

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

**Кваліфікаційна робота бакалавра**

на тему: «**Розрахунок електропостачання житлового будинку**»

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав  
студент групи ЕТ-81

В.О. Вакула

Керівник

С.М. Лебедка

Суми 2022

## РЕФЕРАТ

**Назва:** Розрахунок електропостачання житлового будинку.

**Автор:** Вакула Владислав Олегович

с. 50, рис. 10, табл. 13

**Ключові слова:** Електроприймач, потужність, коефіцієнт попиту, чотирипровідна мережа, струм вводу, провідник, втрати напруги.

Электроприемник, мощность, коэффициент спроса, четырехпроводная сеть, ток ввода, проводник, потери напряжения.

Electric receiver, power, demand factor, four-wire network, input current, conductor, voltage losses.

**Бібліографічний опис:** Вакула В.О. Розрахунок електропостачання житлового будинку [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В.О. Вакула; керівник С.М. Лебедка. - Суми: СумДУ, 2022. - 50 с.

**Короткий огляд (реферат):** Проведений розрахунок системи електропостачання житлового будинку, розраховано значення струму вводу з урахуванням навантаження комунальних приймачів та ліфтових, потужність, яка споживається будинком, розраховано перетин провідників, а також допустимі падіння напруги на ділянках заданої мережі.

## Зміст

Вступ-----	4
1. Вихідні дані для проектування-----	6
2. Розрахунок електропостачання будинку-----	7
2.1. Характеристика та розрахунок електричних навантажень будинку--	7
2.2. Вибір перерізу провідників -----	12
2.3. Розрахунок струмів однофазного короткого замикання -----	23
3. Розрахунок захисних заходів багатоповерхового будинку-----	26
3.1. Розрахунок заземлення-----	26
3.2. Розрахунок грозозахисту будинку -----	34
Висновки -----	48
Список використаної літератури -----	49

					БР 3.6.141.003 ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб</i>		Вакула В.О.			Розрахунок системи електропостачання житлового будинку		<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>	
<i>Керівник</i>		Лебедка С.М.					3	50		
<i>Реценз.</i>							<b>СумДУ, ЕТ–81</b>			
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Зав. Каф.</i>		Лебединський І.Л.								

## Вступ

Енергосистема є найважливішою складовою частиною техніко-економічного потенціалу регіону, від функціонування якої залежать його економічні показники. За допомогою енергосистеми здійснюється виробництво (генерація), розподіл та споживання електричної енергії.

Енергетична система складається з електричних станцій, електричних мереж і споживачів електроенергії, з'єднаних між собою та зв'язаних спільністю режиму в неперервному процесі виробництва, розподілення та споживання електричної енергії, при спільному керуванні цим режимом.

В якості теми бакалаврської роботи було розглянуто й досліджено питання електропостачання житлового будинку.

Електропостачанням називається комплекс технічних засобів і організаційних заходів, завдяки якому забезпечується постачання споживачам електроенергії з незмінною стабільністю і певними параметрами.

Електропостачання вже давно стало невід'ємною частиною життя сучасного суспільства. Важко зараз уявити, що колись людство обходилися без нього. Електропостачання необхідно нам всюди: у квартирі, заміському будинку, офісі і т.д. Воно робить наше життя більш комфортним та зручним. Для електропостачання в наш час стала широко застосовуватися система трифазної змінної напруги. Електроенергія від великих районних підстанцій передається до різних об'єктів. Спеціальні розподільні трансформаторні підстанції перетворюють напругу до рівня, що використовується кінцевими споживачами (380В/220В).

Для побутового електропостачання на всій території України прийнято використовувати напругу змінного струму рівною 220 В. Вже практично на ділі не застосовується значення змінного струму рівного 127 В, правда поки ще можна зустріти застарілі електроприлади - холодильники, пылесосы, натирачі, розраховані на роботу з такою напругою.

					БР 3.6.141.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

Для електропостачання, як правило, використовуються проводи, що прокладаються в борознах будівельних конструкцій, коробах, захисних трубах. Для створення відгалуження рекомендується використовувати ізольовані дроти з алюмінію або міді, але також є недопустимим використання неізолюваних проводів.

Для того щоб реалізувати надійне і безперебійне електропостачання потрібно врахувати рівень напруги, навантаження, а також скласти схему зовнішнього та внутрішнього електропостачання об'єкта, схему ввідних пристроїв.

Усі роботи з налагодження електропостачання виконується у суворій відповідності до вимог "Правил улаштування електроустановок", та нормами проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.

Отже, питання щодо забезпечення електропостачання житлового будинку є досить актуальним.

					БР 3.6.141.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## **1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ**

Проектом передбачається розрахунок електропостачання житлового будинку. Вихідними даними є:

- однолінійна схема живлення багатоквартирного будинку;
- джерело живлення – трансформаторна підстанція (ЗТП-470);
- точка підключення – ВРП 0,4 кВ;
- напруга низьковольтних мереж – 380/220 В;
- категорія електропостачання - II;
- розміри будівлі;

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

## **2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ**

### **2.1. Характеристика та розрахунок електричних навантажень будинку**

Згідно з державними будівельними нормами (ДБН) житла (квартири) щодо оснащеності побутовими електроприладами та їх розрахункових навантажень умовно поділяються на три види:

1 - житла (квартири) в будинках масового будівництва, споруджені чи споруджувані із загальною площею від 35 до 95 м<sup>2</sup> та заявленою (встановленою) потужністю електроприймачів до 30 кВт;

2 - житла (квартири) в багатоквартирних будинках, споруджені чи споруджувані із загальною площею від 100 до 300 м<sup>2</sup> та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 30 до 60 кВт;

3 - житла (квартири) в котеджах, будинках, споруджені чи споруджувані в розрахунку, як правило, на одну родину із загальною площею від 150 до 600 м<sup>2</sup> та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 60 до 140 кВт.

За ступенем надійності електропостачання електроприймачі належать до категорій, вказаних в [1]. Даний будинок є електроприймачем III категорії. Електропостачання електроприймачів III категорії надійності електропостачання може здійснюватись від одного джерела живлення за умови, що перерва в електропостачанні, яка необхідна для ремонту і заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищує однієї доби. [2]

Заданий будинок знаходиться в місті Суми за адресою вул. Інтернаціоналістів 1А. Будинок нараховує одинадцять поверхів, на яких розміщено 120 квартир. Також у ньому присутні три ліфтові установки та три приймачі комунальної електроенергії.

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

В даному будинку основними споживачами електроенергії є: електроосвітлення, електропобутові пристрої, комунальне господарство, ліфтові установки.

Живлення даного будинку відбувається від закритої трансформаторної підстанції, яка знаходиться на проспекті Михайла Лушпи 27. Трансформаторна підстанція № 470 є понижувальною 6/0,4 кВ та знаходиться на балансі ПАТ «Сумиобленерго».

Даний багатоповерховий будинок відноситься до житла 2-го виду, отже розрахункове навантаження, приведене до вводу в житло, до шини напругою 0,4 кВ ТП, визначається за формулою:

$$P_{p.ж.} = P_{n.p.ж} N = 5 \cdot 120 = 600 (\text{кВт}) \quad (2.1.1)$$

де  $P_{n.p.ж}$  - питома розрахункова електрична навантаження одного житла, яке залежить від прийнятого рівня електрифікації побуду та кількості квартир, приєднаних до даної ланки електромереж, кВт/житло;

$N$  - кількість одиниць житла (квартир), приєднаних до вводу.

Розраховуємо реактивне навантаження вводу, до якого приєднані житла будинку за формулою (2.1.2):

$$Q_{p.ж.} = P_{p.ж.} \cdot \text{tg} \varphi_{ж} = 600 \cdot 0,29 = 174 (\text{кВАр}) \quad (2.1.2)$$

$\text{tg} \varphi_{ж}$  - коефіцієнт потужності, який характеризує співвідношення реактивної та активної потужності (за таблицею 2.1.1).

Розрахункове повне навантаження вводу за формулою 2.1.3:

$$S_{p.ж.} = \sqrt{P_{p.ж.}^2 + Q_{p.ж.}^2} = \sqrt{600^2 + 174^2} = 624,72 (\text{кВА}) \quad (2.1.3)$$

Розрахунковий струм вводу знаходимо за формулою 2.1.4.

$$I_{p.ж.} = \frac{S_{p.ж.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{624,72}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 949,165 (\text{А}) \quad (2.1.4)$$

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



Таблиця 2.1.1 – Дані щодо визначення розрахункових коефіцієнтів активного і реактивного навантаження житлових будинків

Лінія живлення	Розрахункові коефіцієнти	
	активного навантаження, $\cos\varphi$	реактивного навантаження, $\operatorname{tg}\varphi$
Житла (квартири) з електричними плитами	0,98	0,2
Житло (квартири) з електричними плитами і побутовими кондиціонерами повітря	0,93	0,4
Житло (квартири) з плитами на природному, зрідженому газі, на твердому паливі	0,96	0,29
Житло (квартири) з плитами на природному, зрідженому газі, твердому паливі та з побутовими кондиціонерами повітря	0,92	0,43
Загальнобудинкове освітлення з лампами розжарювання	1	0
Загальнобудинкове освітлення з люмінесцентними лампами	0,92	0,43
Господарські насоси, вентиляційні установки та інші санітарно-технічні пристрої	0,8	0,75
Ліфти	0,65	1,17

Далі визначаємо розрахункові навантаження силових ЕП житлового будинку (ліфтів та комунального обладнання (КО)).

За таблицею 2.1.2 для трьох ліфтів та при 11 поверхах будинку коефіцієнт попиту  $K_{н.л.} = 0,8$ . За таблицею 2.1.3 для трьох приймачів КО потужністю до 30 кВт житлового будинку коефіцієнт попиту  $K_{н.с.} = 0,9$ .

Таблиця 2.1.2 – Дані щодо визначення коефіцієнта попиту для ліфтових установок

Кількість ліфтових установок	$K_{н.л.}$ для будинків заввишки	
	до 12 поверхів	12 і більше поверхів
	2-3	0,8
4-5	0,70	0,80
6	0,65	0,75
10	0,5	0,6
20	0,4	0,5
25 і більше	0,35	0,40

Таблиця 2.1.3 - Дані щодо визначення коефіцієнта попиту електродвигунів санітарно-технічних установок житлових будинків

Кількість КО	Коефіцієнт попиту $K_{н.с.}$
2	1 (0,8)
3	0,9 (0,75)
5	0,8 (0,7)
8	0,75
10	0,7
15	0,65
20	0,63
30	0,6
50	0,55

Для силових ЕП житлового будинку розрахункове активне навантаження за формулою 2.1.5:

$$P_{р.с.ЕП} = K_{н.л.} \cdot N_l \cdot P_l + K_{н.с.} \cdot N_c \cdot P_c = 0,8 \cdot 3 \cdot 8 + 0,9 \cdot 3 \cdot 6,08 = 35,568(\text{кВт}) \quad (2.1.5)$$

За таблицею 2.1.1 для ліфтів коефіцієнт реактивного навантаження приймається  $tg\varphi_l = 1,17$ . За таблицею 2.1.1 для комунального обладнання коефіцієнт реактивного навантаження приймається  $tg\varphi_c = 0,75$ . Розрахункове реактивне навантаження для силових ЕП житлового будинку визначається за формулою 2.1.6:

$$Q_{p.c.ЕП} = P_{p.l} \cdot tg\varphi_l + P_{p.c.} \cdot tg\varphi_c = 19,2 \cdot 1,17 + 16,416 \cdot 0,75 = 34,72 (\text{кВАр}) \quad (2.1.6)$$

Розрахункове повне навантаження вводу, до якого приєднані силові ЕП будинку, визначається так (2.1.7):

$$S_{p.c.ЕП} = \sqrt{P_{p.c.ЕП}^2 + Q_{p.c.ЕП}^2} = \sqrt{35,568^2 + 34,72^2} = 49,705 (\text{кВА}) \quad (2.1.7)$$

Розрахунковий струм вводу, до якого приєднані силові ЕП будинку, визначаємо по формулі 2.1.8.

$$I_{p.c.ЕП} = \frac{S_{p.c.ЕП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{49,705}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 75,518 (\text{А}) \quad (2.1.8)$$

Визначаємо загальні розрахункові навантаження житлового будинку.

Розрахункове активне навантаження будинку від жител до силових ЕП визначається за формулою 2.1.9.

$$P_{p.ж.б} = P_{p.ж} + 0,9 \cdot P_{p.c.ЕП} = 600 + 0,9 \cdot 35,568 = 632,011 (\text{кВт}) \quad (2.1.9)$$

Розрахункове реактивне навантаження будинку визначається по формулі 2.1.10.

$$Q_{p.ж.б} = Q_{p.ж} + 0,9 \cdot Q_{p.c.ЕП} = 174 + 0,9 \cdot 34,72 = 205,248 (\text{кВАр}) \quad (2.1.10)$$

Розраховуємо повне навантаження будинку за формулою 2.1.11.

$$S_{p.ж.б} = \sqrt{P_{p.ж.б}^2 + Q_{p.ж.б}^2} = \sqrt{632,011^2 + 205,248^2} = 664,5 (\text{кВА}) \quad (2.1.11)$$

Розрахунковий струм житлового будинку визначається по формулі 2.1.12.

$$I_{p.ж.б} = \frac{S_{p.ж.б}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{664,503}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1,01 (\text{кА}) \quad (2.1.12)$$

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

## 2.2. Вибір перерізу провідників

Згідно з правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) переріз провідника, марку якого вибирають залежно від вимог середовища, повинен забезпечити припустиме нагрівання і припустиму втрату напруги при проходженні розрахункового струму  $I_p$ . Крім того, переріз провідника повинен бути погоджений з номінальним струмом плавкої вставки запобіжника або вставки автомата, що захищають дану ділянку мережі від перевантаження і струмів короткого замикання (к.з.)

Для вибору провідників проведемо розрахунок на мінімум провідникового матеріалу. Для розрахунку необхідно знати параметри трансформатора, а саме:

$P = 630$  кВА,  $\Delta P_K = 7,6$  кВт,  $U_K = 5,5\%$ ,  $\Delta P_{XX} = 1,42$ ,  $I_{XX} = 2\%$  [4],

та мережі живлення (таблиця 2.2.1):  $\cos \varphi = 0,92$      $\beta = 0,65$

$L_{AB} = 190$  м     $L_{BD} = 0,5$  м     $L_{BC} = 0,5$  м     $L_{DE} = 0,5$  м

Таблиця 2.2.1

L1, м	L2, м	L3, м	L4, м	L5, м	L6, м	L7, м	L8, м	L9, м
37,5	37,5	37,5	52,5	52,5	52,5	65	65	65
P1, кВт	P2, кВт	P3, кВт	P4, кВт	P5, кВт	P6, кВт	P7, кВт	P8, кВт	P9, кВт
200	6,5	5	200	6,5	5	200	6,5	5

Креслимо розрахункову схему мережі та наносимо на ній дані для розрахунку (рис.2.2.1).

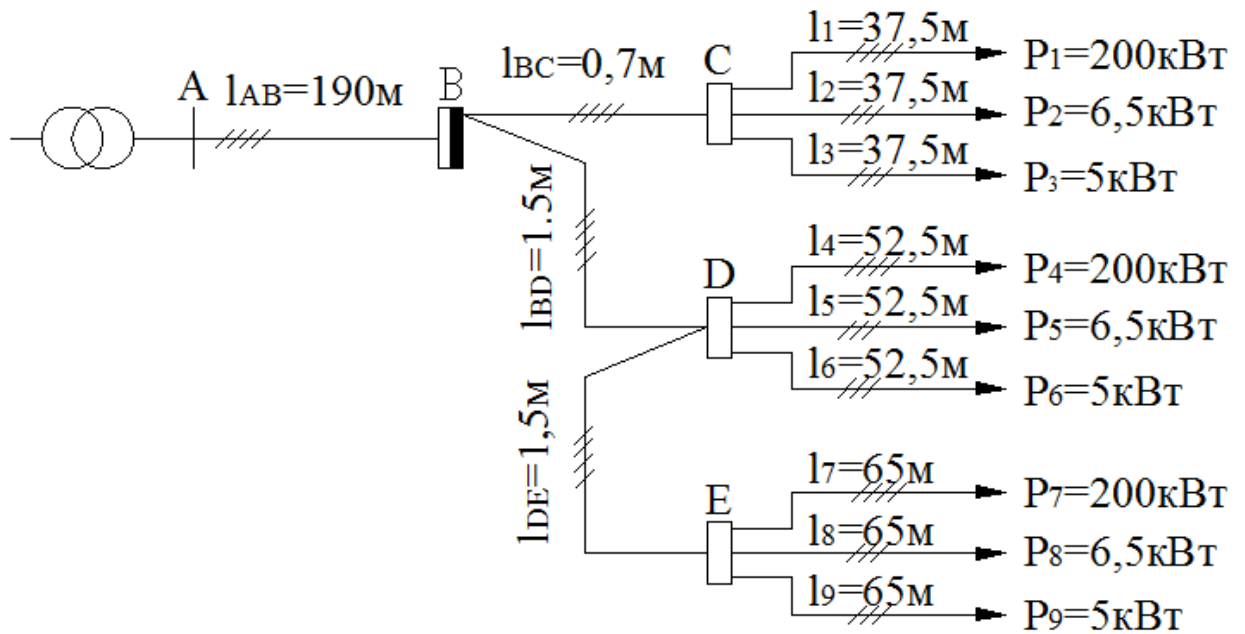


Рис 2.2.1 – Розрахункова схема мережі

Знаходимо допустиму втрату напруги в мережі за формулою:

$$\Delta U_l = U_{\max} - U_{\min} - \Delta U_T \quad (2.2.1)$$

де  $U_{\max}$  - максимально допустиме значення напруги при холостому ході трансформатора у відсотках від номінального,  $U_{\max} = 105\%$  ;

$U_{\min}$  - мінімальне допустиме значення напруги у самого віддаленого споживача у відсотках від номінального значення  $U_{\min} = 95\%$  ;

$\Delta U_T$  – втрата напруги трансформатора що живить мережу приведена до вторинної напруги в %.

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

$$\Delta U_T = \beta(U_{a.m} \cos \phi + U_{p.m} \sin \phi) \quad (2.2.2)$$

де  $\beta$  коефіцієнт завантаження трансформатора  $\beta = 0,65$ ;

$U_{a.m}$ ,  $U_{p.m}$  активна і реактивна складові напруги короткого замикання трансформатора;

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності на вторинних затискачах трансформатора.

$\cos \varphi = 0,92$ . Знаючи  $\cos \varphi$  визначаємо  $\sin \varphi$ , для нашого випадку

$$\sin \varphi = 0,392;$$

$U_{a.m}$ ,  $U_{p.m}$  знаходмо за формулою:

$$U_{a.m} = (\Delta P_k / S_n) \cdot 100\% = (7,6 / 630) \cdot 100 = 1,206\% \quad (2.2.3)$$

$$U_{p.m} = \sqrt{U_k^2 - U_{a.m}^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,206^2} = 5,366\% \quad (2.2.4)$$

де  $\Delta P_k$  – втрати короткого замикання, кВт;

$S_n$  – номінальна потужність трансформатора, кВт;

$U_k$  – напруга короткого замикання, %;

Втрати напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_T = 0,65 \cdot (1,206 \cdot 0,92 + 5,366 \cdot 0,39) = 2,088 \%$$

Допустимі втрати напруги в мережі:

$$\Delta U_l = 105 - 95 - 2,088 = 7,912 \%$$

Визначивши допустиму втрату напруги в мережі подальший розрахунок можна здійснювати двома шляхами:

- а) по заданій втраті напруги за методикою мінімуму витрат провідникового матеріалу визначають перетин проводів;
- б) задаючись заздалегідь перетином, підраховують втрати напруги в мережі, порівнявши їх з допустимою, вирішують, чи можливе використання перетину дроту.

І в першому і в другому випадках необхідні розрахунок і перевірка перетинів ділянок мережі по допустимому нагріву.

Розраховуємо переріз провідників за формулою:

$$S = \frac{M_{пр}}{C \cdot \Delta U} \quad (2.2.5)$$

де  $C$  – коефіцієнт що залежить від матеріалу провідника, номінальної напруги і кількості проводів на ділянці мережі, значення якого наведені в таблиці 2.2.2.

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14



Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.2.4

Таблиця 2.2.4 – Моменти навантаження окремих ділянок

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P <sub>i</sub> , кВт	200	6,5	5	200	6,5	5	200	6,5	5
L <sub>i</sub> , м	37,5	37,5	37,5	52,5	52,5	52,5	65	65	65
M <sub>i</sub> , Н·м	7500	243,7	187,5	1050	341,2	262,5	1300	422,5	325
i	DE	BD	BC	AB					
P <sub>i</sub> , кВт	211,5	423	211,5	634,5					
L <sub>i</sub> , м	1,5	1,5	0,7	190					
M <sub>i</sub> , Н·м	317,2	634,5	148	120600					

Приведений момент навантаження для головної ділянки (AB):

$$M_{np.AB} = \sum M + \sum \alpha m = M_{AB} + M_{BC} + M_{DB} + M_{DE} + \alpha_{4-3} \times (M_2 + M_3 + M_5 + M_6 + M_8 + M_9) + M_1 + M_4 + M_7 = 12055 + 148,04 + 634,5 + 317,25 + 1,39 \cdot (243,7 + 187,5 + 341,25 + 262,5 + 422,5 + 325) + 7500 + 10500 + 13000 = 155,1(\text{кВт} \cdot \text{м})$$

Спочатку визначається перетин головної ділянки

Потрібний переріз жил кабеля головної ділянки (2.2.8):

$$S'_{AB} = \frac{M_{np.AB}}{C \cdot \Delta U_D} \quad (2.2.8)$$

$$S'_{AB} = \frac{155132,47}{44 \cdot 7,911} = 445,64 \text{ мм}^2$$

Стандартна величина перерізу жил кабеля головної ділянки:

$$S_{AB} = 500 \text{ мм}^2.$$

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



Дійсна втрата напруги на головній ділянці (2.2.9):

$$\Delta U_{AB} = \frac{M_{AB}}{C \cdot S_{AB}} = \frac{120555}{44 \cdot 500} = 5.48\% \quad (2.2.9)$$

Розрахункові втрати напруги для наступних ділянок (2.2.10):

$$\Delta U_B = \Delta U_M - \Delta U_{AB} = 7,9116 - 5,479 = 2,432\% \quad (2.2.10)$$

Аналогічно знаходимо перерізи жил кабелю на наступних ділянках:

Ділянка BC.

Приведений момент навантаження:

$$\begin{aligned} M_{np.BC} &= \sum M + \sum \alpha m = M_{BC} + M_1 + \alpha_{4-3} (M_2 + M_3) = \\ &= 148,049 + 750 + 1,39 \cdot (243,75 + 187,5) = 8247 \text{ (кВт} \cdot \text{м)} \end{aligned}$$

Потрібний переріз жил кабеля:

$$S'_{BC} = \frac{M_{np.BC}}{C \cdot \Delta U_B} = \frac{8247,48}{44 \cdot 2,43} = 77,079 \text{ мм}^2.$$

Стандартна величина перерізу жил кабеля:

$$S'_{BC} = 95 \text{ мм}^2.$$

Дійсна втрата напруги:

$$\Delta U_{BC} = \frac{M_{BC}}{C \cdot S_{BC}} = \frac{148,049}{44 \cdot 95} = 0,035\%$$

Розрахункові втрати напруги для 1-3 ділянок:

$$\Delta U_C = \Delta U_B - \Delta U_{BC} = 2,43 - 0,035 = 2,396\%$$

Ділянка BD.

Приведений момент навантаження:

$$\begin{aligned} M_{np.BD} &= \sum M + \sum \alpha m = M_{BD} + M_4 + \alpha_{4-3} (M_5 + M_6) + M_{DE} + \\ &M_7 + \alpha_{4-3} (M_8 + M_9) = 634,5 + 10500 + 1,39 \cdot (341,25 + 262,5) + \\ &+ 317,25 + 13000 + 1,39 \cdot (422,5 + 325) = 26329,9 \text{ (кВт} \cdot \text{м)} \end{aligned}$$

Потрібний переріз жил кабеля:

$$S'_{BD} = \frac{M_{np.BD}}{C \cdot \Delta U_B} = \frac{26329,98}{44 \cdot 2,431} = 246,072 \text{ мм}^2.$$

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Стандартна величина перерізу жил кабеля:

$$S_{BD} = 300 \text{ мм}^2.$$

Дійсна втрата напруги:

$$\Delta U_{BD} = \frac{M_{BD}}{C \cdot S_{BD}} = \frac{634,5}{44 \cdot 300} = 0,048 \%$$

Розрахункові втрати напруги для наступних ділянок:

$$\Delta U_D = \Delta U_B - \Delta U_{BD} = 2,431 - 0,048 = 2,384 \%$$

Ділянка DE.

Приведений момент навантаження:

$$M_{np.DE} = \sum M + \sum \alpha m = M_{DE} + M_7 + \alpha_{4-3} \cdot (M_8 + M_9) = 317,25 + 13000 + 139 \cdot (422,5 + 325) = 14356,27 (\text{кВт} \cdot \text{м})$$

Потрібний переріз жил кабеля:

$$S'_{DE} = \frac{M_{np.DE}}{C \cdot \Delta U_D} = \frac{14356,27}{44 \cdot 2,383} = 136,87 \text{ мм}^2.$$

Стандартна величина перерізу жил кабеля:

$$S_{DE} = 150 \text{ мм}^2.$$

Дійсна втрата напруги:

$$\Delta U_{DE} = \frac{M_{DE}}{C \cdot S_{DE}} = \frac{317,25}{44 \cdot 150} = 0,048 \%$$

Розрахункові втрати напруги для 1-6 ділянок:

$$\Delta U_E = \Delta U_D - \Delta U_{DE} = 2,383 - 0,048 = 2,336 \%$$

Визначаємо розрахунковий  $S_{роз}$  та вибираємо стандартний  $S_{ст}$  переріз жил провідників 1-6 ділянок.

Формула для розрахунку:

$$S_{роз.i} = \frac{M_i}{C_i \cdot \Delta U_{роз.i}} \quad (2.2.11),$$

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

$$\Delta U_i = \frac{M_i}{C_i \cdot S_{cm.i}} \quad (2.2.12).$$

Результати розрахунку зводимо в табл. 2.2.5

Таблиця 2.2.5 Розрахунок перерізів жил провідників

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M <sub>i</sub> кВт·м	7500	243,7	187,5	10500	341,2	262,5	13000	422,5	325
C <sub>i</sub>	44	19,5	19,5	44	19,5	19,5	44	19,5	19,5
ΔU <sub>роз</sub>	2,396	2,396	2,396	2,384	2,384	2,384	2,336	2,336	2,336
S <sub>роз</sub>	71,14	5,22	4,01	100,10	7,34	5,65	126,48	9,28	7,13
S <sub>ст</sub>	95	6	6	120	10	6	150	10	10
ΔU <sub>i</sub> , %	1,79	2,08	1,60	1,99	1,75	2,24	1,97	2,17	1,67

Як зазначалося вище необхідно провести вибір перерізу провідників за припустимим нагріванням.

Електричний струм у провіднику виділяє теплову енергію, частина якої витрачається на підвищення його температури, а частина виділяється в навколишнє середовище.

При зміні струму в провіднику або зміні умов охолодження змінюється температура його нагрівання. Якщо величина струму в провіднику або умови охолодження не міняються, то кількість тепла, що виділяється, відповідає кількості тепла, яке виділяється в навколишнє середовище. Настає теплова рівновага, і провідник нагрівається до сталої температури.

Нагрівання змінює фізичні властивості провідника. Підвищується його опір, а отже, збільшується марна витрата електроенергії на нагрівання струмоведучих частин. Надмірне нагрівання провідників небезпечне для ізоляції, викликає перегрів контактних з'єднань, що може спричинити пожежу або вибух.

Надійна, тривала робота проводів і кабелів визначається тривалою припустимою температурою їх нагрівання, величина якої залежить від виду ізоляції. З огляду на умови надійності, безпеки й економічності, ПУЕ встановлюють граничну температуру нагрівання провідників залежно від тривалості проходження струму, матеріалу струмоведучої частини і ізоляції дроту або кабелю

Струм, що довгостроково протікає по провіднику, при якому встановлюється тривала припустима температура нагрівання, називається припустимим струмом за нагріванням  $I_{np}$ . Величина його залежить як від марки дроту або кабелю, так і від умов прокладки і температури навколишнього середовища.

Довгостроково припустимі струми навантаження дротів, кабелів і шин зазначені в таблицях ПУЕ, розроблених для температур навколишнього повітря +25 °С, ґрунту +15°С З а тривалий розрахунковий струм лінії приймають струм півгодинного максимуму. При виборі повинна дотримуватися умова:

$$I_p < I_{np},$$

де  $I_p$  - робочий струм провідника;

$I_{np}$  - припустимий струм провідника.

Перевіримо вибрані перерізи провідників по допустимому нагріванню. Для цього необхідно визначити розрахунковий струм на ділянках від КТП – 140 до шафи обслуговування (ШО). Формули для визначення розрахункових струмів:

- для чотири провідникових мереж:

$$I_P = \frac{P}{\sqrt{3}U_{\phi} \cos \phi}, \text{ А (2.2.13)}$$

- для три провідникових мереж:

$$I_P = P / (2 \cdot U_{\phi} \cos \phi), \text{ А (2.2.14)}$$

-для двопровідних мереж :

$$I_P = P / (U_{\Phi} \cdot \cos\phi), A \quad (2.2.15)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.2.6.

Таблиця 2.2.6 - Перевірка вибраних перерізів провідників по допустимому нагріванню

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P <sub>i</sub> , кВт	200	6,5	5	200	6,5	5	200	6,5	5
I <sub>p</sub> , А	330,3	16,1	12,4	330,3	16,1	12,4	330,3	16,1	12,4
S <sub>стi</sub> мм <sup>2</sup>	95	6	6	120	10	6	150	10	10
I <sub>доп</sub> А	350	70	70	390	95	70	435	95	95
i	DE	BD	BC	AB					
P <sub>i</sub> , кВт	211,5	423	211,5	634,5					
I <sub>p</sub> , А	349,3	698,6	349,3	1047,9					
S <sub>стi</sub> мм <sup>2</sup>	150	300	95	500					
I <sub>доп</sub> А	435	720	350	1200					

Умова  $I_{np} > I_p$  для всіх ділянок освітлювальної мережі виконується - перевірка вибраних перерізів провідників за допустимим нагріванням є задовільною.

Таблиця 2.2.7. Вибір провідників для ділянок АВ, ВС, CD, BE.

i	AB	BC	BD	DE
Вид провідника	Кабель чотирьохжильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотирьохжильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотирьохжильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотирьохжильний з алюмінієвими жилами
Спосіб прокладення	У землі	в повітрі	в повітрі	в повітрі
S, мм <sup>2</sup>	500	95	300	150

Таблиця 2.2.8. Вибір провідників для ділянок 1-9.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вид провідника	Провід з поліхлоридною ізоляцією								
Спосіб прокладення	відкрито								
S, мм <sup>2</sup>	95	6	6	120	10	6	150	10	10

При виборі провідників необхідно враховувати апарати захисту. Одночасно з електроприймачами треба захищати від струму короткого замикання і перевантажень живильні й розподільні лінії, перерізи яких обрані за нагріванням тривалим струмом навантаження. Переріз провідника приймають найбільший з обраних за всіма умовами.

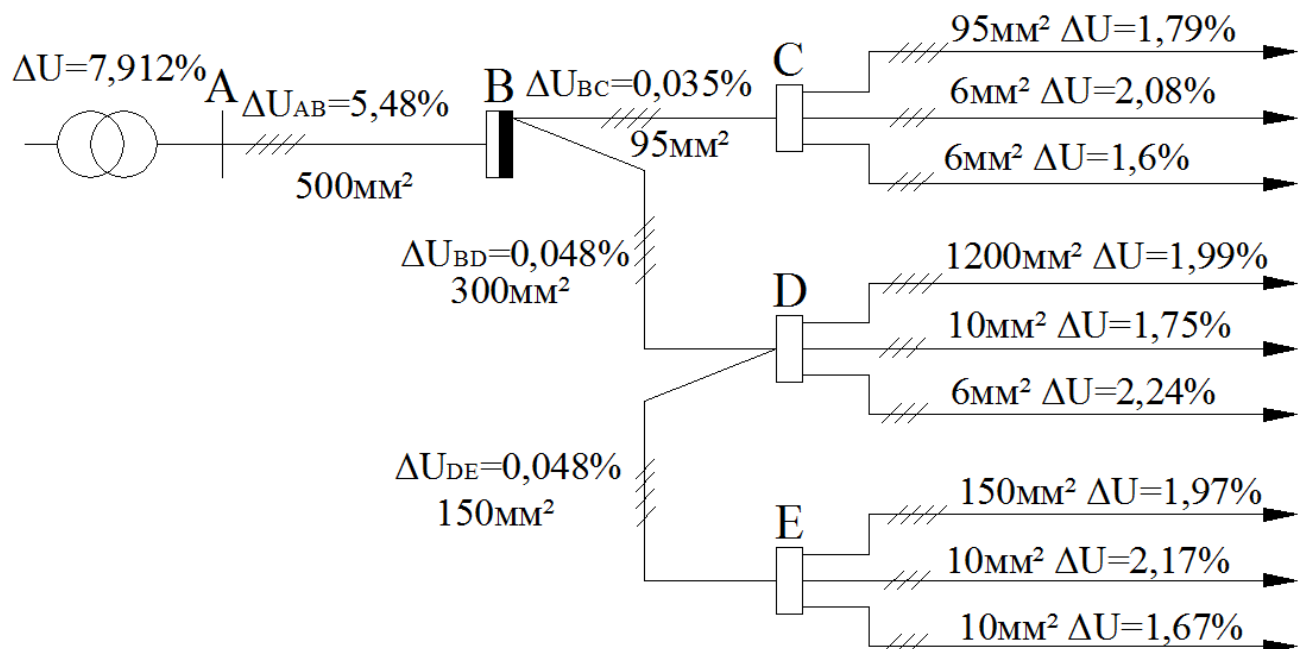


Рисунок 2.2.2 – Схема живлення з вказаними втратами напруги та перерізами провідників

### 2.3. Розрахунок струмів однофазного короткого замикання

Розрахунок струмів короткого замикання (к.з.) виконується з метою вибору і перевірки обладнання, струмоведучих частин на термічну та динамічну стійкість в режимах коротких замикань, проектування релейного захисту, грозозахисту, пристроїв заземлення.

Для розрахунку струмів однофазного короткого замикання необхідно зіставити розрахункову схему (рис 2.3.1).

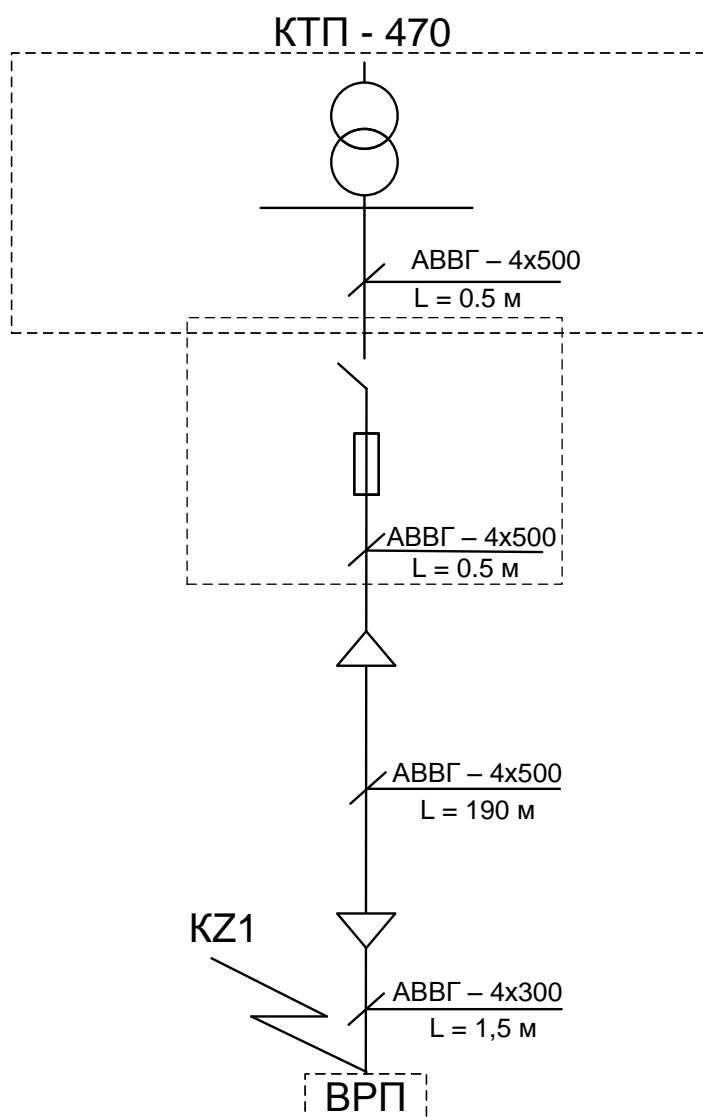


Рисунок 2.3.1 - Розрахункова схема

На рис 2.3.1 зображена розрахункова схема на якій вказано джерело живлення КТП – 470 на якому встановлено шафу силову яка живиться кабелем марки АВВГ-4x500мм<sup>2</sup> від секції шин РУ-0,4 кВ КТП-470.

Житловий будинок заживлено від рубильника, встановленого в РП-1000 КЛ-0,4 кВ кабелем марки АВВГ-4х500мм<sup>2</sup>. Кабель АВВГ-4х400мм<sup>2</sup> прокладений в траншеї в землі від РП-1000 до ВРП який знаходиться в підвалі будинку. На рис вказана точка короткого замикання К1 (найвіддаленіша від джерела живлення).

По розрахунковій схемі зіставляємо схему заміщення (рисунок 2.3.2).

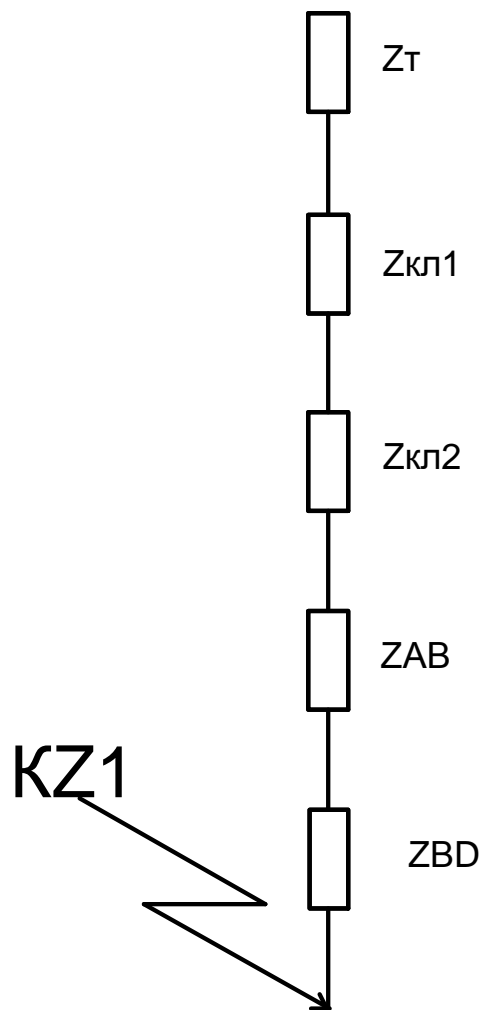


Рисунок 2.3.2 - Схема заміщення

На рис 2.3.1 зображено схему заміщення ліній від КТП – 475 до точки к. з. К1.

Введені наступні позначення:

$Z_{т}$  – повний опір трансформатора;

$Z_{кл1}$  – повний опір кабеля АВВГ-4х500мм<sup>2</sup>;

$Z_{кл2}$  – повний опір кабеля АВВГ-4х500мм<sup>2</sup>;

$Z_{АВ}$  – повний опір кабеля АВВГ-4х500мм<sup>2</sup>;

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



$Z_{BD}$  – повний опір кабелю марки АВВГ-4х300 мм<sup>2</sup>;

Для розрахунків однофазного струму к.з. необхідно знайти повні опори всіх елементів схеми заміщення, довжину ліній на ділянках.

Для спрощення розрахунку беремо значення повного опору з літератури (інтернет):

$$Z_T = 3.142 \text{ Ом}$$

$$Z_{кЛ1} = 0,051 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{кЛ2} = 0,051 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{AB} = 0,051 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{BD} = 0,103 \text{ Ом/км}$$

Контур, що складається з фази трансформатора й ланцюга фазного та нульового провідників прийнято називати петлею «фаза-нуль».

Знаходимо повний опір петлі «фаза – нуль», для цього необхідно повний опір кожної ділянки, Ом/км помножити на довжину ділянки, км:

$$Z_T = 3.142 \text{ Ом}$$

$$Z_{кЛ1} = 0,051 \cdot 0,0005 = 0,0000255 \text{ Ом}$$

$$Z_{кЛ2} = 0,051 \cdot 0,0005 = 0,0000255 \text{ Ом}$$

$$Z_{ab} = 0,051 \cdot 0,190 = 0,00969 \text{ Ом}$$

$$Z_{bd} = 0,103 \cdot 0,0015 = 0,000155 \text{ Ом}$$

$$Z_{\phi-0} = Z_T + Z_{кЛ1} + Z_{кЛ2} + Z_{ab} + Z_{bd} \quad (2.3.1)$$

Де  $Z_{\phi-0}$  - повний опір петлі «фаза – нуль»

$$Z_{\phi-0} = 0,0000255 + 0,0000255 + 0,00969 + 0,000155 + 3,142 = 3,152 \text{ Ом}$$

Знаходимо струм однофазного короткого замикання за формулою

$$I_{к1} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi-0}} \quad (2.3.2)$$

де  $U_{\phi}$  = фазна напруга.  $U_{\phi} = 220 \text{ В}$

$$I_{к1} = \frac{220}{3,152} = 69,79 \text{ А}$$

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

### **3. РОЗРАХУНОК ЗАСИХНИХ ЗАХОДІВ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ**

#### **3.1 Розрахунок заземлення**

Умисне електричне з'єднання тієї або іншої частини електроприладу або іншої установки із заземляючим пристроєм називають заземленням.

Заземлювач - це провідник або група провідників, які знаходяться в прямому контакті із землею і об'єднуючих з нею частини електроустановок.

Заземлювальним пристроєм називають сукупність конструктивно об'єднаних заземлювальних провідників та заземлювача. Заземлювач – провідник або сукупність електрично з'єднаних провідників, які перебувають у контакті із землею, або її еквівалентом. Заземлювачі бувають природні та штучні. Як природні заземлювачі використовують електропровідні частини будівельних і виробничих конструкцій, а також комунікацій, які мають надійний контакт із землею (водогінні та каналізаційні трубопроводи, фундаменти будівель і т.п.). Для штучних заземлювачів використовують сталеві труби діаметром 35 – 50 мм (товщина стінок не менше 3,5 мм) та кутники (40×40 та 60×60 мм) довжиною 2,5 – 3,0 м, а також сталеві прутки діаметром не менше ніж 10 мм та довжиною до 10 м. В більшості випадків штучні вертикальні заземлювачі знаходяться у землі на глибині  $h = 0,5 - 0,8$  м (рис. 12). Вертикальні заземлювачі з'єднують між собою штабою з поперечним перерізом не менше ніж 4×12 мм або прутком з діаметром не менше ніж 6 мм за допомогою зварювання. Приєднання заземлювального провідника до корпусу устаткування здійснюється зваркою або болтами.

Згідно з ПУЕ щодо заходів електробезпеки електроустановки поділяють на:

- електроустановки напругою до 1 кВ в електричних мережах із глухозаземленою нейтраллю;
- електроустановки напругою до 1 кВ в електричних мережах з

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

ізолюваною нейтраллю;

- електроустановки напругою понад 1 кВ в електричних мережах з ізолюваною, компенсованою або заземленою через резистор нейтраллю;
- електроустановки напругою понад 1 кВ в електричних мережах із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю.

Для розрахунку заземлення потрібно визначити тип заземлення системи.

Тип заземлення системи – показник, який характеризує влаштування нейтрального провідника (*N*-провідника) або провідника середньої точки (*M*-провідника) і з'єднання з землею струмовідних частин джерела живлення та відкритих провідних частин в електроустановках напругою до 1 кВ.

Провідник середньої точки (*M*-провідник) – провідник в електроустановках напругою до 1 кВ, який електрично з'єднаний з середньою точкою джерела живлення і використовується для розподілення електричної енергії.

Нейтральний провідник (*N*-провідник) – провідник в електроустановках напругою до 1 кВ, електрично з'єднаний з нейтральною точкою джерела живлення, що використовується для розподілення електричної енергії.

Нейтральна точка – спільна точка з'єднаної в зірку багатофазної системи або заземлена точка однофазної системи.

*PEN*-провідник – провідник в електроустановках напругою до 1 кВ, який поєднує в собі функції – захисного (*PE*-) і нейтрального (*N*-) провідників.

*PE*-провідник (*PE* від англ. «*protective earthing*» – захисне заземлення) – захисний провідник в електроустановках напругою до 1 кВ, призначений для захисту від ураження електричним струмом.

Відповідно до ГОСТ 30331.2 прийнято такі позначення типу заземлення системи:

система *TN* – система, в якій мережа живлення має глухе заземлення однієї точки струмовідних частин джерела живлення, а електроприймачі і відкриті провідні частини електроустановки приєднуються до цієї точки за допомогою відповідно *N*- або *M*- і захисного *PE*-провідників;

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

система TN-S – система TN, в якій *N*- або *M*- і *PE*-провідники розділено по всій мережі;

система TN-C – система TN, в якій *N*- або *M*- і *PE*-провідники поєднано в одному *PEN*-провіднику по всій мережі;

система TN-C-S – система TN, в якій *N*- або *M*- і *PE*-провідники поєднано в одному провіднику в частині мережі, починаючи від джерела живлення;

система TT – система, одну точку струмовідних частин джерела живлення якої заземлено, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до *PE*-провідника, з'єднаного із заземлювачем, електрично незалежним від заземлювача, до якого приєднано точку струмовідних частин джерела живлення;

система IT – система, в якій мережу живлення ізолювано від землі чи заземлено через прилади або (і) пристрої, що мають великий опір, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до заземленого *PE*-провідника.

Літерні позначення типу заземлення системи означають:

- перша літера – характер заземлення джерела живлення:

*T* (від лат. «*terra*» – земля) – безпосереднє приєднання однієї точки струмовідних частин джерела живлення до заземлювального пристрою. У трифазних мережах такою точкою, як правило, є нейтраль джерела живлення (якщо нейтраль недоступна, то заземлюють фазний провідник), у трипровідних мережах однофазного струму і постійного струму – середня точка, а у двопровідних мережах – один з виводів джерела однофазного струму або один з полюсів джерела постійного струму;

*I* (від англ. «*isolated*» – ізолюваний) – усі струмовідні частини джерела живлення ізолювано від землі або одну точку заземлено через великий опір (наприклад, через опір приладів контролю ізоляції);

- друга літера – характер заземлення відкритих провідних частин електроустановки:

*N* (від англ. «*neutral*» – нейтраль) – безпосередній зв'язок відкритих провідних частин електроустановки з точкою заземлення джерела живлення;

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

*T* – безпосередній зв'язок відкритих провідних частин із землею незалежно від характеру зв'язку джерела живлення із землею.

- Наступні літери в системі *TN* позначають влаштування нейтрального *N* і захисного *PE*-провідників:

*S* (від англ. «*separate*» – розділяти) – функції *N*- і *PE*-провідників виконують окремі провідники;

*C* (від англ. «*combine*» – об'єднувати) – функції *N*- і *PE*-провідників виконує один *PEN*-провідник.

Електропостачання нашого будинку виконується від мережі з глухозаземленою нейтраллю трансформатора з системою заземлення *TN-C-S*.

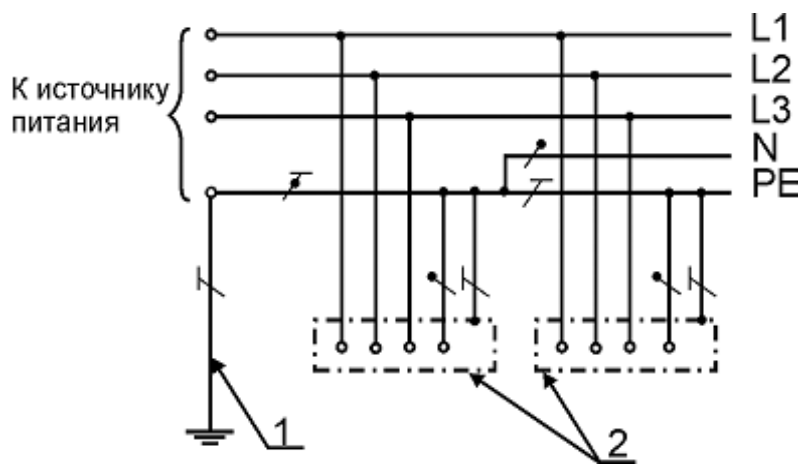


Рисунок 3.1.1 - Система *TN-C-S*

1 — заземлення; 2 — відкриті струмопровідні частини.

Прийняті наступні графічні позначення:

*N* —  нульовий провідник

*PE* —  захисний провідник

*PEN* —  об'єднаний провідник

Розділення спільного *PEN* провідника на нейтральний *N* і захисний *PE* виконується в розподільчих щитах на кожному з поверхів житлового будинку. Приєднання до системи *TN-C-S* підлягають всі металеві частини електроустановки, що не призначені для проведення електричного струму, але які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції.

В якості провідників системи заземлення використовують PEN провідники в мережі живлення та захисні провідники (п'ятий для трьохфазної та третій для однофазної мережі) розподільчої та групової мережі.

На залізобетонних опорах ПЛ-0,4 кВ та ПЛІ-0,4 кВ влаштовані заземлюючі пристрої, призначені для захисту від грозових перенапруг (відстань між сусідніми заземлювальними пристроями – не більше 100 м, а для кінцевих опор з відгалуженням - не більше 50 м) та повторного заземлення PEN провідника на кінцевих лініях або відгалужень від них довжиною понад 200 м.

Залізобетонні опори мають металевий зв'язок між установленими металоконструкціями, арматурою стояків, підкосів та відтяжок. На опорах ПЛІ з неізольованим PEN провідником вищевказані елементи опор додатково з'єднуються з PEN провідником на кожній опорі, а на опорах ПЛІ з ізольованим PEN провідником лише на опорах, які мають заземлюючий пристрій.

Сумарний опір розтіканню всіх повторних заземлювачів PEN провідника кожної лінії напругою 0,38 кВ незалежно від пори року повинен бути не більше 10 Ом. При цьому опір кожного із заземлювачів повинен бути не більше 30 Ом (В протилежному разі необхідно забити додаткові електроди).

Конструкція, виконання і клас ізоляції застосованого електроустаткування та кабелів обрані з урахуванням умов навколишнього середовища і пожежної небезпечності приміщень відповідно до вимог нормативних документів.

Вибрані уставки автоматичних вимикачів захищають провода і кабелі вибраних перерізів, а також електрообладнання від перевантаження та струмів короткого замикання.

Для заземлення ШО заземлюючий пристрій виконується з кутової сталі розміром 50x50x5 мм, довжиною 3,0 м і полосової сталі діаметром 40x4 мм. Опір заземлювача повинен бути не більше 30 Ом (в протилежному разі необхідно забити додаткові електроди).

Заземлювальні пристрої електроустановок будівлі і заземлювальні пристрої для блискавкозахисту виконуються спільними.

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Розрахунок проводимо методом коефіцієнтів використання.

Розраховуємо заземлення для стаціонарної установки. Заземлювачі заглиблені і розташовані в один ряд (глибина закладки  $h_3=150$  см).

Вихідні дані:

- тип заземлювача – труба;
- глибина заземлювача – 300 см;
- діаметр заземлювача – 3 см;
- ширина з'єднувальної полоси – 5 см;
- ґрунт – чорнозем;
- кліматична зона – II

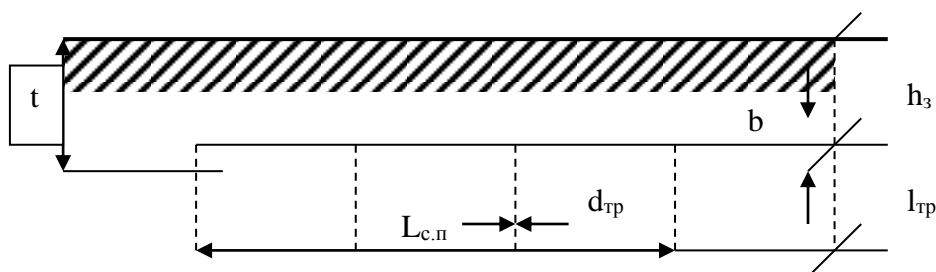


Рисунок 3.1.2 – Схема заземлення

1. Відповідно з ПУЕ, обираємо допустимий опір розтікання струму в заземлювальному пристрої  $R_3$  для мережі до 1000 В можна прийняти –  $R_3 = 4$  Ом.

2. Визначаємо питомий опір ґрунту, який рекомендовано до розрахунку  $\rho_{табл} = 5000$  Ом\*см

3. Визначаємо підвищувальні коефіцієнти для вертикальних заземлювачів  $K_{П.Т.} = 1,7$  і з'єднувальної полоси  $K_{П.С.} = 4$ , які враховують зміну опору ґрунту в різні пори року в залежності від кількості опадів.

4. Розрахунковий питомий опір ґрунту:

для стрижнів  $\rho_{розр.т.} = 5000 \cdot 1,7 = 8500$ (Ом·см);

5. Розрахунковий питомий опір ґрунту:

для полоси  $\rho_{розр.п.} = 5000 \cdot 4 = 20000$ (Ом·см).

6. Відстань від поверхні землі до середини стержня (3.1.1):

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$t = h_3 + \frac{l_T}{2}, \text{ см (3.1.1)}$$

де  $h_3$  – глибина заглиблення стержнів, см;

$l_T$  – довжина стержнів, см

$$t = 150 + \frac{300}{2} = 300(\text{см})$$

7. Розраховуємо опір розтікання струму одиночного стержневого заглибленого заземлювача, розташованого нижче поверхні землі по формулі (3.1.2)

$$R_T = 0,366 \cdot \frac{\rho_{\text{расч.м}}}{l_T} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot l_T}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot t + l_T}{4 \cdot t - l_T} \right); \text{ (3.1.2)}$$

$$R_T = 0,366 \cdot \frac{85000}{300} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot 300}{3} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 300 + 300}{4 \cdot 300 - 300} \right) = 25,012(\text{Ом} \cdot \text{см})$$

8. Визначимо потрібне число труб (одиночних заземлювачів) без врахування коефіцієнта екранування (3.1.3)

$$n_T \cdot \eta_{\text{Э.Т}} = \frac{R_T}{R_3}; \text{ (3.1.3)}$$

$$n_T \cdot \eta_{\text{Э.Т}} = \frac{25,012}{4} = 6,253 \approx 6 \text{ шт}$$

9. Визначимо відстань між заземлювачами  $L_T$  (3.1.4) з відношення

$C = \frac{L_T}{l_T}$ . Для стаціонарних заземлювачів рекомендується приймати  $C=1$ :

$$L_T = C \cdot l_T, \text{ (3.1.4)}$$

де  $l_T$  – довжина стержнів.

$$L_T = 1 \cdot 300 = 300(\text{см}).$$

10. Коефіцієнт екранування:

$$\eta_{\text{Э.Т}} = 0,39$$

11. Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта екранування (3.1.5):

						Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$n_{T.\mathcal{E}} = \frac{R_T}{R_3 \cdot \eta_{\mathcal{E}.T}} ; (3.1.5)$$

$$n_{T.\mathcal{E}} = \frac{25,012}{4 \cdot 0,39} = 16,033 \approx 16 \text{ шт.}$$

12. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму (3.1.6) при прийнятому числі стержнів  $n_{T.\mathcal{E}} = 16$ :

$$R_{розр.} = \frac{R_T}{n_{T.\mathcal{E}} \cdot \eta_{\mathcal{E}.T}} ; (3.1.6)$$

$$R_{розр.} = \frac{25,012}{16 \cdot 0,39} = 40 \text{ Ом}$$

13. Визначаємо довжину заземлюючої полоси (3.1.7):

$$L_{с.п} = 1,05 \cdot L_T \cdot (n_{T.\mathcal{E}} - 1) (3.1.7)$$

$$L_{с.п} = 1,05 \cdot 300 \cdot (16 - 1) = 4725 \text{ см}$$

14. Визначимо розрахунковий опір з'єднувальної полоси (3.1.8):

$$R_{розр.п} = 0,366 \cdot \frac{\rho_{розр.п}}{L_{с.п.}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L^2_{с.п.}}{h_3 \cdot b_n} (3.1.8)$$

$$R_{розр.п} = 0,366 \cdot \frac{20000}{4725} \cdot \lg \frac{2 \cdot 4725^2}{150 \cdot 5} = 7,397 \text{ Ом};$$

15. Розраховуємо коефіцієнт екранування  $\eta_{\mathcal{E}.с.п} = 0,21$ .

16. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму в з'єднуючій полосі з урахуванням коефіцієнта екранування (3.1.9):

$$R_{розр.п.} = \frac{R_{сн}}{n_{п.} \cdot \eta_{\mathcal{E}.с.п}} ; (3.1.9)$$

$$R_{розр.п.} = \frac{7,397}{1 \cdot 0,21} = 35,22 \text{ Ом}$$

17. Визначимо загальне розрахунковий опір заземлюючого пристрою (3.1.10):

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$R_{\text{заг.розр.}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{розр.м.}}} + \frac{1}{R_{\text{розр.п.}}}} \quad (3.1.10)$$

$$R_{\text{заг.розр.}} = \frac{1}{\frac{1}{35,224} + \frac{1}{4,008}} = 3,599 \text{ Ом}$$

Порівнюючи  $R_3$  з  $R_{\text{заг.розр.}}$  приходимо до висновку, що дана система заземлення прийнятна для даного випадку, так як  $R_3 < R_{\text{заг.розр.}}$ .

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

### 3.2 Розрахунок грозозахисту будинку

Так як ми маємо будинок не правильної прямокутної форми, а Г-подібної, то розрахунок будемо проводити в два етапи для першої частини будинку з розмірами 42x20(м) та для другої з розмірами 20x14(м). Для розрахунку висоти блискавковідводів і зони їх перекриття приймаємо, що їх кількість буде рівною 8 на одній частині будинку та 4 на іншій, установлених на під'їздах 1 і 2. Всі блискавковідводи розміщені на однаковій відстані один від одного. Мінімальна область захисту на даху будівлі буде становити 1,5 м, висота розміщення допоміжного обладнання, телекомунікацій і інших господарських пристроїв  $h_x=1,5$ . Імовірність прориву блискавки через зону захисту приймаємо  $P=0.999$ . Для спрощення розрахунку беремо по 4 стрижня і як наслідок лише половину розрахункової довжини першої частини будинку та повну довжину другої частини будинку. Дане спрощення не впливатиме на кінцевий розрахунок.

Для перевірки розрахунків потрібно накреслити горизонтальний перетин зони захисту блискавковідводів на висоті  $h_x$  і вертикальний перетин зони захисту блискавковідводів розташованих по діагоналі будівлі.

Параметри розміщення блискавковідводів по площині першої частини будинку, наведені в табл. 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 – Розрахункові параметри

A,	B,	$L_1$ ,	$L_2$ ,	$L_3$ ,	$L_4$ ,	$L_5$ ,	$h_x$ ,
м	м	м	м	м	м	м	м
42	20	10,5	10	10	5,25	5,25	1,5

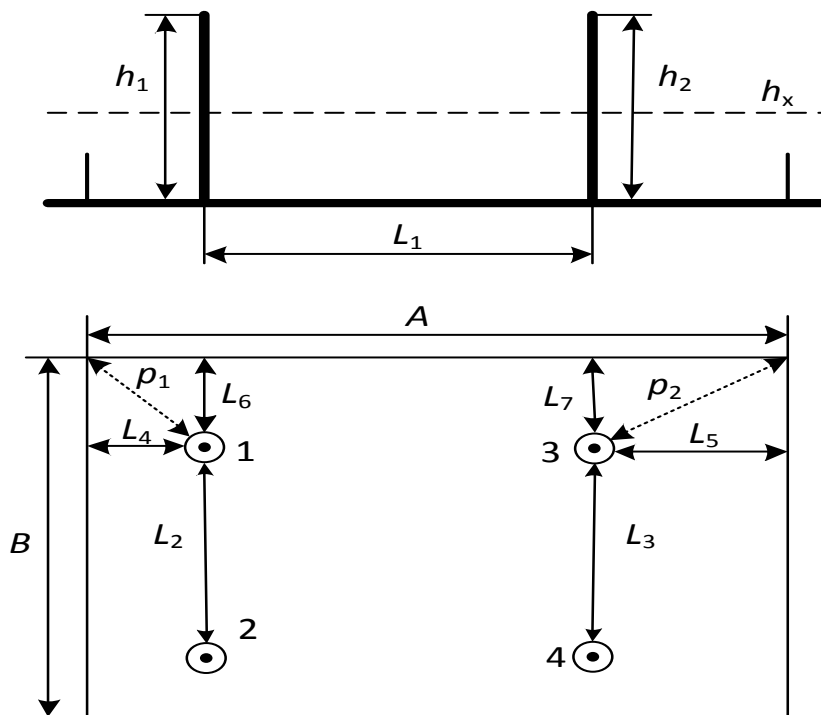


Рисунок 3.2.1 – Схема розміщення стрижневих блискавковідводів на першій частині багатоповерхового будинку

3.2.1. Визначаємо параметри  $L_6$  і  $L_7$  (3.2.1):

$$L_6 = L_7 = \frac{B - L_2}{2} = \frac{20 - 10}{2} = 5(\text{м}) \quad (3.2.1)$$

3.2.2. Зона захисту 2-х стрижневих блискавковідводів однакової висоти  $h_1, h_2 \leq 150\text{м}$  складається з торцевих областей зон захисту, що визначаються габаритними розмірами,  $h_{01}, h_{02}, r_{01}, r_{02}, r_{x1}, r_{x2}$  за формулами для зон захисту одиночних стрижневих блискавковідводів і внутрішньої області зони захисту визначається габаритними розмірами  $h_{c\min}, d_{CX}$ , (Рис.3.2.2).

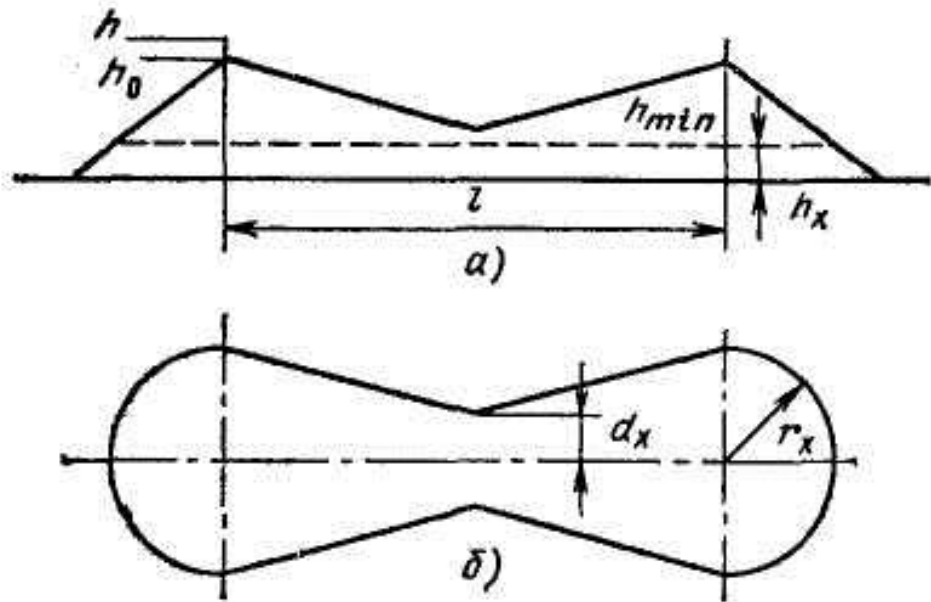


Рисунок 3.2.2 – Зона захисту подвійного стрижневого блискавковідводу:

а – перетин вертикальної площини, що проходить через осі громовідводів;

б – перетин горизонтальною площиною на висоті  $h_x$ .

Зона захисту одиночного стрижневого блискавковідводу при надійності захисту  $P_z = 0,999$ , визначається рівняннями:

$$\begin{cases} h_{0n} = 0,7h_n \\ r_{xn} = \frac{r_{0n} \cdot (h_{0n} - h_x)}{h_{0n}} \\ r_{0n} = 0,6 \cdot h_n \end{cases}$$

3.2.3 Розрахуємо параметри зони захисту для 1 і 2 блискавковідводів висотою від 0 до 30 м.

$$\begin{cases} h_{01} = 0,7h_1 \\ r_{x1} = \frac{0,6 \cdot h_1 \cdot (0,7h_1 - h_x)}{0,7h_1} \\ r_{01} = 0,6 \cdot h_1 \end{cases}$$

$$0,7 \cdot h_1 \cdot r_{x1} = 0,42 \cdot h_1^2 - 0,6 \cdot h_1 \cdot h_x$$

$$r_{x1} = p_1 = \sqrt{L_4^2 + L_6^2} = \sqrt{5,25^2 + 5^2} = 7,25 \text{ (м)}$$

Підставивши  $p_1$  в друге рівняння системи, отримуємо.

$$0,42 \cdot h_1 - 0,7 \cdot p_1 - 0,6 \cdot h_x = 0$$

$$h_1 = 14,226 \text{ (м)}$$

$h_1$  входить в межі висоти від 0 до 30 м.

Тоді розрахунок  $h_{01}$ ,  $r_{01}$ ,  $r_{x1}$ , буде відбуватись по наступним формулам:

$$r_{01} = r_{02} = 0,6 \cdot h_3 = 0,6 \cdot 14,226 = 8,536 \text{ (м)}$$

$$h_{01} = h_{02} = 0,7 \cdot h_1 = 0,7 \cdot 14,226 = 9,958 \text{ (м)}$$

$$r_{x1} = r_{x2} = \frac{r_{03}(h_{03} - h_x)}{h_{03}} = \frac{8,53 \cdot (9,95 - 1,5)}{9,95} = 7,25 \text{ (м)}$$

3.2.4. Розрахуємо параметри зони захисту для 3 і 4 блискавковідводів висотою від 0 до 30 м.

$$\begin{cases} h_{03} = 0,7h_3 \\ r_{x3} = \frac{0,6 \cdot h_3 \cdot (0,7h_3 - h_x)}{0,7h_3} \\ r_{03} = 0,6 \cdot h_3 \end{cases}$$

$$0,7 \cdot h_3 \cdot r_{x3} = 0,42 \cdot h_3^2 - 0,6 \cdot h_3 \cdot h_x$$

$$r_{x3} = p_2 = \sqrt{L_5^2 + L_7^2} = \sqrt{5,25^2 + 5^2} = 7,25 \text{ (м)}$$

Підставивши  $p_2$  в друге рівняння системи, отримуємо.

$$h_3 = \frac{0,7r_{x3} + 0,6h_x}{0,42} = \frac{0,7 \cdot 7,25 + 0,6 \cdot 1,5}{0,42} = 14,226 \text{ (м)}$$

$h_3$  входить в межі висоти від 0 до 30 м.

Тоді розрахунок  $h_{01}$ ,  $r_{01}$ ,  $r_{x1}$ , буде відбуватись по наступним формулам:

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$r_{03} = r_{04} = 0,6 \cdot h_3 = 0,6 \cdot 14,226 = 8,536 \text{ (м)}$$

$$h_{03} = h_{04} = 0,7 \cdot h_1 = 0,7 \cdot 14,226 = 9,958 \text{ (м)}$$

$$r_{x3} = r_{x4} = \frac{r_{03}(h_{03} - h_x)}{h_{03}} = \frac{8,53 \cdot (9,95 - 1,5)}{9,95} = 7,25 \text{ (м)}$$

3.2.5. Габаритні розміри внутрішньої області зони захисту 2-х стрижневих блискавковідводів однакової висоти при надійності захисту  $P_3 = 0,999$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} h_c = \begin{cases} \frac{L_{\max} - L}{L_{\max} - L_C} \cdot h_0 & L_C \leq L < L_{\max} \\ h_0 & L \leq L_C \end{cases} \\ l_X = \begin{cases} \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_c)} & h_x \geq h_c \\ \frac{L}{2} & h_x < h_c \end{cases} \\ r_{CX} = \begin{cases} \frac{r_0(h_c - h_x)}{h_c} & h_x \leq h_c \\ 0 & h_x \geq h_c \end{cases} \end{array} \right.$$

3.2.6 Габаритні розміри внутрішньої області зони захисту для стрижневих блискавковідводів 1 і 2, а також 3 і 4 однакової висоти при надійності захисту  $P_3 = 0,999$ :

$$l = L_2;$$

$$L_2 = 10;$$

$$h_1 = h_2 = 14,226(м)$$

$$L_{\max 12} = 4,25 \cdot h_1 = 4,25 \cdot 14,226 = 60,46(м)$$

$$L_C = 2,25 \cdot h_1 = 2,25 \cdot 14,226 = 32,009(м)$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} h_{c1} = h_{01}, & L_2 < L_C \quad (10 < 32,009) \\ l_{x1} = \frac{L_2}{2} & h_x < h_{c1} \quad (1,5 < 9,958) \\ r_{CX1} = \frac{r_{01} \cdot (h_{c1} - h_x)}{h_{c1}} & h_x < h_{c1} \quad (1,5 < 9,958) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{c1} = h_{01} = 9,958(м) \\ l_{x1} = \frac{10}{2} = 5(м) \\ r_{CX1} = r_{CX2} = \frac{8,535 \cdot (9,958 - 1,5)}{9,958} = 7,25(м) \end{array} \right.$$

3.2.7 Знаходимо габаритні розміри внутрішньої області зони захисту для стрижневих блискавковідводів 1 і 3, 2 і 4, однакової висоти при надійності захисту  $P_3 = 0,999$ :

$$L_{13} = \sqrt{L_1^2 + L_2^2} = \sqrt{10,5^2 + 10^2} = 14,5(м)$$

$$l = L_{13};$$

$$h_1 = h_3 = 14,226(м)$$

$$L_{\max 12} = 4,25 \cdot h_1 = 4,25 \cdot 14,226 = 60,46(м)$$

$$L_C = 2,25 \cdot h_1 = 2,25 \cdot 14,226 = 32,009(м)$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} h_{c1} = h_{01}, & L_2 < L_C \quad (10 < 32,009) \\ l_{x1} = \frac{L_2}{2} & h_x < h_{c1} \quad (1,5 < 9,95) \\ r_{CX1} = \frac{r_{01} \cdot (h_{c1} - h_x)}{h_{c1}} & h_x < h_{c1} \quad (1,5 < 9,95) \end{array} \right.$$



$$\begin{cases} h_{c1} = h_{01} = 9,95 \text{ (м)} \\ l_{x1} = \frac{10}{2} = 5 \text{ (м)} \\ r_{CX1} = r_{CX2} = \frac{8,53 \cdot (9,95 - 1,5)}{9,95} = 7,25 \text{ (м)} \end{cases}$$

Аналогічним буде розрахунок для частини будинку з розмірами 20x14(м).

Параметри розміщення блискавковідводів по площині будинку, наведені в табл. 3.2.2.

Таблиця 3.2.2 – Розрахункові параметри другої частини будинку

A,	B,	L <sub>1</sub> ,	L <sub>2</sub> ,	L <sub>3</sub> ,	L <sub>4</sub> ,	L <sub>5</sub> ,	h <sub>x</sub> ,
м	м	м	м	м	м	м	м
20	14	10	7	7	5	5	1,5

3.2.8. Визначаємо параметри L<sub>6</sub> і L<sub>7</sub> (3.2.1):

$$L_6 = L_7 = \frac{B - L_2}{2} = \frac{14 - 7}{2} = 3,5 \text{ (м)} \quad (3.2.1)$$

3.2.9. Зона захисту 2-х стрижневих блискавковідводів однакової висоти  $h_1, h_2 \leq 150$  м складається з торцевих областей зон захисту, що визначаються габаритними розмірами,  $h_{01}, h_{02}, r_{01}, r_{02}, r_{x1}, r_{x2}$  за формулами для зон захисту одиночних стрижневих блискавковідводів і внутрішньої області зони захисту визначається габаритними розмірами  $h_{c \min}, d_{CX}$ .

Зона захисту одиночного стрижневого блискавковідводу при надійності захисту  $P_s = 0,999$ , визначається рівняннями:

$$\begin{cases} h_{0n} = 0,7h_n \\ r_{xn} = \frac{r_{0n} \cdot (h_{0n} - h_x)}{h_{0n}} \\ r_{0n} = 0,6 \cdot h_n \end{cases}$$

3.2.10 Розрахуємо параметри зони захисту для 1 і 2 блискавковідводів висотою від 0 до 30 м.

$$\begin{cases} h_{01} = 0,7h_1 \\ r_{x1} = \frac{0,6 \cdot h_1 \cdot (0,7h_1 - h_x)}{0,7h_1} \\ r_{01} = 0,6 \cdot h_1 \end{cases}$$

$$0,7 \cdot h_1 \cdot r_{x1} = 0,42 \cdot h_1^2 - 0,6 \cdot h_1 \cdot h_x$$

$$r_{x1} = p_1 = \sqrt{L_4^2 + L_6^2} = \sqrt{5^2 + 3,5^2} = 6,103 \text{ (м)}$$

Підставивши  $p_1$  в друге рівняння системи, отримуємо.

$$0,42 \cdot h_1 - 0,7 \cdot p_1 - 0,6 \cdot h_x = 0$$

$$h_1 = 12,315 \text{ (м)}$$

$h_1$  входить в межі висоти від 0 до 30 м.

Тоді розрахунок  $h_{01}$ ,  $r_{01}$ ,  $r_{x1}$ , буде відбуватись по наступним формулам:

$$r_{01} = r_{02} = 0,6 \cdot h_1 = 0,6 \cdot 12,315 = 7,389 \text{ (м)}$$

$$h_{01} = h_{02} = 0,7 \cdot h_1 = 0,7 \cdot 12,315 = 8,62 \text{ (м)}$$

$$r_{x1} = r_{x2} = \frac{r_{03}(h_{03} - h_x)}{h_{03}} = \frac{7,389 \cdot (8,62 - 1,5)}{8,62} = 6,103 \text{ (м)}$$

3.2.11. Розрахуємо параметри зони захисту для 3 і 4 блискавковідводів висотою від 0 до 30 м.

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		42

$$\begin{cases} h_{03} = 0,7h_3 \\ r_{x3} = \frac{0,6 \cdot h_3 \cdot (0,7h_3 - h_x)}{0,7h_3} \\ r_{03} = 0,6 \cdot h_3 \end{cases}$$

$$0,7 \cdot h_3 \cdot r_{x3} = 0,42 \cdot h_3^2 - 0,6 \cdot h_3 \cdot h_x$$

$$r_{x3} = p_2 = \sqrt{L_5^2 + L_7^2} = \sqrt{5^2 + 3,5^2} = 6,103 \text{ (м)}$$

Підставивши  $p_2$  в друге рівняння системи, отримуємо.

$$h_3 = \frac{0,7r_{x3} + 0,6h_x}{0,42} = \frac{0,7 \cdot 6,103 + 0,6 \cdot 1,5}{0,42} = 12,315 \text{ (м)}$$

$h_3$  входить в межі висоти від 0 до 30 м.

Тоді розрахунок  $h_{01}$ ,  $r_{01}$ ,  $r_{x1}$ , буде відбуватись по наступним формулам:

$$r_{03} = r_{04} = 0,6 \cdot h_3 = 0,6 \cdot 12,315 = 7,389 \text{ (м)}$$

$$h_{03} = h_{04} = 0,7 \cdot h_1 = 0,7 \cdot 12,315 = 8,62 \text{ (м)}$$

$$r_{x3} = r_{x4} = \frac{r_{03}(h_{03} - h_x)}{h_{03}} = \frac{7,389 \cdot (8,62 - 1,5)}{8,62} = 6,103 \text{ (м)}$$

3.2.12. Габаритні розміри внутрішньої області зони захисту 2-х стрижневих блискавковідводів однакової висоти при надійності захисту  $P_s = 0,999$ :

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$\left\{ \begin{array}{l} h_c = \begin{cases} \frac{L_{\max} - L}{L_{\max} - L_C} \cdot h_0 & L_C \leq L < L_{\max} \\ h_0 & L \leq L_C \end{cases} \\ l_X = \begin{cases} \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_c)} & h_x \geq h_c \\ \frac{L}{2} & h_x < h_c \end{cases} \\ r_{CX} = \begin{cases} \frac{r_0(h_c - h_x)}{h_c} & h_x \leq h_c \\ 0 & h_x \geq h_c \end{cases} \end{array} \right.$$

3.2.13 Габаритні розміри внутрішньої області зони захисту для стрижневих блискавководів 1 і 2, а також 3 і 4 однакової висоти при надійності захисту  $P_3 = 0,999$ :

$$l = L_2;$$

$$L_2 = 7;$$

$$h_1 = h_2 = 12,315(м)$$

$$L_{\max 12} = 4,25 \cdot h_1 = 4,25 \cdot 12,315 = 52,339(м)$$

$$L_C = 2,25 \cdot h_1 = 2,25 \cdot 12,315 = 27,709(м)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{c1} = h_{01}, \quad L_2 < L_C \quad (7 < 27,709) \\ l_{x1} = \frac{L_2}{2} \quad h_x < h_{c1} \quad (1,5 < 8,62) \\ r_{CX1} = \frac{r_{01} \cdot (h_{c1} - h_x)}{h_{c1}} \quad h_x < h_{c1} \quad (1,5 < 8,62) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{c1} = h_{01} = 8,62(м) \\ l_{x1} = \frac{7}{2} = 3,5(м) \\ r_{CX1} = r_{CX2} = \frac{7,389 \cdot (8,62 - 1,5)}{8,62} = 6,103(м) \end{array} \right.$$

3.2.14 Знаходимо габаритні розміри внутрішньої області зони захисту для стрижневих блискавковідводів 1 і 3, 2 і 4, однакової висоти при надійності захисту  $P_3 = 0,999$ :

$$L_{13} = \sqrt{L_1^2 + L_2^2} = \sqrt{10^2 + 7^2} = 12,207 \text{ (м)}$$

$$l = L_{13};$$

$$h_1 = h_3 = 12,315 \text{ (м)}$$

$$L_{\max 12} = 4,25 \cdot h_1 = 4,25 \cdot 12,315 = 52,339 \text{ (м)}$$

$$L_C = 2,25 \cdot h_1 = 2,25 \cdot 12,315 = 27,709 \text{ (м)}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} h_{c1} = h_{01}, & L_2 < L_C \quad (7 < 27,709) \\ l_{x1} = \frac{L_2}{2} & h_x < h_{c1} \quad (1,5 < 8,62) \\ r_{CX1} = \frac{r_{01} \cdot (h_{c1} - h_x)}{h_{c1}} & h_x < h_{c1} \quad (1,5 < 8,62) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{c1} = h_{01} = 8,62 \text{ (м)} \\ l_{x1} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ (м)} \\ r_{CX1} = r_{CX2} = \frac{7,389 \cdot (8,62 - 1,5)}{8,62} = 6,103 \text{ (м)} \end{array} \right.$$

Схематичне розміщення блискавковідводів зображене на рисунку 3.2.3 а, також на рисунку 3.2.3 б зображено область яка захищена блискавковідводами.

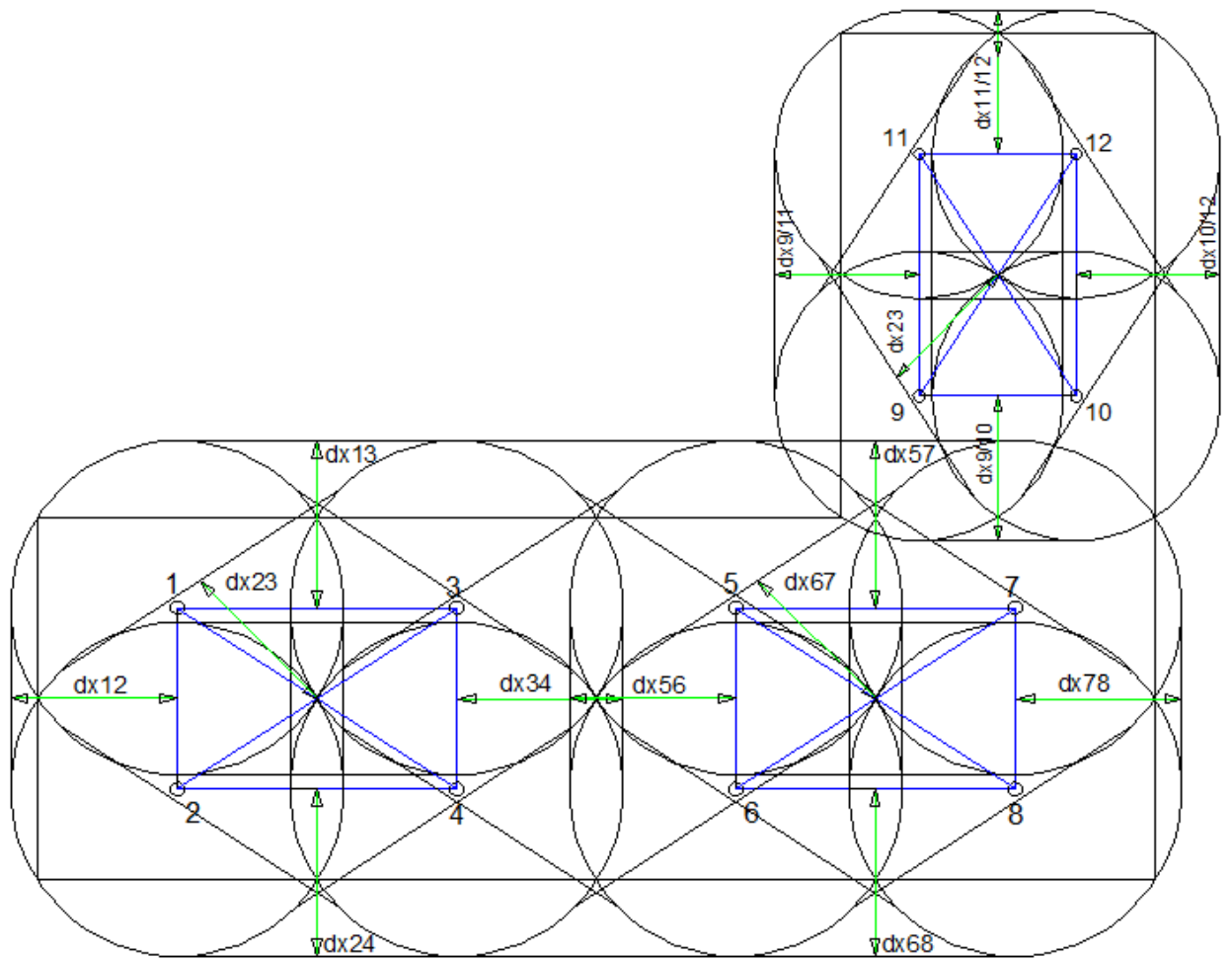


Рисунок 3.2.3 а - Схематичне розміщення блискавковідводів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР 3.6.05070103.003 ПЗ

Лист

46

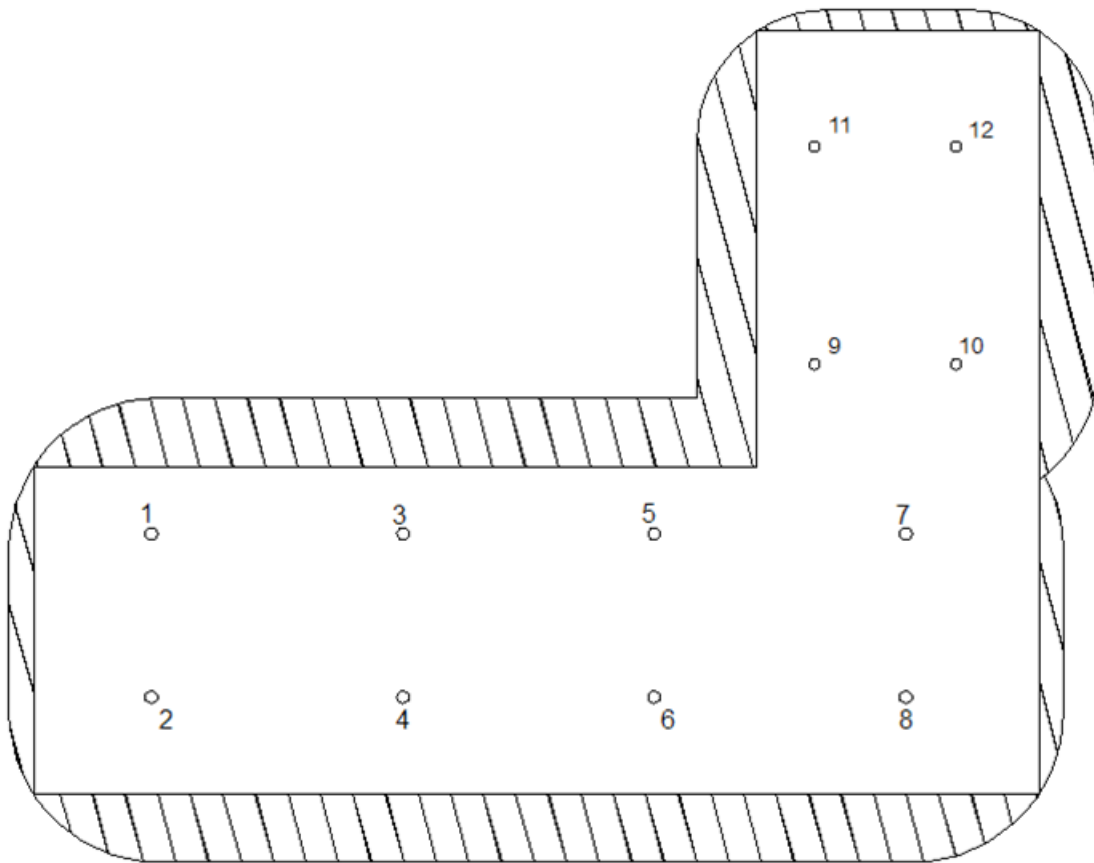


Рисунок 3.2.3 б – Схема області яка захищена блискавковідводами

## *Висновки*

При виконанні дипломного проекту мною були вивчені питання електропостачання житлового будинку.

У основному розділі розглядаються наступні питання: характеристика та розрахунок електричних навантажень будинку, вибір перерізу провідників, розрахунок струмів однофазного короткого замикання, розрахунок заземлення.

Першим етапом проекту є характеристика та розрахунок електричних навантажень будинку. В цьому розділі дано характеристику електропостачання, розрахунок активної, реактивної та повної потужності житлового будинку, а також обчислено номінальний струм.

Другим етапом бакалаврської роботи є вибір перерізу провідників. В цьому розділі проведено розрахунок проводів, зроблена перевірка вибраних перерізів провідників по допустимому нагріванню, зроблено вибір провідників по допустимим значенням струмів.

З метою перевірки правильності вибору обладнання було виконано розрахунок струмів однофазного короткого замикання.

У розділі «Охорона праці» для захисту та безперебійної роботи електричного та електронного устаткування, захисту мешканців будинків було розраховано заземлення.

Тема бакалаврської роботи мною повністю розкрита.

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



## Список використаної літератури

1. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення ДБН В. 2.5-23-2003. Київ 2004.
2. (НПЦР ОЕС України) Правила улаштування електроустановок Наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476
3. Укл.: к.т.н., доцент Ключев О.В. –Кам'янське: ДДТУ, 2019 Конспект лекцій з дисципліни Електричні мережі та системи.
4. Лебединский И. Л. Технические сведения силовые трансформаторы. Сумы СумГУ 2005. – 49 с.
5. Василега П. О. Электропостачання: Навчальний посібник – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 415с.
6. Харченко В.Ф. Электропостачання міст та промислових підприємств. Конспект лекцій. Харків., ХНАМГ, 2009. – 168 с.
7. В.В. Кирик Електричні мережі та системи УДК 621.311 НТУУ "КПІ" 2014 р.
8. Кучерявий В. Н. Охорона праці. Львів: Оріяна-Нова, 2007. – 368с.
9. Денисенко А. Ф. Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах для студентів економічних спеціальностей усіх форм навчання. Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 39с.
- 10.Л. Гвозденко, д-р мед. наук; В. Каньшин (науковий керівник); М. Лисюк, канд. техн. наук; О. Михайленко Система стандартів безпеки праці засоби колективного захисту працюючих ДСТУ 7238:2011
- 11.В.Куцевич, д-р архітектури (науковий керівник); Б.Губов, І.Чернядьєва, архітектори; О.Московських, Б.Польчук, інженери. Будинки адміністративного та побутового значення ДБН В.2.2-28:2010 (ПАТ "КиївЗНДІЕП").

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- 12.О. Стрельчук, канд. техн. наук (науковий керівник); О. Сізов, канд.техн. наук Опалення, вентиляція та кондиціонування ДБН В.2.5-67:2013 (ДП "УкрНДІспецбуд").
- 13.В. Куцевич, д-р арх. (науковий керівник); архітектори Б. Губов, І. Чернядьєва; інженери О. Московских, Б. Польчук, Ю. Сіземов, Б. Ступаченко Громадські будинки та споруди ДБН В.2.2-9-2009 (ВАТ"КиївЗНДІЕП).
- 14.М. Білошицький, канд. хім. наук; В. Ніжник, канд. техн. наук (науковий керівник); С. Огурцов, канд. техн. наук; В. Куликівський; С. Семичаєвський; Н. Кравченко Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установо за вибухопожежною та пожежною небезпекою, ДСТУ Б В.1.1-36:2016 (УкрНДЦЗ)
- 15.Шваб Л. І. Економіка підприємства: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид. – К. Каравела, 2005. – 568 с.
- 16.Економіка підприємства/ Й.М. Петрович, А. Ф. Кіт, Г. М. Захарич, Г. І. Кіндрацька– 2-е вид., 2007. – 580 с.
- 17.НПАОП 40.1-1.32-01 "Правила будови електроустановок. Електрообладання спеціальних установок" (ДНАОП 0.00-1.32-01).
- 18.ДБН В.2.5-27-2006 "Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків та споруд"
- 19.Т. П. Павленко, О. М. Петренко, Н. П. Лукашова Електротехнологічні установки Харків ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018
- 20.Никифоров М.А., Лебединський І.Л. Методичні вказівки до оформлення дипломних робіт. Суми. СумДУ, 2008. - 74 с.
- 21.Методичні вказівки до практичних занять на тему «Електробезпека. Розрахунок захисного заземлення та занулення» з курсу охорони праці в галузі/ Гурець Л.Л., Будьоний О. П., Гладка Л.А., Лазненко Д.О. Суми. СумДУ, 2003.

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

- 22.3. Вороніна, О. Глебов, А. Єгоров, В. Жинжиков, Л. Заболотнікова, Г. Коліушко, Д. Коліушко, О. Недзельський Випробування та контроль пристроїв заземлення електроустановок СОУ 31.2-21677681-19:2009
- 23.Буряк В. М., Дейнеко Н.А. Вибір електричних апаратів захисту в електромережах до 1000 В. Харків. ХНАМГ, 2009.
- 24.Беляев А. В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ. Учебное пособие. «ПЭИПК». 2008 г.
- 25.Жовнір Ю. М., Жовнір О. П. Проектування монтаж та експлуатація повітряних ліній з застосуванням самоутримних ізольованих проводів та арматури SICAME. 2008.
- 26.Каштанов С. Ф. Конспект лекцій по охороні праці. К. 2005.

					БР 3.6.05070103.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51