33,35,34,2
ТП1	2x100	1295,	486,9	1384,269	9,13,16,14,15,10
ТП	2x630	431,3	116,7	446,871	1,2,3,4,5,6,7

Тип і потужність трансформаторних підстанцій вибиралися виходячи з наступних розумінь: по-перше, не повинне бути перевантаження при нормальному режимі роботи трансформаторів трансформаторних підстанцій (працюють обидва трансформатори); по-друге, у після аварійному режимі роботи, коли в результаті аварії ушкоджується один трансформатор, трансформатор, що залишився в роботі повинний нести все навантаження з припустимим перевантаженням. Також слід зазначити, що для всіх районів ТП проектового району міста були обрані трансформаторні підстанції двох типів, що деяким чином ускладнює обслуговування і ремонт трансформаторів і іншого устаткування трансформаторних підстанцій.

## 2.4. Побудова схеми електропостачання району та розрахунок розподільчої мережі.

В якості напруги розподільної мережі доцільно використовувати напругу 10 кВ. Визначимо структуру та параметри елементів розподільчих мереж середньої (10 кВ) та низької (0,38кВ) напруги.

### 2.4.1 Розрахунок розподільчої мережі низької напруги

Оскільки в проектуваному районі основними є споживачі II-ої категорії, живлення кожного з них забезпечується по двох лініях 0,38 кВ.

У нашому випадку для постачання споживачів застосовується радіальна схема. Радіальна схема являє собою постачання кожного споживача за допомогою двох взаєморезервуючих кабелів. Ця схема застосовується для постачання більшості споживачів, що знаходяться в безпосередній близькості. Обраний переріз для будь-яких СЕП низької напруги повинен задовольняти наступним вимогам:

1) Максимальні втрати напруги в лінії при нормальному режимі не повинні перевищувати 5%, у після аварійному - 10% від номінальної напруги.

Втрата напруги в загальному випадку розраховується за формулою:

$$\Delta U_{\%} = \frac{10^2 \cdot P_i \cdot l_i \cdot r_0}{U_H^2}, \quad (2.9)$$

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

$U_H$  - номінальна напруга мережі -  $U_H = 380$  В;

$P_i$  - потужність, що протікає по і-й ділянці, кВт;

$l_i$  - довжина і-ої ділянки, м;

2) Струм у нормальному і після аварійному режимах не повинен перевищувати припустимий відповідно для нормального і після аварійного режиму.

Припустимий струм розраховується за формулою:

					ДП 2022	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_d = I_{дТ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.10)$$

де  $I_d$ - припустимий струм для даних умов, А;

$I_{дТ}$ - табличне значення допустимого струму (приведене в [6]), А;

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує взаємовплив кабелів при їхній прокладці в одній траншеї (у цьому випадку  $K_1 = 0,9$ , інакше  $K_1 = 1,0$ );

$K_2$  - коефіцієнт, що враховує температуру землі в період річних максимумів навантаження; якщо температура  $+15\text{ }^\circ\text{C}$ , у нашому випадку  $K_2 = 1$ ;

$K_3$  - коефіцієнт для підрахунку припустимого післяаварійного струму,  $K_3 = 1,3$ . В коротких радіальних мережах переріз будемо вибирати за допустимим струмом в після аварійному режимі.

$r_0$ - погонний опір, Ом/км; Робочий струм кабелю будемо розраховувати за загальною формулою:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot n} \quad (2.11)$$

де:  $I$  - струм, А;

$S$  - потужність ,кВА;

$U_H$  - номінальна напруга,  $U_H = 0,38$  кВ;

$n$  - кількість паралельно прокладених кабелів на ділянці мережі.

$S_{б\text{уд}}$  можна визначити за формулою:

$$S_{б\text{уд}} = \frac{P_{б\text{уд}}}{\cos\varphi_{б\text{уд}}}, \quad (2.12)$$

$S_{б\text{уд}}$ - потужність будинку, кВА;

$P_{б\text{уд}}$  - активна потужність будинку, кВт;

$\cos\varphi$  - коефіцієнт потужності.

Для прикладу розглянемо розрахунок і вибір перерізів кабелів для однієї радіальної ділянки мережі.

Радіальна схема: ввід № 67 в районі ТП 3:

18-ти поверховий 2 секційний житловий будинок  $P_{67} = 257,04$  кВт,  $l = 44$ м.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За формулою (2.12):

$$S_{\text{Буд}} = \frac{257.04}{0.98} = 262.285 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

За формулою (2.11) струм в після аварійному режимі:

$$I_{\text{п.а}} = \frac{262,285}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1} = 398,513 \text{ А}$$

Вибираємо кабель АВВГ (4х240),  $r_0 = 0,123 \text{ Ом/км}$ , ( $I_{\text{дт}} = 440 \text{ А}$  - для одного кабелю).

За формулою (2.11) струм в нормальному режимі:

$$I_{\text{н}} = \frac{262,285}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2} = 199.256 \text{ А}$$

За формулою (2.10) струми:

- в нормальному режимі:

$$I_{\text{н}} = 440 \cdot 0.9 \cdot 1 = 396 \text{ А}$$

- в після аварійному режимі:

$$I_{\text{п.а}} = 440 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,3 = 514,18 \text{ А}$$

За формулою (2.9) втрата напруги:

- у нормальному режимі:

$$\Delta U_{\%} = \frac{10^2}{380^2} \cdot \frac{262.285}{2} \cdot 44 \cdot 0.123 = 0.482\%$$

- у післяаварійному режимі:

$$\Delta U_{\%} = \frac{10^2}{380^2} \cdot 262.285 \cdot 44 \cdot 0.123 = 0.963\%$$

Вибираємо кабель перерізом 240 мм .

Результати інших розрахунків зведемо в таблицю 2.5, розрахунок здійснювався за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel [13].

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Вибір кабелю

ТП	Ввід	Схема	Кабель		Допустимий струм, А		Розрахунковий струм, А		$\Delta U_n, \%$	
			тип	переріз	І <sub>дн</sub>	І <sub>дпав</sub>	І <sub>н</sub>	І <sub>пав</sub>	$\Delta U$	$\Delta U_{пав}$
Т П З	66	Радіальна	АВВГ	(4x95)	180	234	99,09	198,181	0,14	0,287
	67			(4x240)	396	514,8	199,2	398,51	0,48	0,963
	68			(4x35)	112,5	146,25	47,29	94,581	0,17	0,352
	69			(4x35)	112,5	146,25	53,62	107,25	0,45	0,918
	70			(4x35)	112,5	146,25	47,29	94,581	0,24	0,492
	71			(4x35)	112,5	146,25	47,29	94,581	1,17	2,357
	94			(4x185)	342	444,6	164,7 3	329,46 7	0,39	0,781

#### 2.4.2 Розрахунок розподільчої мережі 10 кВ

Активна потужність  $P_{p.d.i}$  кожної і-ї ділянки мережі формується активними навантаженнями трансформаторів декількох ТП (включаючи втрати потужності в трансформаторах), що протікають по цій ділянці і визначаються за формулою:

$$P_{p.d.i} = K_{н.м} \sum_{i=1}^n (P_{p.тp.i} + \Delta P_{тp.i}), \text{кВт} \quad (2.13)$$

де  $P_{p.тp.i}$  - максимальна активна потужність і-го трансформатора;

$\Delta P_{тp.i}$  - втрати активної потужності в і-му трансформаторі;

$K_{н.м}$  - коефіцієнт нерівномірності максимумів навантажень, що залежить від числа водночас працюючих трансформаторів і що визначається [33].

Визначення максимальної реактивної потужності кожної і-ї ділянки мережі

$Q_{p.d.i}$  розраховується за формулою:

$$Q_{p.d.i} = K_{н.м} \sum_{i=1}^n (Q_{м.тp.i} + \Delta Q_{тp.i}) \text{кВ} \cdot \text{Ар} \quad (2.14)$$

По величинам  $P_{p.d.i}$  і  $Q_{p.d.i}$  знаходяться  $S_{p.d.i}$  і  $I_{p.d.i}$ . Вибір перерізів кабелів робимо по допустимому нагріву в нормальному і після аварійному режимах. Зробимо розрахунок електричної мережі району напругою 10 кВ.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Схематичне розташування ділянок мережі наведено аркуші 1, який здійснений за допомогою програмного забезпечення AutoCAD [15], де вказані відстані 1 (м), активні  $P_p$ (кВт) і реактивні  $Q_p$ (кВАр) максимальні потужності в нормальному режимі роботи.

Під час визначення розрахункових навантажень кожної і-ї ділянки мережі в після аварійному режимі приймаємо вихід з ладу однієї лінії на наступній ділянці.

Розрахунок втрат потужності в трансформаторах визначаємо за формулами:

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + K_3^2 \cdot \Delta P_{k3} \quad (2.15)$$

$$\Delta Q_m = \Delta Q_{xx} + K_3^2 \cdot \Delta Q_{k3} = \frac{xx\%}{100} \cdot S_{н.тр} + K_3^2 \sqrt{\left(\frac{U_{k3}(\%)}{100}\right)^2 - (\Delta P_{k3})^2} \quad (2.16)$$

де  $\Delta P_{xx}$ ,  $\Delta P_{k3}$ ,  $i_{xx}$ ,  $U_{k3}$  – паспортні дані трансформатора;

$K_3$  – коефіцієнт завантаження трансформатора, рівний  $S_M/S_{н.тр}$

Для трансформаторів  $S_{н.тр}=630$  кВ\*А;  $\Delta P_{xx}=1,05$  кВт;  $\Delta P_{k3}=7,6$  кВт;  $i_{xx}=1,6\%$ ;

$U_{k3}=5,5\%$

Тоді:

$$\Delta Q_{xx} = \frac{1.6}{100} 630 = 10.08 \text{ кВ} \cdot \text{Ар};$$

$$\Delta Q_{k3} = \sqrt{\left(\frac{5.5}{100} 630\right)^2 - 7.6^2} = 34.15 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Для трансформаторів  $S_{н.тр}=1000$  кВ\*А;  $\Delta P_{xx}=2,45$  кВт;  $\Delta P_{k3}=11$  кВт;  $i_{xx}=1,4\%$ ;

$U_{k3}=5,5\%$

Тоді:

$$\Delta Q_{xx} = \frac{1.4}{100} 1000 = 14 \text{ кВ} \cdot \text{Ар};$$

$$\Delta Q_{k3} = \sqrt{\left(\frac{5.5}{100} 1000\right)^2 - 11^2} = 53.88 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

За формулами (4.7), (4.8) знаходимо  $\Delta P_m$  та  $\Delta Q_0$  для ТП1:

$$\Delta P_{ТП} = 1,05 + 4,401 = 5,451$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$\Delta Q_{\text{ТП}} = 10,08 + 19,777 = 29,857$$

Розрахунок втрат потужності в одному трансформаторі кожної ТП здійснено в таблиці 2.6, розрахунок здійснений за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel [13].

Таблиця 2.6 – Втрати потужності в трансформаторі

№ТП	SP кВт	Kз, в.о	Kз <sup>2</sup> , в.о	Втрати активної потужності, кВт			Втрати реактивної потужності, кВАр		
				$\Delta P_{\text{xx}}$	$K_3^2 \cdot \Delta$	$\Delta P_{\text{T}}$	$\Delta Q_{\text{xx}}$	$\Delta Q_{\text{K3} \cdot K_3^2}$	$\Delta Q_{\text{T}}$
ТП	479,4	0,76	0,5	1,05	4,401	5,451	10,0	19,777	29,85
ТП	624,9	0,62	0,3	2,45	4,296	6,746	14	21,043	35,04
ТП	347,2	0,55	0,3	1,05	2,309	3,359	10,0	10,377	20,45
ТП	381,3	0,60	0,3	1,05	2,785	3,835	10,0	12,515	22,59
ТП	493,9	0,78	0,6	1,05	4,672	5,722	10,0	20,992	31,07
ТП	639,2	0,63	0,4	2,45	4,495	6,945	14	22,019	36,01
ТП	477,5	0,75	0,5	1,05	4,367	5,417	10,0	19,624	29,70
ТП	424,4	0,67	0,4	1,05	3,45	4,5	10,0	15,501	25,58
ТП	627,4	0,62	0,3	2,45	•	6,78	14	21,21	35,21
ТЛ	698,6	0,69	0,4	2,45	5,368	7,818	14	26,296	40,29
ТП	377,0	0,59	0,3	1,05	2,722	3,772	10,0	12,231	22,31
ТП	367,9	0,58	0,3	1,05	2,592	3,642	10,0	11,647	21,72
ТП 13	365,1	0,5	0,3	1,05	2,553	3,603	10,0	11,47	21,55
ТП	603,9	0,60	0,3	2,45	4,012	6,462	14	19,65	33,65
ТП	692,1	0,69	0,4	2,45	5,27	7,72	14	25,811	39,81
ТП 16	223,4	0,35	0,1	1,05	0,956	2,006	10,0	4,2955	14,37

Зробимо розрахунок навантажень однієї лінії на дільниці ТП 12-

ТП 11-ТП 10:

Активна потужність на дільниці (формула 2.13):

$$P_p = K_{\text{нт}} (P_{\text{тр.тн12}} + P_{\text{тр.тн11}} + P_{\text{тр.тн10}} + \Delta P_{\text{р.тп12}} + \Delta P_{\text{р.тп11}} + \Delta P_{\text{р.тп10}});$$

$$P_p = 0,85(358,237 + 343,736 + 664,994 + 3,642 + 3,772 + 7,818) \\ = 1174,869 \text{ кВт};$$

$$Q_p = K_{\text{нт}} (Q_{\text{тр.тн12}} + Q_{\text{тр.тн11}} + Q_{\text{тр.тн10}} + \Delta Q_{\text{р.тп12}} + \Delta Q_{\text{р.тп11}} + \Delta Q_{\text{р.тп10}})$$

$$Q_p = 0,85(83,844 + 154,92 + 214,068 + 21,727 + 22,311 + 40,296) \\ = 456,591 \text{ кВт} \cdot \text{Ар}$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$S_M = \sqrt{1174,869^2 + 456,591^2} = 1260,473 \text{ кВт} \cdot \text{А};$$

$$I_p = \frac{1260.473}{\sqrt{3} \cdot 10} = 72.773 \text{ А};$$

$$I_{p.a} = 72.773 \cdot 2 = 145.546 \text{ А}$$

Розрахунок навантажень на інших ділянках мережі робимо аналогічно. Дані розрахунку зведені в таблицю 2.7, розрахунок зроблений за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel [13].

Таблиця 2.7 Навантаження на інших ділянках мережі

Дільниця мережі	Номери живлячих ТП	Максимальні навантаження			
		$P_{pi}$ , кВт	$Q_{pi}$ , кВ-Ар	S кВ-А	$I_{p.i}$ , А
ТП4-ТП3	4	338,483	94,943	351,547	20,296
ТП3-ТП2	4,3	644,616	189,581	671,915	38,793
ТП2-ТП1	4, 3, 2	1135,41	313,011	1177,774	67,998
ЦЖ-ТП1	4, 3, 2, 1	1537,00	430,588	1596,178	92,155
ТП8-ТП7	8	371,019	129,142	392,852	22,681
ТП7-ТП6	8,7	784,394	289,547	836,129	48,273
ТП6-ТП5	8, 7, 6	1278,43	416,045	1344,431	77,620
ЦЖ-ТП5	8, 7, 6, 5	1669,27	560,295	1760,797	101,659
ТШ2-ТП11	12	325,691	95,013	339,267	19,587
ТПП-ТШО	12, 11	638,448	254,528	687,314	39,682
ТШ 0-1419	12, 11, 10	1174,86	456,597	1260,475	72,773
ЦЖ-ТП9	12, 11, 10,	1703,50	591,497	1803,271	104,111
ТП16-ТП15	16	195,914	65,468	206,564	11,925
ТП15-ТП14	16, 15	785,972	320,418	848,776	49,004
ТШ4-ТП13	16, 15, 14	1243,29	465,325	1327,519	76,644
ЦЖ-ТП13	16, 15,	1548,01	556,540	1645,021	94,975

Зробимо вибір перерізу кабелю ААБ на ділянці мережі ЦЖ - ТП 1.

Вибираємо кабель ААБ (3x120)мм<sup>2</sup> з  $I_d=200\text{А}$ . Допустимі струми в

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

нормальному  $I_d$  і після аварійному  $I_{да}$  режимах згідно формули (2.10) рівні:

$$I_d = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 200 = 198 \text{ А,}$$

$$I_{да} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 200 = 257,4 \text{ А}$$

Умови  $I_p \leq I_d$  та  $I_{p.a} \leq I_{да}$  виконуються.

Аналогічно здійснюємо вибір кабелів по іншим ділянцям мережі. Дані розрахунків зведені в таблицю 2.8, розрахунки виконані за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel [13].

Таблиця 2.8 – Вибір кабелів типу ААБ напругою 10 кВ

Дільниця мережі	Розрахункове навантаження,		Вибраний переріз кабелю	Тривало-допустимі сируми, А		
	$I_p$ ,	$I_{p.a}$ ,		$I_d$ ,	$I_{дн}$	$I_{д.а}$
1	2	3	4	5	6	7
ТП4-ТП3	20,296	40,593	3x95	175	173,25	225,225
ТП3-ТП2;	38,793	77,586	3x95	175	173,25	225,225
ТП2-ТП1	67,998	136	3x95	175	173,25	225,225
ЦЖ-ТП1	92,155	184,31	3x120	200	198	257,4
ТП8-ТП7	22,681	45,363	3x95	175	173,25	225,225
ТП7-ТП6	48,273	96,548	3x95	175	173,25	225,225
ТП6-ТП5	77,620	155,24	3x95	175	173,25	225,225
ЦЖ-ТП5	101,659	203,32	3x150	300	297	386,1
ТП12-ТШ1	19,587	39,175	3x95	175	173,25	225,225
ТПП-ТШО	39,682	79,364	3x95	175	173,25	225,225
ТП10-ТП9	72,773	145,55	3x95	175	173,25	225,225
ЦЖ-ТП9	104,111	208,22	3x150	300	297	386,1
ТШ6-ТП15	11,925	23,852	3x95	175	173,25	225,225
ТШ5-ТП14	49,004	98,008	3x95	175	173,25	225,225
ТП14-ТП13	76,644	153,29	3x95	175	173,25	225,225
ЦЖ-ТП13	94,975	189,95	3x120	200	198	257,4



2) У після аварійному режимі

$$K_{пер} \geq \frac{S_p}{S_{ТР.НОМ}} \quad (2.21)$$

де:  $K_{пер}$  - коефіцієнт перевантаження ( $K_{пер} = 1,4$ );

$S_p$ - робоча потужність у після аварійном режимі, МВ\*А;

$S_{тр}$ - номінальна потужність трансформатора, МВ\*А;

У такий спосіб:

$$K_{пер} = \frac{24990,433}{25000} = 0,9996$$

По умові післяаварійного режиму приймаємо в ЦЖ 2 трансформатори потужністю 25000кВт з параметрами (табл.2.9):

Таблиця 2.9 – Паспортні дані трансформатора ТРДН-25000/110

Тип	Стр.н, МВ*А	Напруга, кВ			Втрати, кВт		U <sub>кз</sub> , %	I <sub>хх</sub> , %
		ВН	НН1	НН2	ХХ	КЗ		
ТРДН-25000/110	25	11	10,5	10,5	25	120	10,5	0,65

Для електропостачання проектованого району обраний трансформатор з розщепленою обмоткою НН. Зважаючи на те, що в струми КЗ у проектованій мережі відносно невеликі, прийемо схему ЦЖ із запаралеленою вторинною обмоткою трансформатора. Це приведе до значної економії засобів, тому що в такому випадку на приєднанні трансформатора до шин підстанції встановлюється загальні апаратури для обох обмоток кожного із трансформаторів. На підстанції передбачений відкритий розподільчий пристрій (ВРПр) 110 кВ, що виконаний за схемою 110-н типового проекту 407-03-456.87 ЕСП з двома роз'єднувачами в перемишці 110 кВ. На стороні 10 кВ споруджується закритий розподільчий пристрій (ЗРПр) з двома секціями збірних шин і автоматичним вводом резерву (АВР) на секційному вимикачі. Для живлення власних потреб передбачається установка двох трансформаторів 10/0,4 кВ потужністю 160 кВА кожний.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## 2.6. Вибір повітряної лінії 110 кВ

Визначимо розрахунковий струм  $I_{p110}$  на стороні 110 кВ трансформатора ЦЖ.

Знаходимо потужності з урахуванням втрат потужності в трансформаторах ЦЖ, що визначаються за формулами(4.7), (4.8).

$$\Delta P_{\text{т.цж}} = 2 \cdot 25 + 2 \cdot 0,516^2 \cdot 120 = 113,859 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{т.цж}} = 2 \cdot \frac{0,65}{100} \cdot 25000 + 2 \cdot 0,516^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{10,5}{100} \cdot 25000\right)^2 - 120^2} = 1721,382 \text{ кВАр}$$

;

$$P_{p110} = P_{p10} + \Delta P_{\text{т.цж}} \quad (2.22)$$

$$P_{p110} = 24107,856 + 113,859 = 24221,715 \text{ кВт};$$

$$Q_{p110} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{т.цж}}, \quad (2.23)$$

$$Q_{p110} = 6582,764 + 1721,382 = 8304,146 \text{ кВАр};$$

$$S_{p110} = \sqrt{24221,715^2 + 8304,146^2} = 25605,67 \text{ кВА}$$

$$I_{p110A} = \frac{25605,67}{\sqrt{3} \cdot 110} = 134,554 \text{ А}$$

$$I_{p110} = \frac{25605,67}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 67,277 \text{ А}$$

Переріз проводів марки АС вибираємо з стандартного ряду перерізів по умовам допустимого нагріву в нормальному і після аварійному режимах, а також по умовам корони і механічної міцності.

По умовам допустимого нагріву можна прийняти провід АС-35/6,2;  $I_{\text{д}}=175\text{А}$ .  
З урахуванням допустимого навантаження в після аварійному режимі ( $K_{\text{за}}= 1,08$ ) одержуємо:

$$I_{\text{р.а}} = 134,554 \text{ А} < 1,08 \cdot 175 = 189\text{А}$$

Мінімально допустимий переріз по умовам корони складає 70, а по механічній міцності - 35 мм<sup>2</sup> .

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

## 2.7. Розрахунок струмів короткого замикання

### 2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання на стороні 10 кВ

Для обчислення струмів КЗ складають розрахункову схему, що відповідає номінальному режиму роботи СЕС і намічають необхідні місця КЗ.

На рис. 2.1а наведена розрахункова схема, виконана за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Word [14], із вказанням розрахункових місць КЗ.

По ній складають схему заміщення, у яку вносяться опори всіх елементів, що перебувають між джерелом живлення й місцями КЗ.

Розрахунок проводиться у відносних одиницях. Схема заміщення представлена на рис. 2.1 б.

За базисну потужність приймаємо  $S_б=100$  МВ-А, за базисну напругу приймаємо 115 кВ. Система задана як  $S_с=3600$  МВ-А,  $U_с=const$ . Реактивний опір системи на підставі вказаних величин:

$$X_{*c} = \frac{S_б}{S_{к.з}};$$
$$X_{*c} = \frac{100}{3600} = 0,028.$$

Активний опір повітряної лінії визначається:

$$r_* = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_б}{U_{ном}^2} = \frac{0,91 \cdot 10 \cdot 100}{115^2} = 0,068.$$

Реактивний опір повітряної лінії:

$$X_{*л} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_б}{U_{ном}^2};$$
$$X_{*л} = \frac{0,4 \cdot 10 \cdot 100}{115^2} = 0,03.$$

Опір трансформатору:

$$X_{*ТВ} = \frac{0,125 \cdot U_к \cdot S_б}{100 \cdot S_{ТР.НОМ}}$$

					ДП 2022	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{*ТВ} = \frac{0,125 \cdot 10,5 \cdot 100}{100 \cdot 25} = 0,053;$$

$$X_{*ТП} = \frac{1,75 \cdot U_k \cdot S_{\text{б}}}{100 \cdot S_{\text{ТР.НОМ}}};$$

$$X_{*ТП} = \frac{1,75 \cdot 10,5 \cdot 100}{100 \cdot 25} = 0,735$$

де  $U_k=10,5\%$  - напруга КЗ трансформатора ТРДН – 25000/110 [4];

$S_{\text{ТР.НОМ}}=25 \text{ МВ}\cdot\text{А}$  – номінальна потужність трансформатора.

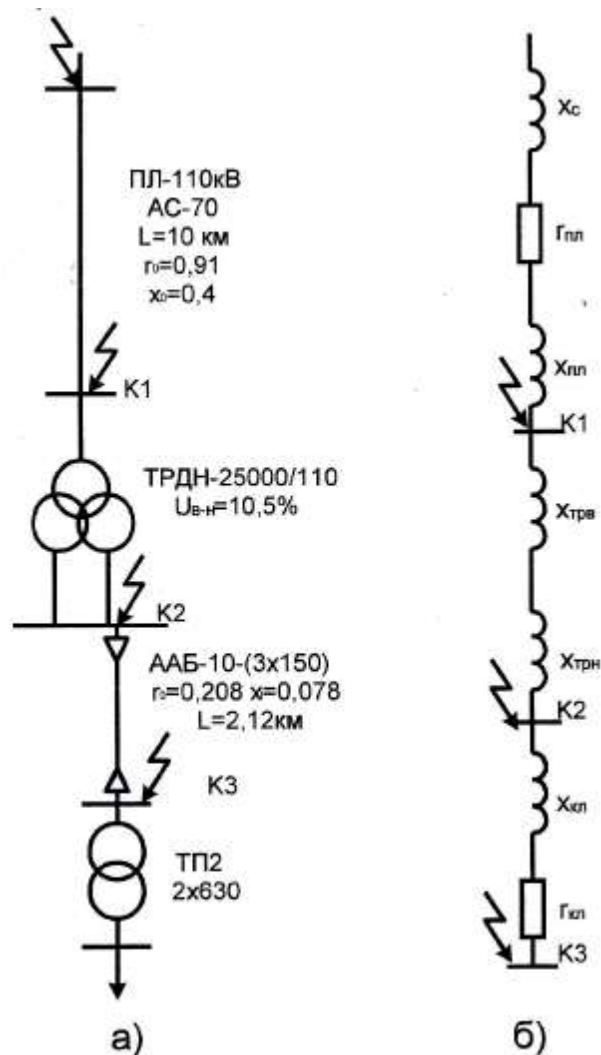


Рисунок 2.1 – Схема для розрахунків струмів КЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Активний і реактивний опір кабельної лінії:

$$r_{*к\lambda} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_6}{U_{\text{НОМ}}^2};$$

$$r_{*к\lambda} = \frac{0,208 \cdot 2,12 \cdot 100}{10,2^2} = 0,4;$$

$$X_{*к\lambda} = \frac{\sigma_0 \cdot l \cdot S_6}{U_{\text{НОМ}}^2};$$

$$X_{*к\lambda} = \frac{0,078 \cdot 2,12 \cdot 100}{10,5^2} = 0,15.$$

де -  $l = 2,12$  км - довжина лінії

$r_0 = 0,208$  Ом/км,  $x_0 = 0,078$  Ом/км [5]

Результуючий опір до місця КЗ:

точка К<sub>1</sub>:  $X_{*\Sigma 1} = X_{*л} = 0,03$ ;

точка К<sub>2</sub>:  $X_{*\Sigma 2} = X_{*\Sigma 1} + X_{*ТВ} + X_{*ТН}/2 = 0,03 + 0,053 + 0,367 = 0,45$ ;

точка К<sub>3</sub>:  $X_{*\Sigma 3} = X_{*\Sigma 2} + X_{*к\lambda} = 0,45 + 0,15 = 0,6$ .

Враховуючи велику електричну віддаленість, коли значення результуючого опору в основному визначається опорами елементів системи електропостачання району міста, періодична складова струму КЗ приймається незатухаючою і визначається:

$$I'' = I_{n(t)} = I_{\infty} = \frac{I_6}{\sqrt{r_{*i}^2 + x_{*\Sigma i}^2}}, \quad (2.24)$$

де  $I''$ ,  $I_{n(t)}$ ,  $I_{\infty}$  - діюче значення відповідно початкового над перехідного струму для моменту часу  $i$  та усталеного струму трифазного КЗ, кА;

$I_6$  - базисний струм в кА, що визначається

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} \quad (2.25)$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діюче значення струму трифазного КЗ в точці К1 за формулами (2.24):

$$I'' = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot \sqrt{0,068^2 + 0,03^2}} = 6,67 \text{ кА}$$

В точці К2:

$$I'' = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot \sqrt{0,068^2 + 0,45^2}} = 12,04 \text{ кА}$$

В точці К3:

$$I'' = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot \sqrt{0,445^2 + 0,6^2}} = 7,4 \text{ кА}$$

Ударний струм КЗ визначається за формулою:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I'' ,$$

де  $K_{уд}$  – ударний коефіцієнт, [7].

Ударний струм трифазного КЗ для:

$$\text{точки 1: } i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 6,7 = 16,97 \text{ кА}$$

$$\text{точки 2: } i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 12,04 = 30,04 \text{ кА}$$

$$\text{точки 3: } i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,4 = 18,8 \text{ кА}$$

Найбільше діюче значення струму КЗ визначається за формулою:

$$I_y = I'' \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2};$$

$$I_{y1} = 6,67 \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 10,05 \text{ кА}$$

$$I_{y1} = 12,04 \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 18,1 \text{ кА}$$

$$I_{y1} = 7,4 \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 11,17 \text{ кА}$$

Розрахунок однофазного КЗ

Оскільки схема з'єднання обмоток трансформатора на ЦЖ У/Δ/Δ, то струм нульової послідовності в мережі 10 кВ буде відсутній.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Зробимо розрахунок струму однофазного КЗ на лінії 110 кВ, яка живить ЦЖ (точка К<sub>1</sub>).

Схема заміщення нульової послідовності зображена на рис.2.2, за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Word [14].

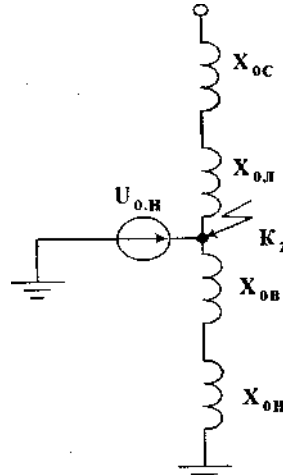


Рисунок 2.2 - Схема заміщення для розрахунку однофазного КЗ

Визначимо опір цієї схеми:

Система:

$$X_{0.c} = \frac{m^{(1)} \cdot U_{c.\phi}}{I_{к2}^{(2)}} - 2X_{1c}, \quad (2.26)$$

де  $X_{1c}=0,028$ ;

$$X_{0.c} = \frac{3 \cdot 115 \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot 6,67 \cdot 115^2} - 2 \cdot 0,028 = 0,16.$$

Повітряна лінія електропередачі:

$$X_{0л} = X_{ол} \cdot l \cdot S_б / U_б^2$$

Де  $X_{ол}$  - погонний опір нульової послідовності двопровідної лінії.

$$X_{0л} = 0,4 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 100 / 115^2 = 0,06.$$

Трансформатор ЦЖ:

$$X_{ТВ} = 0,053; \quad X_{ТН} = 0,735.$$

Результуючий опір:

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$X_{0\Sigma} = \frac{(0,06 + 0,16) \cdot (0,053 + 0,3675)}{0,06 + 0,16 + 0,053 + 0,3675} = 0,144 ,$$

де  $X_{2\Sigma} = X_{1\Sigma} = 0,03$ .

Визначаємо додатковий опір однофазного КЗ:

$$\Delta X_{\Sigma}^{(1)} = X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma} ; \quad (2.27)$$

$$\Delta X^{(1)} = 0,03 + 0,144 = 0,174.$$

Струм однофазного КЗ в точці К<sub>2</sub>:

$$I_{k.2}^{(1)} = \frac{m^{(1)} \cdot E_{\text{през}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{\text{през}} + \Delta X^{(1)})}; \quad (2.28)$$

$$I_{k.2}^{(1)} = \frac{3 \cdot 1 \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot (0,03 + 0,174) \cdot 115} = 7,3 \text{ кА}$$

### 2.7.2 Розрахунок струмів КЗ на стороні 0,4 кВ

Розрахунок струмів КЗ в точці К<sub>4</sub>.

Визначимо опір трансформатора.

$$r_T = \frac{\Delta P_K \cdot U_{\text{нн}}^2}{S_{\text{тр.п}}^2} \cdot 10^3 , \quad (2.29)$$

$$r_T = \frac{7,6 \cdot 0,4^2}{630^2} \cdot 10^3 = 3,06 \text{ мОм};$$

$$z_T = \frac{U_K \cdot U_{\text{нн}}^2}{S_{\text{тр.п}}^2} \cdot 10^4; \quad (2.30)$$

$$z_T = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{630} \cdot 10^4 = 13,96 \text{ мОм};$$

$$x_m = \sqrt{z_m^2 - r_m^2} \quad (2.31)$$

$$x_T = \sqrt{13,96^2 - 3,06^2} = 13,62 \text{ мОм}$$

Результуючий перехідний опір при КЗ в точці К

$$r_{n1} = \frac{(2,5 \cdot \sqrt{S_{\text{нт}}} \cdot k_{\text{ст}}^2 + 320 \cdot a)}{S_{\text{нт}}} \quad (2.32)$$

$$r_{n1} = \frac{(2,5 \cdot \sqrt{630} \cdot 3^2 + 320 \cdot 4)}{630} = 8,4 \text{ Ом}$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Визначимо опір кабельної лінії:

$$r_k = r_0 \cdot l \quad (2.33)$$

$$r_k = 0,208 \cdot 0,085 = 17,6 \text{ мОм};$$

$$x_k = x_0 \cdot l \quad (2.34)$$

$$x_k = 0,059 \cdot 0,085 = 5,015 \text{ мОм}$$

Результуючий опір коротко замкнутого кола до точки К4:

$$r_{к1 \text{ рез}} = r_m + r_{n1} + r_{кл} \quad (2.35)$$

$$r_{к1 \text{ рез}} = 3,06 + 8,4 + 17,6 = 28,7 \text{ мОм}$$

$$x_{к1 \text{ рез}} = x_m + x_{кл}, \quad (2.36)$$

$$x_{к1 \text{ рез}} = 13,62 + 5,015 = 18,635 \text{ мОм}$$

Повний опір коротко замкнутого кола:

$$Z_{к1 \text{ рез}} = \sqrt{r_{к1 \text{ рез}}^2 + x_{к1 \text{ рез}}^2}; \quad (2.37)$$

$$Z_{к1 \text{ рез}} = \sqrt{28,76^2 + 18,63^2} = 34,216 \text{ Ом}$$

Схема заміщення зображена на рис.7.3, яка виконана за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Word [14]

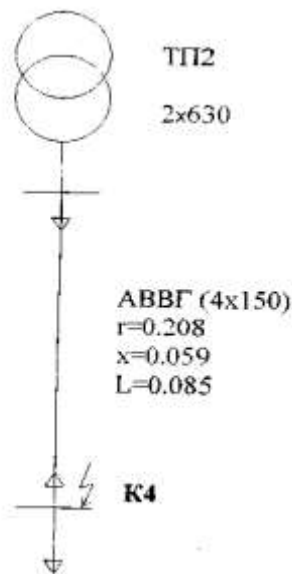


Рисунок 2.3 – Схема для розрахунків струмів КЗ в точці К4.

Початкове діюче значення періодичної складової струму КЗ точки К4:

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot z_{к1рез}}; \quad (2.38)$$

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 34,55} = 6,7 \text{ кА}$$

Ударний струм КЗ в точці К4

$$i_{y.k1} = K_{y.k1} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1}^{(3)} \quad (2.39)$$

$$i_{y.k1} = 1,006 \sqrt{2} \cdot 6,7 = 3,68 \text{ кА}$$

Де  $K_{y.k1} = 1 + e^{(-0,01/T_{a.k1})} \quad (2.40)$

$$K_{y.k1} = 1 + e^{(-0,01/0,002)} = 1,006;$$

$$T_{a.k1} = \frac{x_{к1рез}}{\omega \cdot r_{к1рез}} \quad (2.41)$$

$$T_{a.k1} = \frac{18,635}{314 \cdot 28,7} = 0,002 \text{ с}$$

Для вибору захисту від замикань на землю розраховуємо діюче значення періодичної складової струму однофазного КЗ.

Визначаємо опір трансформатора для нульової послідовності

$$z_{o.T} = 9 \text{ мОм}; \quad r_{o.T} = 2 \text{ мОм}$$

$$x_T = \sqrt{9^2 - 2^2} = 8,77 \text{ мОм}$$

Визначаємо результуючий опір коротко замкнутого кола до точки К4:

$$z_{рез.k1} = \sqrt{(2 \cdot r_{рез1} + r_{o.m})^2 + (2 \cdot x_{рез.1} + x_{o.m})^2} \quad (2.42)$$

$$z_{рез.k1} = \sqrt{(2 \cdot 28,7 + 2)^2 + (2 \cdot 18,63 + 8,77)^2} = 46,02 \text{ мОм.}$$

Визначаємо діюче значення періодичної складової струму однофазного КЗ:

$$I_{k1}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 10^3}{z_{рез.k1}}; \quad (2.43)$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$I_{к1}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 10^3}{46,02} = 15,05 \text{ кА.}$$

## 2.8. Вибір струмоведучих частин і електричних апаратів

### 2.8.1 Вибір високовольтних вимикачів

Для т. К<sub>1</sub> (рис. 7.1) вибираємо елегазовий вимикач В ЗКТ-110-40/200011 з наступними даними (представник в Україні - Торговий дім «ЗЛВО-Україна»)

$$\begin{aligned} U_{\text{НОМ}} &= 110 \text{ кВ}; & I_{\text{НОМ}} &= 1000 \text{ А}; & I_{\text{НОМ відк}} &= 20 \text{ кА}; \\ I_{\text{Нб.прох}} &= 52 \text{ кА}; & I_{\text{Нб.прох}} &= 20 \text{ кА}; & I_{\text{Нб.тс}} &= 20 \text{ кА}; \\ t_{\text{Г}} &= 3 \text{ с}; & t_{\text{вкл}} &= 0,08 \text{ с}; & I_{\text{вл.вим}} &= 0,05 \text{ с}. \end{aligned}$$

Для внутрішньої установки в т. К<sub>2</sub> (рис. 7.1) вибираємо вакуумний вимикач ВР2-10/1600-31,5УЗ з наступними параметрами (компаніями „Високовольтний союз-Україна»).

$$\begin{aligned} U_{\text{НОМ}} &= 10 \text{ кВ}; & I_{\text{НОМ}} &= 2500 \text{ А}; & I_{\text{НОМ відк}} &= 20 \text{ кА}; \\ I_{\text{Нб.прох}} &= 51 \text{ кА}; & I_{\text{Нб.прох}} &= 20 \text{ кА}; & I_{\text{Нб.тс}} &= 20 \text{ кА}; \\ t_{\text{Г}} &= 4 \text{ с}; & t_{\text{вкл}} &= 0,075 \text{ с}; & I_{\text{вл.вим}} &= 0,06 \text{ с}. \end{aligned}$$

Зробимо перевірку окремо для кожного вимикача.

Вимикач ВЗКТ-110-40/200011:

Номінальна напруга мережі

$$U_{\text{м.ном}} \leq U_{\text{НОМ}}; \quad 110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ.}$$

Максимальний робочий струм ланцюга:

$$I_{\text{роб.макс}} \leq I_{\text{НОМ}}; \quad 148,53 < 1000 \text{ (А)},$$

де  $I_{\text{роб.макс}} = 148,53 \text{ А}$  - максимальний струм в після аварійному режимі.

Початковий над перехідний струм КЗ в вимикачі

$$I'' \leq I_{\text{Нб.прох}}$$

Ударний струм КЗ в колі (динамічна стійкість до струмів КЗ):

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пнб.прох}}; \quad (1,45)$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{уд}^{k1} = 16,97 \text{ кА} \leq 2 \text{ кА} = i_{нб.прох}$$

Термічна стійкість до струму КЗ:

$$B_k \leq I_{нб.тс}^2 \cdot t_m$$

де  $B_k$  - тепловий імпульс струму КЗ, кількість, що характеризує теплоту, яка виділяється в вимикачі за час КЗ (кА<sup>2</sup>·с);

$I_{нб.тс}$  - граничний струм термічної стійкості, кА;

$t_m$  - граничний час термічної стійкості, с.

Для розрахунку  $B_k$  скористуємось формулою

$$B_k = (I'')^2 [t_{вим} + T_a (1 - e^{-2t_{вим}/T_a})] \quad (2.44)$$

$T_a = 0,007 \text{ с}$  - стала часу затухання аперіодичного струму;

$t_{відімки} = t + t_{вим} = 0,09 \text{ с}$  - час від початку к.з до його вимикання;

$t_z = 0,1 \text{ с}$  - час чинності релейного захисту;

$t_{вим} = 0,08 \text{ с}$  - повний час вимикання вимикача з приводом

$$B_k = 6,67^2 \left[ 0,09 + 0,007 \left( 1 - e^{\frac{-2 \cdot 0,09}{0,007}} \right) \right] = 3,87 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Умова виконується:

$$3,87 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Періодична складова струму КЗ  $I_{пл}$ , відповідна розрахунковому часу  $t$  відключення КЗ:

$$I_n(t) \leq I_{ном.відкл}$$

При періодичній і незатухаючій, складовій струму КЗ  $I_n(t) = I''$

Тоді: 
$$I_n(t) = 10,89 \text{ кА} < 20 \text{ кА} = I_{ном.відкл}$$

Ступінь асиметрії вимикненого струму:

$$\beta_{ном} \geq \beta_\tau \quad (2.45)$$

де  $\beta_{ном}$  - номінальний відносний зміст аперіодичної що складає струм відключення, який знаходиться як функція від величини  $\tau$  [8]:

$$\beta_{ном} = f(\tau)$$

Величина, що визначається при періодичній незатухаючій складовій

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струму КЗ  $I_{N(T)}=I''$  за формулою

$$\beta_t = e^{-\tau/\tau_a} \quad (2.46)$$

Величина  $\tau$  визначається за формулою

$$\tau = t_{c.min} + t_{c.викл} \quad (2.47)$$

$t_{c, min}$  - мінімальний час чинності релейного захисту, с

$t_{c.вим}$  - власний час вимикання вимикача, с.

Одержуємо:

$$\tau = 0,01 + 0,05 = 0,06 \text{ с}$$

$$\beta_{ном} = f(\tau = 0,06 \text{ с}) = 0,24 \text{ с [8]}$$

$$\beta_\tau = e^{-0,06/0,07} = 4,91 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

Умова виконується:  $0,24 \text{ с} > 4,91 \cdot 10^{-3} \text{ с}$

Вимикаюча здатність:

$$I'' \leq I_{вкл.ном}; I_{уд} \leq i_{вкл.ном}$$

де  $I_{ном.вим}$  - номінальне діюче значення періодичної складової струму включення, кА;

$I_{вкл.ном}$  - номінальне амплітудне значення повного струму включення, кА.

Оскільки номінальні струми включення вимикачів відповідають номінальним струмам вимикання, перевірку за цією умовою можна не робити (вона автоматично забезпечується при виконанні умови по відмикаючій спроможності).

Відновлення напруги на контактах вимикача може не перевірятися, так як для більшості енергосистем реальні умови відновлення напруги більш легкі, при яких перевіряється вимикач

Вимикач ВР2-10/1600-31,5УЗ:

$$U_{н.ном} \leq U_{ном}; 10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$$

$$I_{роб.мах} \leq I_{ном}; 1523,8 \text{ А} < 2500 \text{ А};$$

$$S_{p10} = 26393,61,81 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

					ДП 2022	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{p10} = \frac{26393,614}{\sqrt{3} \cdot 10} = 152,8 \text{ А};$$

$$I'' \leq I_{\text{нб.прох}}; \quad 12,04 \text{ кА} < 20 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}; \quad 230,04 \text{ кА} < 51 \text{ кА};$$

$$T_0 = 0,2 \text{ с}; \quad t_{\text{відімкн}} = 0,1 + 0,095 = 0,195 \text{ с}$$

$$B_k = 12,04^2 [0,195 + 0,2(1 - e^{-2 \cdot 0,195/0,2})] = 4,54 \text{ кА}^2 \text{ с};$$

$$4,54 \text{ кА}^2 \text{ с} < 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \text{ с};$$

$$\tau = 0,01 + 0,06 = 0,07 \text{ с};$$

$$\beta_\tau = e^{-0,07/0,2} = 0,703; \quad \text{для } \tau = 0,07 \text{ с} \quad \beta_{\text{ном}} = 0,22 [7]$$

$$\beta_\tau = 0,703 > \beta_{\text{ном}} = 0,22;$$

Результати вибору і перевірки вимикачів щодо до розрахункових даних точок  $K_1$  і  $K_2$  зводимо в таблицю 2.10

Розрахункові дані			Каталожні дані вимикачів		
Параметри	Значення в точках		Параметри	ВЗКТ-110-40/200011	ВР2-10/1600-31,5УЗ
	K1	K2			
<i>U<sub>ном</sub></i>	110 кВ	10 кВ	<i>U<sub>ном</sub></i>	110 кВ	10 кВ
<i>I<sub>раб. нит</sub></i>	141,53А	11890,98 А	<i>I<sub>ном</sub></i>	1000 А	2500А
<i>I''</i> <i>I<sub>уд</sub></i>	6,67	12,04	<i>I<sub>нб.прох</sub></i>	20 кА	20 кА
	18,852	30,04	<i>I<sub>нб.прох</sub></i>	52 кА	51 кА
<i>B<sub>к</sub></i>	3,87	> 4,54	<i>I<sub>нб.тс</sub></i>	1200 кА <sup>2</sup> с	1600 кА <sup>2</sup> с
<i>I<sub>нт</sub></i>	6,67	12,04	<i>I<sub>відкп.ном</sub></i>	20 кА	20 кА

### 2.8.2 Вибір роз'єднувачів

Вибираємо за умовами точки Кі (рис 7.1) роз'єднувач РДЗ-110Б/1000НУХЛ (представник в Україні - Торговий дім „ЕЛВО - Україна". Фірмою „Siemens" з наступними каталожними даними:

$$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}; I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А} \quad I_{\text{нб.прох}} = 80 \text{ кА.}$$

(для головного і для заземлюючого ножів)

$$I_{\text{нб.тс}}=31,5 \text{ кА}; \quad t_{\text{м}}=4 \text{ с}$$

Роз'єднувачі вибираємо і перевіряємо по тим самим умовам, що і вимикач. При цьому перевірку на стійкість до струмів КЗ робимо тільки по ударному струму КЗ

$$U_{\text{м.ном}} \leq U_{\text{ном}} \quad 10 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ}$$

$$I_{\text{роб max}} \leq I_{\text{ном}}; \quad 148,53 \text{ А} < 1000 \text{ А};$$

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{нб.прох}}; \quad 11,98 \text{ кА} < 80 \text{ кА};$$

$$W_{\text{к}} \leq I_{\text{нб.тс}} \cdot t_{\text{м}}$$

$$3,87 \text{ кА}^2\text{с} < 31,52 \cdot 4 = 3969 \text{ кА}^2\text{с}$$

### 2.8.3 Вибір трансформатора струму

Проведемо вибір трансформатора струму (ТС) на лінії що відходить від ЗРП 10 кВ до ТП 10. Від нього живляться амперметр і струмові обмотки лічильників активної і реактивної енергії.

ТС вибираються

по напрузі:

$$U_{\text{у}} < U_{\text{н}};$$

- по струму найбільш важкого режиму:

$$I_{\text{max}} \leq I_{1\text{н}}$$

де  $I_{1\text{н}}$  - номінальний струм первинної обмотки трансформатора струму.

- по конструкції і класу точності;

- по електродинамічній стійкості:

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$I_{уд} \leq K_{дин} \sqrt{2} \cdot I_{1н}$$

де  $K_{дин}$ - кратність струму електродинамічної стійкості;

- по термічній стійкості:

$$B_k \leq (K_t \cdot I_{1н})^2 \cdot t_t \quad (2.48)$$

де  $K_m$ - кратність струму електродинамічної стійкості;

- по вторинному навантаженню:

$$Z_2 \leq Z_{2н}$$

Вибираємо вимірювальний ТС типу ТЛН-10-II (ВАТ „Самарській трансформатор”, Росія з класом точності 0,5 .

Порівняння розрахункових і каталожних даних наведено в таблиці 2.11

Таблиця 2.11 - Вибір трансформаторів струму в мережі 10 кВ.

Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{наиб} = 12 \text{ кВ}$	$U_y = 10,5 \text{ кВ}$
$I_{1н} = 800 \text{ А}$	$I_{мак} = 88,58 \text{ А}$
$K_{дин} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1н} = 81 \cdot \sqrt{2} \cdot 800 = 91,641 \text{ кА}$	$I_{уд} = 16,97 \text{ кА}$
$(K_t \cdot I_{1н})^2 \cdot t_t = (32 \cdot 800)^2 \cdot 3 = 1966 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = 12,84 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$
$Z_{2н} = 0,4 \text{ Ом}$	$Z_2 = 0,315 \text{ Ом}$

Для перевірки ТС по вторинному навантаженню розрахуємо загальний опір приладів і проводів, прийнявши  $z_2=r_2$ :

$$r_2 = r_{прил} + r_{пр} + r_k \quad (2.49)$$

е  $r_k$ -перехідний опір контактів; при 2-3 приладах приймають 0,05 Ом;

$r_{пр}$ - опір проводів, Ом;

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$r_{прил}$  - опір приладів, Ом

$$r_{прил} = \frac{S_{прил}}{I_{2н}} \quad (2.50)$$

Величину  $r_{прил}$  знаходимо за формулою:

$$r_{прил} = \frac{4,1}{5^2} = 0,164 \text{ Ом}$$

З умови (8.8) знаходимо  $r_{пр}$ :

$$r_{пр} = 0,4 - 0,22 - 0,05 = 0,13 \text{ Ом}$$

визначаємо необхідний переріз проводів

$$q = \frac{\rho \cdot I_{від}}{r_{пр}} \quad (2.51)$$

Де  $\rho$  - питомий опір матеріалу проводів;  $\rho=0,0283$

$I_{від}$  - відстань по трасі проводу від місця установки ТС: /вг'д=4 м

$$q = \frac{0,0283 \cdot 4}{0,13} = 0,87 \text{ мм}^2$$

беремо кабель з алюмінієвими жилами і перерізом  $q=2,5 \text{ мм}^2$

Визначаємо результуючий опір

$$r_{пр} = \frac{\rho \cdot l}{q} \quad r_{пр} = \frac{0,0283 \cdot 4}{2,5} = 0,045 \text{ Ом}$$

$$z_2 \approx r_2 = 0,164 + 0,045 + 0,05 = 0,259 \text{ Ом}$$

Оскільки номінальне навантаження трансформатора струму більше ніж; розрахункове:

$$r_{ном} \geq r_2, [\text{Ом}] \quad 0,8 \text{ Ом} \geq 0,259 \text{ Ом}$$

то вибраний трансформатор струму працюватиме в даному класі точності.

Потужність приладів приведена в таблиці 2.12

					ДП 2022	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.12 - Потужність, що споживається приладами

Прилад	Тип	Навантаження фази, ВА	
Амперметр	Е350	0,5	—
Лічильник активної та реактивної енергії	«Альфа»	3,6	3,6
РАЗОМ:		4,1	3,6

#### 2.8.4 Вибір трансформаторів напруги

Виберемо трансформатор напруги (ТН), встановлений на секції шин РУ 10 кВ.

Вибір ТН здійснюється:

- по напрузі:  $U_{уст} \leq U_{Ін}$ ;
- по конструкції і схемі з'єднання обмоток;
- по класу точності;
- по вторинному навантаженню

Вибираємо вимірювальний ТН типу НАМИТ-10, дані якого наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13- Каталожні дані НАМИТ-10

Параметр	Значення
Клас напруги, кВ	10
Номинальна напруга обмоток, В	
Первинної	10000
Вторинної основної	100
Вторинної додаткової	100/3
Номинальна потужність, ВА	200
Клас точності	0,5

До вторинної обмотки ТН приєднані:

- 2 вольтметри типів Е-335 і Н-393;  $P_v=2$  Вт;
- 10 лічильників активної і реактивної енергії:  $P_{\pi}=3.6$  Вт.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Коефіцієнт потужності приладів:  $\cos \varphi = 0,45$

Визначаємо вторинне навантаження:

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2}$$

$$P_2 = 2 \cdot P_B + 9 \cdot P_{c2} + 9 \cdot P_2 = 2 \cdot 2 + 10 \cdot 3,4 + 10 \cdot 3,6 = 84 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = P_2 \cdot \tan \varphi$$

$$Q_2 = 84 \cdot 1,98 = 166,32 \text{ кВАр}$$

$$S_2 = \sqrt{84^2 + 166,32^2} = 186,3 \text{ кВА}$$

Отримане значення менше номінального ( $186,3 \text{ кВА} < 200 \text{ кВА}$ ), отже, ТН буде працювати без перевантаження в класі точності 1,0

### 2.8.5 Перевірка кабелів на термічну стійкість

Перевірка проводиться за умовою:

$$F_{min} \leq F \quad (2.52)$$

де  $F$  - переріз вибраного кабелю;

$F_{min}$  - мінімально допустимий переріз по умові термічної стійкості.

Величину  $F_{min}$  розраховуємо за формулою:

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C}$$

де  $C$  - коефіцієнт, відповідний різниці температур провідника до і після КЗ;

$C=85$  [5].

Перевіримо кабель, на ділянці від ЦЖ до трансформатора ТП 1:

Для точки К<sub>3</sub>:

$$B_K = (12,04 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,6 = 84 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$$

$$F_{min} = \frac{\sqrt{84 \cdot 10^6}}{85} = 109,35 \text{ мм}^2$$

					ДП 2022	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



0,45	21...22	8,5
0,3	22...23	7
0,2	23...24	4,5

Критерієм вибору оптимального варіанту проводиться за найменшими зведеними затратами. А термін окупності трансформаторів прийняти за 1 рік.

$$Z = E_n K + C + Y$$

де  $E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень,

$E_n = 0,15$ ;  $K$  - одноразові капітальні вкладення за варіантом, що

розглядається, грн;

$C$  - щорічні поточні витрати виробництва при нормальній роботі за даним варіантом, грн/рік;

$Y$  - збитки від недовипуску електроенергії споживачам, грн/рік.

При порівнянні варіантів проектованої підстанції, в одноразові капітальні вкладення  $K$  можна врахувати лише вартість трансформаторів, бо обидва варіанти мають однакову надійність електропостачання тому збитки від недовипуску електроенергії вважаємо однаковими для всіх варіантів, їх не враховуємо.

Щорічні поточні витрати

$$C = E_{пр} K + E_a K + B_e,$$

де  $E_{пр}$  - коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та обслуговування. Для установок напругою до 150 кВ включно  $E_{пр} = 0,03$ ;

$E_a$  - коефіцієнт відрахувань на амортизацію, який можна прийняти таким, що дорівнює 0,063;

$B_e$  - вартість втрат електроенергії в трансформаторах, грн/рік.

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2},$$

де  $C_e$  - середня собівартість 1 кВт • год. електроенергії в електросистемі, коп.

Для II клас напруги до 27,5 кВ  $C_e = 98,84$  коп/кВт • год. з ПДВ:

$\Delta W$  - втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік, кВт • год.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати електроенергії за рік за паралельної роботи  $n$  трансформаторів

$$\Delta W = n * P_x * T + \frac{n * P_k * 365}{4 * n^2 * S_{\text{НОМ}}^2} * \left( \sum_{i=1}^m S_{i\text{ВН}}^2 * \Delta T_{\phi i} + \sum_{i=1}^f S_{i\text{НН}}^2 * \Delta T_{\phi i} \right)$$

де  $P_x, P_k$  - потужність втрат електроенергії в трансформаторі відповідно в режимі холостого ходу та короткого замикання, кВт;

$T$  - кількість годин приєднання трансформатора до живильної мережі за рік, год.,  $T = 8760$  год.;

$m, f$  - кількість ступенів добового графіка навантаження підстанції відповідно на вищій, середній та низькій напругах.;

$S_{i\text{ВН}}, S_{i\text{НН}}$  - поточне навантаження  $i$  - го ступеня добового графіка відповідно на вищій та нижчій напругах, МВ•А.

$\Delta T_i$  - тривалість  $i$  - го ступеня добового навантаження, год;

$S_{\text{НОМ}}$  - номінальна потужність трансформатора, МВ•А.

Розрахунок ведемо у табличній формі окремо для кожного варіанта (табл. 2.16).

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таблиця 2.16 Розрахунки для кожного варіанта окремо

Години добы t, год	Обмотка трансформатора				
		ВН		НН	
	Трива- лість наванта- ження $\Delta t$	Навантаже ння обмотки ВН у години добы $S_{\text{ВН}}$ МВ•А	$S_{\text{ВН}}^2 \cdot \Delta t_i \cdot 10^{-6}$	Наванта же ння обмотки НН у години добы $S_{\text{НН}}$ МВ•А	$S_{\text{НН}}^2 \cdot \Delta t_i \cdot 10^{-6}$
0...1	1	0,0018	3,24	0,00007	0,00518
0...5	4	0,0022	19,36	0,00008	0,03098
5...8	3	0,0025	18,75	0,0001	0,03
8...12	4	0,01	400	0,0004	0,64
12...13	1	0,005	25	0,0002	0,04
13...15	2	0,008	128	0,0003	0,20480
15...18	3	0,009	243	0,0003	0,38880
18...19	1	0,008	64	0,0003	0,10240
19...21	2	0,007	98	0,0002	0,15680
21...22	1	0,0045	20,25	0,0001	0,03240
22...23	1	0,003	9	0,0001	0,01440
23...24	1	0,002	4	0,0000	0,00640
Разом	—		1032.6		1,65216

Варіант №1.

На підстанції встановлено трансформатор типу ТМЗ - 630/10.

Згідно формули

$$\Delta W = 1,05 * 2 * 8760 + \frac{8,5 * 365}{44 * 0,63^2} * (0,0010326^2 + 0,00000165216^2) \\ = 19972,8 \text{ кВт * год}$$

Згідно формули

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2} = 98,84 * 19972,8 * 10^{-2} = 19741,11 \text{ грн/рік,}$$

Згідно формули

$$Z = pK + (E_{\text{пр}} + E_a) * K + B_e = 0,15 * 71600 + (0,03 + 0,063) * 71600 + 19741,11 = 37139,91 \\ \text{грн/рік}$$

Варіант №2.

Встановлено два трансформатори ТМ - 400/10.

Згідно формули

$$\Delta W = 1,05 * 2 * 8760 + \frac{2 * 5,5 * 365}{4 * 0,4^2} * (0,0010326^2 + 0,00000165216^2) \\ = 18396,01 \text{ кВт * год}$$

Згідно формули

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2} = 98,84 * 18396,01 * 10^{-2} = 18182,61 \text{ грн/рік,}$$

Згідно формули

$$Z = p * K + (E_{\text{пр}} + E_a) * K + B_e = 0,15 * 2 * 34280 + (0,03 + 0,063) * 2 * 34280 + 18182,61 \\ = 34842,69 \text{ грн/рік}$$

Результати техніко - економічного розрахунку наведені в таблиці 2.17

					ДП 2022	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиці 2.17 Результати техніко - економічного розрахунку

№	Тип трансформаторів на ГПП і їх кількість	ТМЗ 630/10	2xТМ 400/10
		Сума по варіантах	
1	Капіталовкладення з урахуванням нормативного коефіцієнта ефективності $E_{нК}$	21480	21024
2	Відрахування на поточний ремонт та обслуговування $E_{прК}$	4296	4204,8
3	Відрахування на амортизацію $E_{аК}$	9021,6	8830,08
4	Втрати електроенергії $\Delta W$ , кВт • год	19972,8	18396,01
5	Вартість втрат електроенергії $\Delta W$	19741,1 1	18182,61
6	Приведені затрати	74511,5 1	70637,50

Висновок:

Приведені затрати по 2 варіанту, менші ніж приведені затрати по 1 варіанту, тому на КТП встановлюємо 2 трансформатора типу ТМ 400/10.

### 3. Спецпитання.

#### Автоматичне керування освітленням будинку

Зараз у зв'язку з поширенням ТСЖ люди почали замислюватися про оптимальне витрачання електроенергії, води, газу. Але якщо проблеми всередині квартир вирішуються досить просто, то у місцях громадського користування вони перетворюються на нерозв'язні. Найчастішою в будинках є проблема світла, що вічно горить. Запалюється він рано ввечері, а вимикається лише вранці, якщо вимикається взагалі. Багато в чому ця проблема не вирішується через неправильне розташування вимикачів - на кожному поверсі стоїть вимикач, який керує освітленням тільки на цьому поверсі і людині фізично не залишають шансу вимкнути світло після свого догляду. Але навіть при реалізованій можливості вимкнути світло в під'їзді на будь-якому поверсі, багато хто просто забуває це зробити.

Зрештою, за не вимкнене світло у під'їзді доводиться платити всім разом. Викидаючи гроші в нікуди і нізащо.

#### Управління освітленням у під'їзді

Одним з виходів є повна або часткова автоматизація систем освітлення. У цьому описані методи автоматизації та розглянуто кілька варіантів від найпростішого до повного з погляду користувача – мешканця та виконавця – електрика, програміста.

Людина входить у під'їзд, натискає кнопку включення світла, розташовану

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2022			
Розробив		<i>Мигович Вл.</i>			Спецпитання	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>					54	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ15-5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

одразу за вхідними дверима та піднімається на потрібний поверх. Першим, дуже зручним є спосіб автоматичного вимикання освітлення через деякий проміжок часу, після включення. Для 5 поверхового будинку цей інтервал може становити 3-5 хвилин.

### **Розглянемо типову ситуацію:**

Після натискання кнопки світло на всіх сходових клітинах під'їзду горітиме не менше 5 хвилин. Якщо підйом на поверх займає більше часу, ніж призначений інтервал, людина може натиснути кнопку на будь-якому іншому поверсі і тривалість горіння світла збільшиться на 5 хвилин. Про вимкнення світла можна не турбуватися, він вимкнеться сам. Щоб уникнути частого перегорання ламп при включенні світла, автоматика включатиме його поступово протягом 2-х секунд. Ця технологія дозволяє продовжити термін життя лампи розжарювання у 5-7 разів. Вся автоматика розміщується у щитку на одному з поверхів або у спеціальній технічній кімнаті. Сумарний розмір усієї автоматики становитиме не більше 250x250x50 мм.

Якщо піти далі, то натискання кнопки включення світла можна довірити датчикам руху, одному - встановлюваному в під'їзді навпроти входу, або кільком - в необхідних місцях. Один додатковий датчик руху для блоку автоматики коштуватиме 300грн.

Якщо в під'їзді потрібно автоматизувати не тільки систему освітлення, а й спостереження за інженерними системами (фіксувати факти протікання води в технічних приміщеннях будинку, витоку газу, задимленість), то можна перейти на обладнання, що виробляється ТОВ "Розумна електроніка", яке дозволить

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

реалізувати усі можливі забаганки замовників - при небезпечній ситуації подати сигнал черговому під'їзду, додзвонитися за задалегідь визначеними номерами та попередити про подію мешканців, перекрити воду в під'їзді.

Т.к. набір контрольованих параметрів досить великий і вартість датчиків залежить від виробника, особливого сенсу описувати всі можливі варіанти немає. Наведу приклад опису системи автоматичного освітлення на основі контролера Alpha SE.

### **Реалізація:**

1. Вся автоматика розташовується в технічній кімнаті під'їзду чи будь-якій квартирі.

2. На кожному поверсі та біля входних дверей у під'їзд встановлюються зворотні вимикачі, принцип дії яких такий самий, як у кнопки квартирної дзвінка.

3. Вітою парою Cat 5 (кабель, який використовується під час прокладання локальних комп'ютерних мереж) всі вимикачі підключаємо до блоку автоматики. Світло під'їзду також підводимо до нього.

### **Розумний будинок**

Свердління отворів у бетонній стіні не найнеприємніше в процесі прокладання нових кабелів – доводиться ще й різати штробу, а потім її замазувати. Багато залежить від того, як зроблена проводка до лампочки. Зазвичай від щитка йде подвійний кабель (якщо мідний) в розпаювальну коробку на стіні прямо під стелею, закриту зазвичай пластмасовою кришечкою. У цю ж коробку приходять подвійний провід від вимикача і подвійний провід від лампочки, а подвійний

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

провід виходить на наступні розпаювальні коробки. Всі ці дроти скручуються таким чином, щоб фазовий провід розривався вимикачем. Саме фазовий, щоб заміна лампочки не стала смертельним трюком.

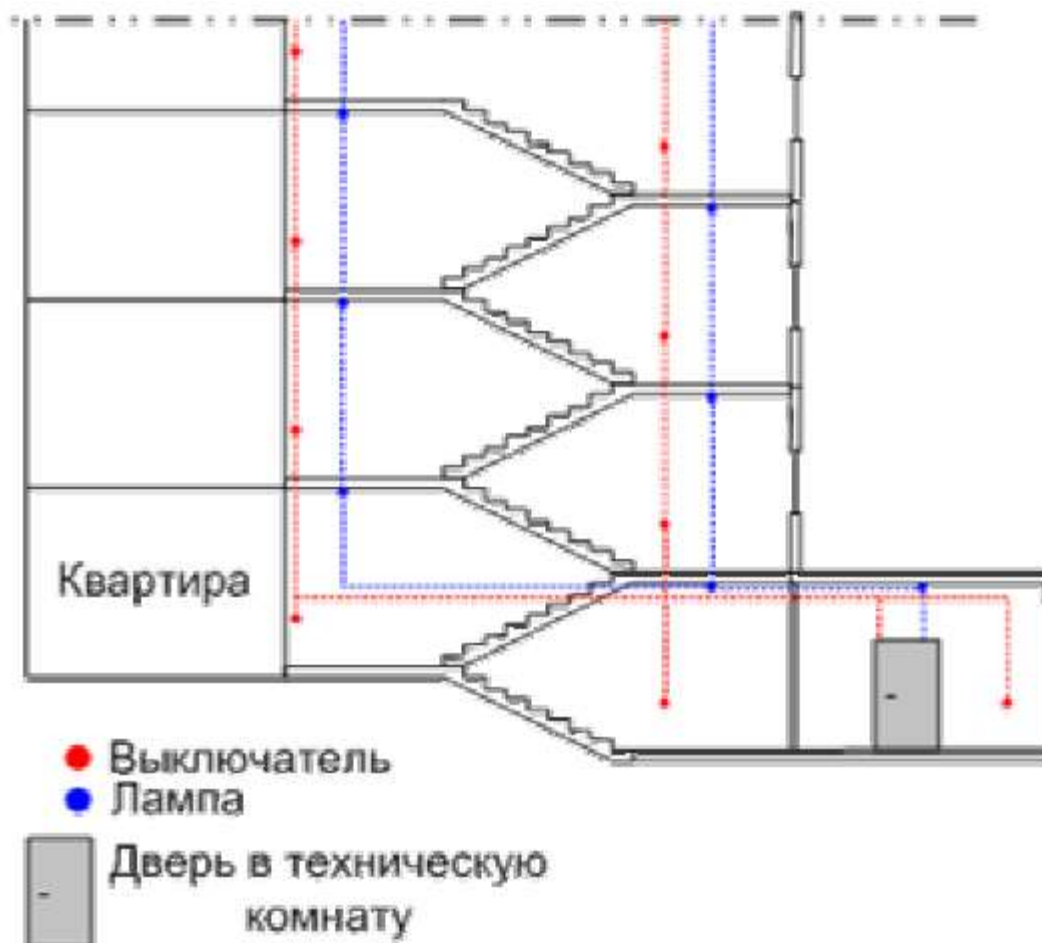


Рис . 1

На малюнках скручування (або спайки, або з'єднання в колодці) показані кружальцями. Додати інтелекту квартирі найпростіше за допомогою "розумного" вимикача WS12 (або WS467, який відрізняється тим, що управляти яскравістю він вмie тільки дистанційно, з будь-якого контролера). Викручуйте радянський (або італійський, або турецький) вимикач, трохи роботи перфоратором або зубилом, вставляєте коробку j-box (підходять багато коробок



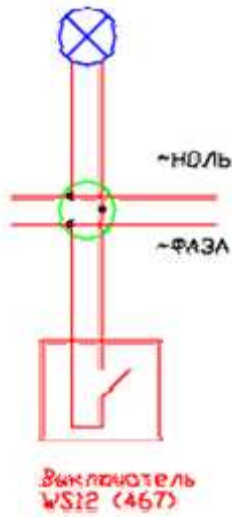


Рис.3

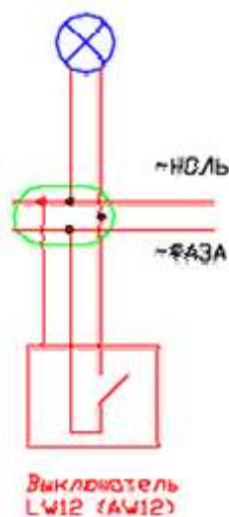


Рис.4

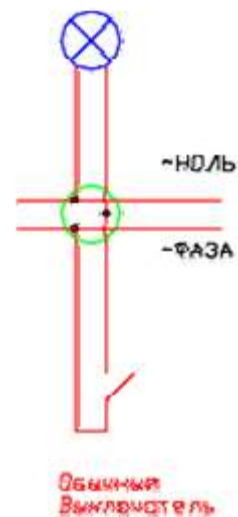


Рис.5

Настановні розміри цих вимикачів наведено на рис. 3. WS12 і WS467 мають механічний контакт для відключення фази при заміні лампочки.

"Двопровідність" цих вимикачів має і деякий мінус - вони можуть керувати лампочками не слабше 30 Вт, якщо потужність менше, то струму, що протікає через лампочку, недостатньо для нормальної роботи вимикача, і може спостерігатися деяке мерехтіння, а в режимі "вимкнено" лампочка світитиме на 2-3 Вт. Але такі слабкі світильники зустрічаються рідко, тим більше, що з розумним вимикачем і стоватний світильник можна включити на 30 Вт.

Максимальна потужність вимикачів – 300 Вт. І складніше, і простіше з вимикачем LW12 - він вимагає для нормальної роботи ще й НУЛЬ (рис.4),



йому місце. Наприклад, під ковпаком, що закриває з'єднання люстри із силовим кабелем. Насправді контролер складається з двох частин – базового блоку з роз'ємом та кришечки з клавішами – точно як на рис. 6. Можна вставити базовий блок контролера, а потім думати, скільки груп світильників Вас радуватиме. Вибір чималий – одна клавіша ввімкнути/вимкнути дві клавіші ввімкнути/вимкнути на два канали з двома послідовними адресами (наприклад, C11 та C12) • дві клавіші – одна ввімкнути/вимкнути та одна клавіша увімкнути весь світ / вимкнути всі дві клавіші - одна ввімкнути / вимкнути і клавіша темніше / яскравіше - чотири клавіші ввімкнути / вимкнути на 4 послідовних адреси (наприклад, L5, L6, L7 та L8) чотири клавіші - три ввімкнути / вимкнути та клавіша включити весь світло / вимкнути всі чотири клавіші - три включити / вимкнути і клавіша темніша / яскравіше - одна, дві або чотири спеціальні кнопки, що запускають макроси.

Якщо Ви використовуєте звичайні лампочки розжарювання або галогенки на 220 В, то виконавчий модуль (диммер) можна поставити будь-який, але краще LM14 - він запам'ятовує рівень яскравості і посилає відповідь про свій стан (включено/вимкнено) на запит статусу, а головне - він включає і вимикає світло плавно протягом 2 секунд, значно продовжуючи життя лампочок (лампочки зазвичай згорають під час включення, коли нитка напруження холодна, опір її мало і струм великий).

Якщо Ви використовуєте галогенові лампи низької напруги, то потрібно поставити спеціальні електронні трансформатори (на них пишуть Dimmbar або Dimmable німецькою і англійською відповідно) - тоді модуль димера теж може бути будь-яким.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		61

Якщо використовуються люмінесцентні або так звані економічні лампи, то плавно регулювати світло звичайними ламповими модулями вже не вийде - потрібні спеціальні модулі.

Електрична схема висвітлення наведена на рис. 8 - лампи намальовані синім, а те, що в розпайкових коробках, обведено зеленим. У кімнаті буде стельове світло, і для прикладу – м'яке освітлення по периметру та освітлення письмового столу. Малюнок 8. Малюнок 9.

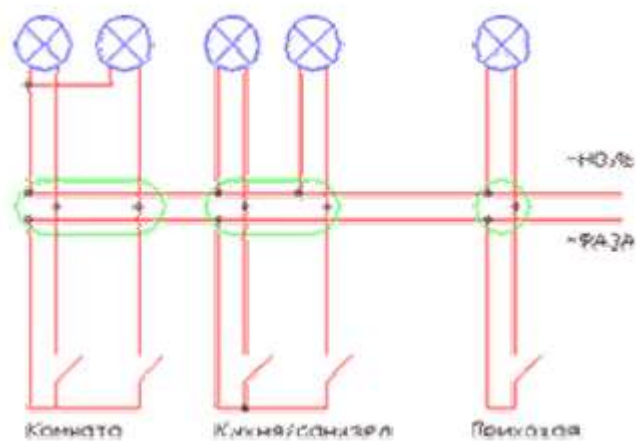


Рис.8

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

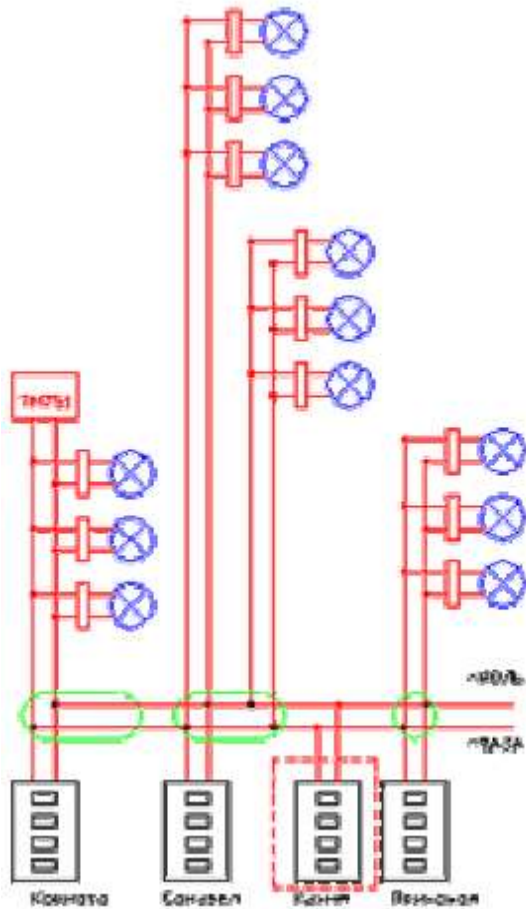


Рис.9

На схемі (рис. 9) всі димери підключені до одного кабелю, але це не принципово - третій димер можна просто включити в розетку, як і радіотрансівер ТМ751 для керування з радіобрелків та пультів. Ставимо 4-х клавiшний контролер з регулюванням яскравості - тепер світло можна включати вручну (адже раніше інших способів і не було) і з пульта. У передпокої поставимо датчик руху - нехай світло вмикається сам. Ще непогано мати підсвічування дзеркала та підсвічування у гардеробі. Той самий контролер і три димери, хоча можна поставити і релейні модулі. Але вони клацають, і коли світло вмикається плавно все – приємніше. Ванна - головне світло, освітлення дзеркала та вентилятор витяжки. Головне світло та вентилятор також включаються датчиком руху – так зручніше.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

## Сучасні технології керування освітленням

### Сценарії роботи освітлення у розумному будинку

Одна кнопка вимкнення світла по всьому приміщенню. Якщо увімкнути світло, там де потрібно, можна за необхідності, то вимкнути його можна часом легко забути. Наприклад, прийшов чоловік на кухню, заварив собі чай, і раптово згадав про справу, яку йому потрібно терміново зробити в іншій кімнаті. Іде він туди, продовжує свою діяльність, паралельно відволікся на щось ще, а на кухні світло так і залишилося горіти. Несподівано треба кудись піти, терміново одягає він взуття. А світло по всій квартирі включене. У такому випадку сценарій вимкнення світла натисканням однієї кнопки, розташованої на стіні в передпокої, виявляється дуже корисним. Розвиток цього рішення – віддалене керування за допомогою смартфона або просто з мобільного телефону по смс. Пішов з дому, згадав, що забув вимкнути світло, і за допомогою віддаленого управління, за допомогою всього однієї команди вирішив проблему.

### Сценарій управління освітленням за датчиком руху

Зайшов чоловік у кімнату — світло ввімкнулося. Вийшов із кімнати — світло згасло. Приліг із книгою — увімкнувся настінний світильник. Настала ніч — датчик руху перемикається на групу нічного підсвічування, а основне світло, скажімо люстра, вночі не ввімкнеться, залишиться тільки слабе нічне підсвічування, наприклад світлодіодне. Останній варіант це поєднання сценарію за датчиком і сценарієм за часом. Однозначно зручно зробити налаштува Сценарій керування освітленням залежно від години доби.

					ДП 2022	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей сценарій чудово підійде для спальні, кухні або ванної кімнати. Зручність тут полягає в тому, що за допомогою всього одного вимикача в різні часи доби включатимуться різні групи системи освітлення. Наприклад після натискання кнопки вимикача вночі у спальні чи кухні включиться лише підсвічування. Якщо вечірній час, то буде включено основне світло. Якщо на подвір'ї ранок, - увімкнеться настільна лампа. Однозначно зручно зробити налаштування сценарію з урахуванням індивідуальних потреб та звичок.

Знову ж таки можна здійснити індивідуальне налаштування. Таке рішення корисне для очей, оскільки якщо вночі у п'яті відразу включити яскраве світло, очам буде не комфортно, а от якщо включиться лише підсвічування, очі сприймуть це спокійніше, з меншою напругою.

### **Плавне регулювання яскравості**

Цей сценарій може стати своєрідною варіацією поєднання управління освітленням за часом та включення зі спрацьовування датчика руху.

Наприклад, при включенні світла в нічний час яскравість ламп буде протягом 5 хвилин поступово посилюватися, але спочатку світло буде тьмяним. Вранці, в години пробудження, наприклад у ванній кімнаті та спальні, також дуже комфортним буде плавне включення ламп. Таке рішення дозволить використовувати лише одну групу освітлення замість кількох, оскільки одні й самі джерела світла будуть давати світло різної інтенсивності.

Тривалість плавного наростання яскравості можна відрегулювати індивідуально. До того ж, недолік природного освітлення можна плавно компенсувати протягом усього дня: починаючи з тьмяного світла вранці, лампи

плавно перейдуть на повну яскравість до вечора. До речі, для ламп такий плавний режим включення не тільки безпечний, але й корисний, тому що термін служби ламп значно продовжиться без різких кидків пускового струму в момент їх включення.

### **Сценарій управління освітленням за датчиком залежно від умов освітлення**

У вітальні чи кухні для виконання цього сценарію дуже зручно мати дві групи освітлення. Наприклад, у сутінки датчик освітленості включить обидві групи світильників, а якщо час денний, та й до того ж день сам по собі видався сонячним, то світло не ввімкнеться зовсім. У похмурий день буде автоматично включена лише одна група світильників. Для кухні корисне освітлення робочого простору в денний час, та включення загального світла в сутінки (у цьому на відміну від управління за часом, наприклад, взимку за вікном темніє раніше, а влітку — пізніше).

Очевидно, в розумному освітленні за сценаріями немає ніякої фантастики, оскільки це - лише розумна робота сучасної електроніки, яка може бути встановлена як в житлі, так, в принципі, і в будь-якому іншому приміщенні. Заради справедливості відзначимо, що перелічені тут сценарії — аж ніяк не повний список можливостей розумного освітлення, і різних сценаріїв розумного освітлення існує дуже багато. Так чи інакше, вибір поєднань має бути індивідуальним.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

## Вимикачі з дистанційним керуванням

Вимикачі з дистанційним керуванням по радіоканалу за допомогою ІЧ-пульта, з датчика руху, голосовою командою або просто зі смартфона – все це доступно сьогодні і дуже широко. Людині вже зовсім не обов'язково підходити до вимикача щоразу, коли потрібно включити або вимкнути світло, не обов'язково тягтися до кнопки на стіні, достатньо надіслати сигнал віддалено. І все, що потрібно для щастя - лише додати в ланцюг освітлення вимикач з блоком дистанційного керування. VM8049M від Майстер Кіт Для початку звернемо увагу на VM8049M від Майстер Кіт. Даний вимикач цікавий тим, що дозволяє людині буквально з пульта від телевізора керувати подачею живлення на лампи, їх включенням та вимкненням. Будь-який ІЧ-пульт підійде. Блок достатньо включити в розрив ланцюга освітлювального приладу, скажімо люстри або нічника, і встановити для керування конкретну кнопку на пульті від телевізора або плеєра, яка зазвичай не використовується. Сам блок живиться від мережі 220 вольт, і при першому його включенні до мережі людині дається 10 секунд для того, щоб задати кнопку керування. Після цього керувати освітленням можна буде не встаючи з дивана: якщо потрібно вимкнути/включити світло - навів пульт на блок і натиснув на кнопку, далі справа за розумною автоматикою. Дальність спрацьовування в зоні прямої видимості сягає 15 метрів (працює лише в умовах відсутності непрозорих перешкод на шляху сигналу між ІЧ-пультом та самим блоком).

Якщо ви забули погасити світло, через 10-14 годин VM8049M погасить його автоматично. Максимальне навантаження - 1500 Вт. Для програмування та

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

перепрограмування робочої кнопки потрібно зняти живлення безпосередньо з блоку, що не є проблемою якщо в електрощитку встановлені автомати.

### WK-327 від Wookee

Вимикач із дистанційним керуванням WK-327 оснащений власним пультом. Пульт працює вже не в ІЧ-діапазоні, а на радіочастоті 433,92 МГц. На кнопковому вимикачі розташований радіоприймач, здатний прийняти сигнал на відстані до 80 метрів, якщо немає великих екрануючих металевих перешкод на шляху сигналу між пультом і вимикачем. Цей клавішний модуль можна використовувати як звичайний вимикач і як дистанційний. Причому доступно два канали для керування навантаженнями. Кожен канал здатний комутувати до 600 Вт активного навантаження (лампи розжарювання), або до 300 Вт енергозберігаючих ламп. Тобто максимальна комутувана потужність - 1200 ват чисто активного навантаження при 220 вольтах. Електроніка вимикача не вимагає подачі особливого живлення, достатньо приєднати освітлювальні ланцюги, а також підвести фазу і нуль відповідним роз'ємом на вимикачі. Пульт живиться від власної батарейки та точно налаштований на даний блок. Чим зручне таке рішення? На відміну від ІЧ-пульта, радіо-пульт працює навіть через перешкоди, адже радіохвилі легко проникають через більшість із них (наприклад, через предмети домашнього інтер'єру і навіть через перегородки). До того ж, оскільки у світла тепер є свій пульт, такий пульт може завжди лежати на тому самому місці під рукою, наприклад на полиці в передпокої або біля ліжка.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Каналів два, отже за бажання людина зможе погасити велике світло і включити вечірнє підсвічування чи навпаки. А наявність класичних кнопок безпосередньо на стіні робить управління освітленням більш гнучким - якщо зручно взяти пульт - людина керує з пульта, якщо ж стоїть біля кнопки на стіні - натискає кнопку. І немає необхідності робити кілька вимикачів у різних частинах квартири чи будинку, тим більше якщо велика площа, не кажучи вже про кілька поверхів.

Нарешті, що може бути зручнішим для активного користувача смартфона або планшета, ніж керування освітленням по Wi-Fi? Маючи смартфон на IOS або Android, людина зможе керувати освітленням із будь-якого місця в приміщенні, адже навантаження до 10 ампер зможе комутувати Wi-Fi реле Sonoff. На корпусі пристрою є лише одна функціональна кнопка, призначена як для синхронізації з бездротовою мережею, так і для безпосереднього керування, щоб після одноразового налаштування людині не довелося б більше турбуватися про те, спрацює вимикач чи ні. Коротке натискання кнопки – функція простого кнопкового вимикача, тривале натискання – пару через Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g/n). Програма eWeLink вимагає від користувача тільки реєстрації, після чого пристрій Sonoff можна буде додати, і керувати його станом зі смартфона, перебуваючи не тільки вдома або в офісі, але звідусіль, де є інтернет. Пристрій має малі габарити, легко встановлюється та маскується: у ніші, за стелею, в основі люстри тощо. Тривала здатність навантаження вимикача - до 1500 ватів. До речі, з Sonoff можливе керування освітленням не тільки шляхом включення та вимикання, але і за таймерами, яких доступно до 8 штук, а стан вимикача користувач у будь-який момент зможе перевірити через програму.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

## Керовані розетки та вимикачі ELRO

У цьому короткому огляді розглянемо керовані розетки та регулятори АВ600 від голландської компанії ELRO. Заради справедливості відзначимо, що лінійка продуктів АВ600 позиціонується виробником як система побутової автоматизації, яка головним чином призначена для дистанційного керування освітленням, проте керувати з її допомогою можна в принципі не тільки світильниками або прожекторами, але й будь-якими іншими побутовими електроприладами різної потужності. У лінійці АВ600 представлені як розетки, так і регулятори, що вбудовуються, вони розраховані на максимально допустиму потужність навантаження від 250 до 3500 Вт. Кожен з цих пристроїв може бути встановлений у зручному користувачеві місці, а що стосується регуляторів, що вбудовуються, то їх можна встановлювати навіть у корпуси світильників. Незмінно одне, - управління розетками та регуляторами здійснюється з пульта дистанційного керування.

Отже, система АВ600 включає шість видів приладів:

- АВ600R – програмований пульт дистанційного керування на батарейці;
- АВ600S – знімна розетка з дистанційним включенням/вимкненням;
- АВ600WD - знімна розетка з дистанційним включенням/вимиканням для вулиці;
- АВ600D – знімна розетка з дистанційним керуванням потужністю (Регулятор, диммер);
- АВ600IS – вбудований вимикач з дистанційним керуванням;
- АВ600ID – регулятор, що вбудовується (диммер) з дистанційним керуванням.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Кожен із компонентів системи може бути придбаний окремо, також у продажу є набори з кількох розеток із пультом. Зручно тут те, що можна придбати кілька різних компонентів системи, підбравши їх індивідуально. Далі розглянемо детальніше кожен із цих приладів. Кожна розетка або регулятор системи ELRO AB600, що вбудовується, управляється з пульта дистанційного керування AB600R, що працює в діапазоні 433 МГц. У комплекті з пультом йде батарея на 12 вольт. За допомогою цього пульта можна керувати до 16 розетками або регуляторами на відстані до 50 метрів. Сигнал пульта персонально кодований для кожного приймача, оскільки заздалегідь задається налаштування поворотним перемикачем, розташованим на тильній стороні пульта. Кожен із 16 пристроїв має кнопку Learn, при натисканні на яку включається режим самонавчання пристрою з прив'язкою до пульта і з призначенням кожного конкретного пристрою номера від 1 до 16 (А до Р на перемикачі пульта). Після синхронізації пульта та керованого пристрою система дистанційного керування готова до роботи. На лицьовій стороні пульта є перемикач та кнопки. Перемикач дозволяє вибрати номери пристроїв, якими ви збираєтеся керувати, наприклад, з 1 по 4, з 5 по 8, з 9 по 12 або з 13 по 16, а кнопками можна вмикати/вимикати або плавно регулювати потужність навантаження (наприклад інтенсивність свічення лампи). Знімна розетка AB600S на вигляд схожа на знімний мережевий адаптер або перехідник, доповнений блоком електроніки. Дана модель призначена для живлення навантажень потужністю до 3,5 кВт з дистанційним керуванням включенням та вимкненням без можливості регулювання потужності. У цю розетку можна включити наприклад ТЕН або подібне потужне активне навантаження, яке періодично потрібно дистанційно вмикати або вимикати, без необхідності

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

щоразу спеціально ходити за кілька метрів до вимикача або розетки. АВ600WD - знімна розетка для вулиці. Вона має захисну кришку, що оберігає штепсельний роз'єм від попадання вологи та пилу. Ця розетка здатна комутувати навантаження потужністю до 1 кВт без можливості регулювання потужності, тобто тут знову ж таки реалізована функція дистанційного увімкнення/вимкнення за допомогою пульта АВ600R.

### **АВ600D - розетка, що знімається з функцією димера.**

Дана розетка працює подібно до димеру, при цьому здатна витримати навантаження потужністю до 400 ват. За допомогою дистанційного керування з пульта можна плавно регулювати потужність, що подається, наприклад зменшувати або збільшувати яскравість системи освітлення, яка включається в розетку періодично, або включена в цю розетку постійно.

Якщо потрібно менша потужність, до 250 Вт, і за умови що споживач завжди підключений в тому самому місці, то більш оптимальним рішенням буде застосувати вбудований димер дистанційного керування АВ600ID, який розглянемо нижче. АВ600IS – вбудований вимикач дистанційного керування. Здатний по натисканні кнопки на пульті комутувати навантаження потужністю до 1 кВт без необхідності втикати та висмикувати вилку або щоразу підходити до вимикача. Якщо потрібно з пульта вмикати та вимикати електроприлад потужністю до 1 кВт, який весь час знаходиться в том самому місці, то це рішення для вас. АВ600IS легко поміститься навіть у малу коробку. АВ600ID — вбудований димер для дистанційного керування потужністю навантаження з межею 250 Вт. Ідеальний варіант для

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

стаціонарних систем освітлення у житлових приміщеннях. Якщо потрібно оснастити світильник дистанційним регулятором, наприклад перетворити на вечірній час яскраву настільну лампу на нічник, то це рішення для вас - можна просто розмістити диммер у корпусі лампи та регулювати яскравість без необхідності вмикати іншу лампу або крутити ручку настінного димера. Таким чином, розетки та регулятори дистанційного керування ELRO серії AB600 стануть відмінним доповненням для систем домашньої автоматизації, і зроблять ваше життя ще комфортнішим.

### **Система управління освітленням NooLite: робимо будинок «розумним»**

Для початкового рівня побудови систем управління розумним будинком серія модулів NooLite є оптимальним варіантом. Почавши з найпростішого варіанту, що включає тільки один передавач і приймач, можна, перевіривши на практиці зручність і надійність виробів, продовжувати розширювати систему, включаючи в неї все нові, може навіть, незвичайні побутові прилади.

### **Технології NooLite в керуванні світильниками**

Виконавчим елементом системи є силовий блок з радіоприймачем та антеною. По проводах мережі живлення на нього підводиться нуль і фаза. Після перетворення отриманої напруги за певними алгоритмами воно перенаправляється по двох інших дротах на лампи освітлення або електродвигуни. Сигнал від пультів радіопередавачів здатний уловлюватися приймачем силового блоку на відстані до 50 метрів.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Пульти та блоки NooLite випускаються розширеним асортиментом і мають різний набір функцій. Це дозволяє підбирати їх за потрібними характеристиками для кожного будинку індивідуально. Але з метою спрощення користувачами вибору відповідних моделей виробником надаються готові комплекти з типовими рішеннями. Мінімальний набір команд між пультом та блоком складає операції:

- включення;
- відключення;
- налаштування яскравості.

У підготовлені комплекти входять:

- Вимикач без проведення;
- димування світлодіодних ламп;
- керування вуличним освітленням;
- Бездротовий датчик руху;
- прохідний вимикач;
- автоматика керування вентилятором у ванній кімнаті.

### **Особливості передавачів NooLite**

За основу дизайну пульта вибрано два технічні рішення у вигляді:

- гарного плоского вимикача, який можна закріпити у будь-якому місці кімнати за допомогою двох дюбелів або спрощеним методом стрічками липучками;
- ручного брелока, як показано на зображенні вище.

На лицьовій панелі розміщуються мембранні або сенсорні кнопки зі світлодіодним індикатором, що дозволяє відстежувати передачу режимів

роботи. Живлення пульта здійснюється від плоскої трьох вольт батареї CR2032 (таблетка). Практика показала, що її енергії вистачає на рік експлуатації. Пульти можуть мати від одного до трьох каналів керування і так само поєднанням каналів сценаріїв. Для світлодіодних моделей мінімальний набір команд управління додаються функції вибору кольору і режим плавного перебору кольорової гами з різними тимчасовими характеристиками. Канал сценарію призначений для індивідуальних налаштувань користувача, наприклад:

- зміни рівня освітленості люстри для зручного перегляду телевізійних програм;
- вимикання світла у певних кімнатах або повністю у всьому будинку.

### **Особливості силових блоків NooLite**

Номінальна потужність підключеного навантаження, що комутується блоками компанії Ноотехніка, коливається від 200 Вт до 5кВт. Габарити моделей, призначені для побутових цілей, дозволяють вбудовувати їх усередину захисного ковпака люстри або в стельове заглиблення.

### **Особливості силових блоків NooLite**

Номінальна потужність підключеного навантаження, що комутується блоками компанії Ноотехніка, коливається від 200 Вт до 5кВт. Габарити моделей, призначені для побутових цілей, дозволяють вбудовувати їх усередину захисного ковпака люстри або стельове заглиблення.

Силові блоки створюються для роботи з джерелами світла, що живляться від мережі 220 вольт або 12 (світлодіодні лампи та стрічки). Вони маркуються

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

літерами SN, ST, SL. Пристрої SN працюють у мережі 220 з лампами розжарювання, галогенними, світлодіодними та стрічками зі світлодіодів. Серія ST призначена для управління галогенними джерелами на 12 вольт із можливістю регулювання яскравості, як і у блоків SN. Такої функції немає у блоків серії SL, що працюють з лампами розжарювання, галогенними та люмінесцентними. Щоб безпомилково вибрати силовий блок для освітлення, компанія Ноотехніка пропонує вже випробуваний користувачами алгоритм.

### **Особливості датчиків NooLite**

Датчики компанії працюють по радіоканалу та не вимагають підключення до провідної мережі. Їх зручно розмістити у будь-якому доступному місці.

Датчик руху PM111 контролює до відстані 5 метрів, а передає сигнал на 50. Він самостійно включає освітлення з появою людини у зоні спостереження і відключає під час догляду, економлячи електроенергію.

Датчик температури та вологості PT111 контролює температуру в межах  $-20 \div 50$  градусів, а вологість –  $1 \div 99\%$ . Їм можна вимірювати параметри навколишнього середовища або керувати:

- нагрівачами в режимі термостата;
- вентиляторами у програмі гігростату.

Причому виконавчі електродвигуни можуть бути вилучені до 50 метрів

### **Підготовка передавачів та силових блоків до роботи**

Після придбання комплекту обладнання потрібно його налаштувати для спільного використання, прив'язати один до одного. Це робиться за

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

включеному під напругу та навантаження силовому блоці. Виконувати таку роботу на стелі не зручно та й небезпечно. Найкраще обладнання налагоджувати на столі, використовуючи подовжувач із розеткою та настільну лампу. Звертайте увагу на якість підключення кінців та їх ізоляцію: у пульта та блоку доведеться натискати сервісні кнопки та стежити за індикацією світлодіодів. Усю інформацію про налаштування докладно з картинками наведено в інструкціях з експлуатації. Після придбання комплекту обладнання потрібно його налаштувати для спільного використання, прив'язати один до одного. Це робиться за включеному під напругу та навантаження силовому блоці. Виконувати таку роботу на стелі не зручно та й небезпечно. Найкраще обладнання налагоджувати на столі, використовуючи подовжувач із розеткою та настільну лампу. Звертайте увагу на якість підключення кінців та їх ізоляцію: у пульта та блоку доведеться натискати сервісні кнопки та стежити за індикацією світлодіодів. Усю інформацію про налаштування докладно з картинками наведено в інструкціях з експлуатації.

### **Пульти-адаптери системи NooLite**

Продукція компанії Ноотехніка пристосована для керування з одного місця за допомогою комп'ютера або навіть смартфона чи мобільного телефону. Для цього створено спеціальне програмне забезпечення та USB-адаптери:

- на основі радіопередавачів PC118 (8 каналів зв'язку), PC1116 (16), PC1132 (32);
- на базі радіоприймача RX2164, який обробляє сигнали, що приходять від пультів.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Віддалений доступ забезпечує Ethernet-шлюз PR1132. За його використання здійснюється широкий спектр можливостей управління. PR1132 можна відносити від силового блоку на 100 метрів та здійснювати інтеграцію освітлення до інтелектуальної системи «Розумного дому». При цьому зручно переглядати інформацію від усіх датчиків. Крім смартфона керувати роботою системи дозволяють електронні новинки - «Розумний годинник» серії Pebble.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### Застосування і розміщення вимикачів навантаження.

На всіх підприємствах, де застосовується електрична енергія, маємо справу з вимикачами навантаження. В основному, вимикачі навантаження встановлені на трансформаторних підстанціях з метою подачі електроенергії споживачам чи термінового їх відключення від живлячої мережі.

Для включення та відключення комутаційних апаратів використовують спеціальні пристрої – приводи.

Приводи до апаратів можуть бути: ручні, вантажні, пружинні, електродвигунні, електромагнітні і пневматичні. За дією вони можуть бути автоматичними, напівавтоматичними і неавтоматичними.

Для керування роз'єднувачем, як правило, використовують ручний важільний або черв'ячний привод. Однополюсні роз'єднувачі приводять у дію також за допомогою ізольованої штанги.

Наявність привода дає можливість виконувати механічне або електричне блокування роз'єднувача і вимикача для запобігання помилкових операцій з цими комутаційними апаратами.

В сільській енергетиці найбільш поширені ручні важільні приводи ПР-10; ПРБА і ПРА. Вони прості, надійні, зручні в експлуатації.

Вимикачі навантаження комплектуються приводом ПР-17 (з ручним вмиканням та вимиканням) або ПРА-17 (з ручним вмиканням і ручним або автоматичним вмиканням), ПЭ-11 (з дистанційним або автоматичним включенням та відключенням).

Перед допуском до роботи на комутаційних апаратах з дистанційним керуванням слід виконати такі технічні заходи:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2022			
Розробив		<i>Мигович Вл.</i>			Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Сірик А.О.</i>					79	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ15-5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

- відключити силові кола приводу, кола оперативного струму і кола підігріву;
- закрити і замкнути на замок засувки на трубопроводі подачі повітря в баки вимикачів або на пневматичні приводи і випустити в атмосферу повітря, що в них є, в цьому разі спускні пробки (клапани) залишаються у відкритому стані;
- привести в неробочий стан вантаж або пружини, що вмикають комутаційні апарати;
- вивісити плакати «Не вмикати! Працюють люди» на ключах дистанційного керування і «Не відкривати! Працюють люди» на закритих засувках.

Для пробних вмикань і вимикань комутаційного апарата під час його налагоджування і регулювання допускається у випадку, якщо ще не здано наряд, тимчасове подавання напруги в кола оперативного струму і силові кола приводу, в кола сигналізації і підігрівання, а також подавання повітря в привод і на вимикач.

Встановлення знятих запобіжників, вмикання відключених кіл і відкриття засувки під час подавання повітря, а також зняття на час випробування плакатів «Не вмикати! Працюють люди» і «Не відкривати! Працюють люди» здійснюють оперативні працівники або з їх дозволу керівник робіт. Дистанційно вмикати або вимикати комутаційний апарат для випробування дозволяється особі, яка проводить налагодження чи регулювання, або за її вимогою оперативному працівнику.

Після випробування, в разі необхідності продовження роботи на комутаційному апараті, оперативним працівником або, з його дозволу, – керівником робіт слід виконати технічні заходи, що вимагаються для допуску до роботи.

Підніматися на повітряний вимикач, що перебуває під робочим тиском, дозволяється тільки в разі проведення випробувальних і

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

налагоджувальних робіт (регулювання демпферів, зняття віброграм, під'єднання або від'єднання провідників від вимірювальних приладів, визначення місць витоку повітря тощо).

Перед підйманням на повітряний вимикач для випробування і налагодження необхідно:

- вимкнути кола оперативного струму;
- кнопку місцевого керування та пускові клапани (наприклад від'єднати повітропровідні трубки, замкнути шафи тощо) чи поставити біля вимикача проінструкованого члена бригади, який допускав би до оперування вимикачем (після вмикання оперативного струму) тільки одного визначеного працівника за вказівкою керівника робіт.

В разі перебування людей на повітряному вимикачі, що перебуває під тиском, припиняються всі роботи в шафах керування і розподільчих.

Під час вимикання і вмикання повітряних вимикачів у разі перевірок, налагодження і випробування присутність людей біля вимикачів не допускається.

Команду на виконання операцій вимикачем керівник робіт з випробування і налагодження (або уповноважений ним член бригади) може подати після того, як члени бригади будуть відведені від вимикача на безпечну відстань або в укриття.

Обслуговування вимикачів навантаження дозволяється електротехнічним спеціалістам, що мають IV чи V групу допуску до електромотажних робіт чи обслуговуючому персоналу з III групою допуску, але під керівництвом спеціалістів, що мають вищу групу допуску і дозвіл на обслуговування вимикачів навантаження.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Плакати та знаки безпеки, що вивішуються на приводах комутаційних апаратів**

Енергетичні об'єкти, навіть у справному стані, несуть велику небезпеку для сторонніх осіб, які в силу різних причин проникають на території підстанцій, відчиняють двері розподільчих пристроїв та що особливо небезпечно наближаються до струмовідних частин електроустановок, які знаходяться під напругою. Такі електроустановки обслуговує спеціально навчений персонал, який до того ж застосовує при цьому спеціальні засоби захисту від ураження електричним струмом.

Тому на всіх енергетичних об'єктах є застережні знаки і плакати, які обов'язково встановлюються на огороженнях, на дверях приміщень електроустановок та в місцях підвищеної небезпеки щодо ураження електричним струмом. Вони не усувають небезпеки ураження, а лише інформують про її наявність.

При ремонті, наладці або монтажі електроустановок дуже важливо використовувати спеціальні плакати і знаки електробезпеки. Вони призначені для того, щоб заборонити здійснення дій, пов'язаних з включенням або ж відключенням апаратів, які в свою чергу використовуються для подачі/відключення напруги. Різного роду таблички сповіщають персонал про те, що на певній ділянці проходять роботи, тому чіпати кнопки, рубильники і автомати категорично заборонено. Крім цього, плакати і знаки безпеки, що застосовуються в електроустановках, можуть використовувати для інформування про те, що людина наближається до об'єкту під напругою, або ж для вказівки робочого місця.

Основна відмінність між ними в призначенні. Функція знаків полягає в інформуванні про постійні фактори, наприклад, попереджати обслуговуючий і ремонтний персонал про можливість випадкового дотику з струмоведучими елементами конструкції. Відповідно, для розташування

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

місця. цих електрозахисних засобів передбачені стаціонарні

Дані знаки безпеки вивішуються відповідно до призначення. На відміну від знаків вони можуть розташовуватися стаціонарно або бути переносними.

На виробництві, в основному, використовуються наступні знаки :

**Заборонні** - дана група накладає заборону на використання комутаційного обладнання, щоб не допустити його включення при проведенні ремонтних і регламентних робіт в зоні відповідальності.

1. **«Не включати. Працюють люди.»**. Встановлюється на ключі і кнопки, які управляють комутаційними апаратами для того, щоб запобігти подачу напруги. Якщо комутаційних апаратів немає в схемі і при цьому напруга до 1 кВ, плакат потрібно повісити поблизу знятих запобіжників. Область застосування - електроустановки до 1000 Вольт і вище.
2. **«Не включати. Працюють на лінії»**. Призначення і місце установки, як і у попереднього плаката. Область застосування - повітряні і кабельні лінії, на яких здійснюються роботи.
3. **«Робота під напругою. Повторно не включати.»**. Область застосування - ключі, які керують вимикачами ВЛ. Цей забороняє плакат потрібно вивішувати для того, щоб під час ремонтних робіт на ПЛ ніхто вручну не включив живлення. »

Весь цей перелік плакатів відноситься до заборонних і застосовується в електроенергетиці. Ці вироби можуть бути переносними і стаціонарними (встановлюються 1 раз). Важлива вимога - виготовляти знаки безпеки і плакати потрібно з електроізоляційних матеріалів. Металеві таблички має використовуватися виключно в тому випадку, якщо вони постійні і знаходяться на достатній, згідно вимог, відстані від елементів, які можуть бути під напругою.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

## Практичний розрахунок

Людина доторкнулась до фази трифазної трипровідної мережі з ізольованою нейтралю (частота 50 Гц) напругою 380 В. Накреслити схеми і визначити напругу дотику ( $U_{\text{дот}}$ ) та силу струму, що проходить через людину ( $I_{\text{л}}$ ) для двох режимів роботи електроустановки: нормальному та аварійному (людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю  $R_{\text{зам}}$ , Ом).

Покажіть, в яких випадках доторкання небезпечніше. В розрахунках прийняти опір тіла людини  $R_{\text{л}}$ , Ом; опір заземлення нейтралі  $R_0$ , Ом; опір ізоляції повідників  $R_A = R_B = R_C = R_N = R$ , Ом; ємність провідників  $C_A = C_B = C_C = C_N = C$ ; мкФ. Вихідні дані для розрахунку:  $R_{\text{л}} = 1000$  Ом;  $R_0 = 2$  Ом;  $R = 45$  Ом;  $C = 0,09$  мкФ;  $R_{\text{зам}} = 140; 70; 4; 0,5$ ; Ом.

Визначимо величину напруги дотику для нормального режиму:

$$U_{\text{дот}} = U_{\text{ф}} * \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_0} = 220 * \frac{1000}{1000 + 2} = 219,56 \text{ В.}$$

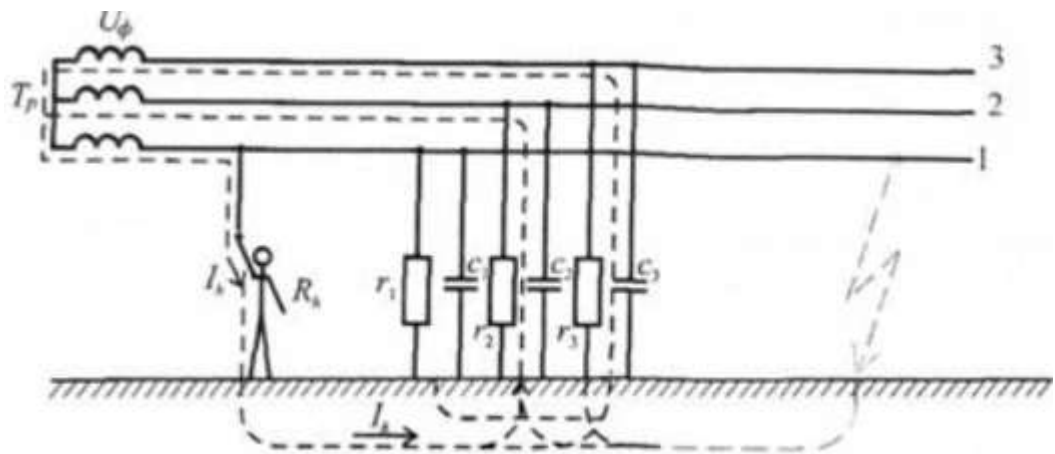


Рис. 3.1 Однофазний дотик людини до проводу

Струм який пройде через людину:

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220}{1000 + 2} = 0,22 \text{ А.}$$

Розрахуємо величину напруги дотику в аварійному режимі:

$$U_{\text{дот}} = U_{\text{ф}} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)};$$

розрахунок будемо проводити при значеннях опорів замикання фази на

землю:  $R_{\text{зам}} = 140 \text{ Ом}; 70 \text{ Ом}; 4 \text{ Ом}; 0,5 \text{ Ом.}$

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\text{ф}} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\ &= 220 * 1000 * \frac{140 + 2 * \sqrt{3}}{140 * 2 + 1000 * (140 + 2)} = 221,8 \text{ В;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\text{ф}} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\ &= 220 * 1000 * \frac{70 + 2 * \sqrt{3}}{70 * 2 + 1000 * (70 + 2)} = 224 \text{ В;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\text{ф}} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\ &= 220 * 1000 * \frac{4 + 2 * \sqrt{3}}{4 * 2 + 1000 * (4 + 2)} = 273.16 \text{ В;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\text{ф}} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\ &= 220 * 1000 * \frac{0.5 + 2 * \sqrt{3}}{0.5 * 2 + 1000 * (0.5 + 2)} = 348.34 \text{ В.} \end{aligned}$$

Розрахуємо значення струму, що проходитьиме через людини при тих же

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значеннях опору замикання фази на землю:

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{140 + 2 * \sqrt{3}}{140 * 2 + 1000 * (140 + 2)}$$

$$= 0.22 \text{ A};$$

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{70 + 2 * \sqrt{3}}{70 * 2 + 1000 * (70 + 2)}$$

$$= 0.224 \text{ A};$$

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{4 + 2 * \sqrt{3}}{4 * 2 + 1000 * (4 + 2)} = 0.27 \text{ A};$$

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{0,5 + 2 * \sqrt{3}}{0,5 * 2 + 1000 * (0,5 + 2)}$$

$$= 0.35 \text{ A}.$$

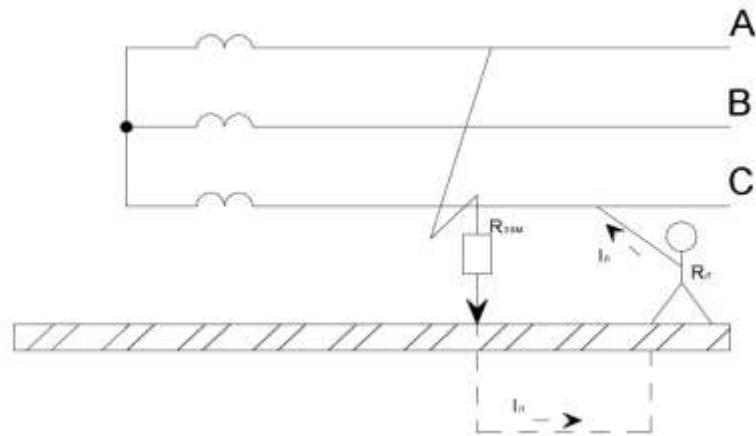


Рис. 3.2 Аварійний режим

В мережі з ізольованою нейтралю, людина заземлена через великий опір трансформаторів або вимірювальних приладів.

Згідно з отриманими значеннями можу зробити наступний висновок:

В аварійному режимі значення струму, що проходить крізь тіло людини має більшу величину ніж при нормальному режимі, зі зменшенням опору замикання фази на землю, збільшується як напруга дотику так і струм, що пройде через людину у разі доторкання до фази.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Внутрішні мережі та споруди. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В. 2.5.23-2010. - К.: Держбуд України, 2003.-127 с.
2. Справоная книга для проектирования злектрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга-Л.: Знергия, 1976.-384 с, ил.
3. Правила устройства злектроустановок / Минзнерго СССР.- 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Знергоатомиздат, 1987.-648 с, ил.
4. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Злектрическая часть станций и подстанций: Справочныіе материалы для курсового и дипломного проектирования. -М.: Знергоатомиздат, 1989.-605 с.
5. Справочная книга по проектированию злектроснабжения. Под ред. Кнорринга Г.М. - Л.: Знергия,1976. - 384с.
6. Зорин В.В., Тисленко В.И. Системи злектроснабжения общего назначения. - Чернигов: ЧГТУ, 2005. - 341 с.
7. Шестеренко В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств - Вінниця: Нова книга, 2004р.-656с.
8. Долин П.А. Основи техніки безпеки в злектроустановкахичи. - М.: Знергоатомиздат, 1984. - 448 с.вич
9. Справочная книга по светотехнике / Под ред.Ю.Б. Айзенберга. - М.: Знергоатомиздат, 1995.-459с, ил.
10. Справочник по проектированию злектроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. М.: Энергоатомиздат, 1991. - 464с, ил.

					<b>ДП 2022</b>							
					<b>Література</b>							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		<i>Мигович Вл.</i>							Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>								88		
Зав.кафедр.									ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ15- 5ск			
Н. Контр.												
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>										

11. Мешков В.В., Епанешников М.М. Осветительные установки. – М.: Энергия, 1972.-458с., ил. Методичні вказівки та завдання до курсового проектування з курсу "Електропостачання промислових підприємств" / Укл. М.А.Денисенко, О.І.Соловей, Є.М.Іншеков. К.: КПІ, 1994. - 64с.
12. Липкин Б.Ю. Злектроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990.-366 с, ил.
13. ГОСТ 12.1.038 - 82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. Дополненный в 1996 г.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		