

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

«Проектування системи електропостачання приватного будинку»

Спеціальність 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав

студент гр. ЕТ-71

_____ Б.А.Кварта

Керівник

к.ф.-м.н., доцент

_____ М.В. Петровський

Сумський державний університет
Факультет ЕЛІТ Кафедра електроенергетики
Спеціальність 6.141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський

“ ____ ” _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

Кварта Богдан Анатолійович

прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: «Проектування системи електропостачання приватного будинку»
затверджена наказом по університету № _____ від _____
2. Дата здачі студентом закінченої роботи : _____ р.
3. Вихідні дані до роботи: Точка підключення, категорія електропостачання, розміри будівлі.
4. Зміст пояснювальної записки: Розрахунок навантаження, вибір кабелю, вибір апаратів захисту, розрахунок заземлення, вибір електрообладнання, розрахунок короткого замикання.
5. Перелік графічного матеріалу: план будинку, розрахункова схема мережі для вибору провідників, схема мережі освітлення.

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок електричної мережі	03.04.2021	
2	Розрахунок і вибір провідників	17.04.2021	
3	Вибір апаратів захисту	01.05.2021	
4	Розрахунок захисного заземлення	15.05.2021	
5	Оформлення пояснювальної записки	22.05.2021	
6	Оформлення графічного матеріалу	28.05.2021	

Студент _____ Б.А. Кварта

підпис

Керівник роботи _____ М.В. Петровський

підпис

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

РЕФЕРАТ

с. 39, рис. 6, табл. 5.

Бібліографічний опис: Кварта Б.А. Проектування системи електропостачання приватного будинку [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавр; спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Б.А. Кварта; керівник М.В. Петровський. – Суми: СумДУ, 2021. – 39 с.

Ключові слова: електропостачання, захисне заземлення, система освітлення, апарати захисту, штепсельні розетки, струм, навантаження, провідник.

электроснабжение, защитное заземление, система освещения, аппараты защиты, штепсельные розетки, ток, нагрузка, проводник.

power supply, protective grounding, system of illumination, vehicles of defence, electric outlets, current, loading, explorer.

Об'єкт дослідження: електрообладнання приватного будинку.

Короткий огляд – розраховано електричне навантаження будинку, проведений вибір перерізу провідників, вибрано апарати захисту, вибрано лічильник електроенергії, наведено розрахунок короткого замикання, розраховано заземлення.

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Зміст

ВСТУП.....	5
1. КОРОТКАХАРАКТЕРИСТИКА ОБЄКТА.....	6
1.1. Вихідні дані для проектування приватного будинку	6
1.2. Характеристика і розрахунок електричних навантажень будинку.....	7
1.3. Вибір провідників.....	12
2. Проектування і вибір електропостачання приватного будинку.....	14
2.1. Розрахунок перерізу вибору кабелю.....	14
2.2. Розрахунок і вибір апаратів захисту.....	18
2.3. Вибір лічильника електроенергії.....	24
2.4. Розрахунок захисного заземлення	27
2.5. Розрахунок короткого замикання в будинку.....	33
Висновки.....	35
Список використаної літератури.....	36
Додаток А	37
Додаток Б.....	38

					БР 3.6.141.362 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проектування системи електропостачання приватного будинку. Пояснювальна записка.	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Розробив	Кварта						5	38
Керівник	Петровський							
Консульт.								
Н.контроль								
Завтвер.	Лебединський				СумДУ, ЕТ-71			

Вступ

Електропостачання являється дуже важливою частиною нашого регіону. За допомогою електроенергії функціонує промисловість, комунальні підприємства, житлові будинки.

Основною задачею електропостачання є забезпечення електроенергією споживачів. В нашому світі людство вже не може обійтися без електроенергії, так як вона має широке застосування в різних сферах роботи. Електропостачання – це комплекс технічних і організаційних заходів, завдяки яким забезпечується стабільне подання електроенергії споживачам.

В Україні прийнято використовувати напругу змінного струму 230 В. В якості провідників електропостачання використовуються ізольовані проводи з алюмінію, але більш рекомендовано використовувати з міді. Всі роботи пов'язані з проведенням електропостачання виконуються до вимог «Правил улаштування електроустановок» та нормами електрообладнання об'єктів цивільного призначення.

В дипломній роботі темою є проектування системи електропостачання приватного будинку. Так як наш час проводиться велика кількість будовництв, то дана тема являється дуже актуальною.

У роботі передбачений розрахунок навантаження будинку, захисного заземлення, струму короткого замикання. Відповідно буде проведено вибір електричних апаратів і провідників для електропостачання будинку.

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1. Коротка характеристика об'єкта

1.1. Вихідні дані для проектування приватного будинку.

Приватний будинок призначений для проживання людей і задоволення їх потреб. В такому будинку може використовуватись трифазна або однофазна мережа, яка зазвичай заживлюється від повітряної лінії електро-передавання змінної напруги. Основою для більшості електропостачальних мереж житлових будинків, споруд і будинків суспільного призначення є освітлювальні мережі. Тому питання правильного розрахунку освітлювальних мереж таких об'єктів є одним із головних, із яким значно пов'язані витрати як на створення мережі, так і на її експлуатацію. Освітлювальні мережі житлових будинків, споруд і будинків суспільного призначення виготовляють з ізолюваних проводів і кабелів, що повинні відповідати трьом основним вимогам: механічної міцності, умови нагрівання й допустимих втрат напруги[1].

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1.2. Характеристика і розрахунок електричних навантажень будинку

Житла (квартири) щодо оснащення побутовими електроприладами та їх розрахункових навантажень умовно поділяються на три види: 1 – житла (квартири) в будинках масового будівництва, споруджених чи споруджуваних із загальною площею від 35 м² до 95 м² включно та заявленою (встановленою) потужністю електроприймачів до 30 кВт включно; 2 – житла (квартири) в багатоквартирних будинках, споруджених чи споруджуваних із загальною площею від 50 м² до 300 м² включно та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 30 кВт до 60 кВт включно; 3 – житла (квартири) в котеджах, будинках, споруджених чи споруджуваних із розрахунку, як правило, на одну родину із загальною площею від 150 м² до 600 м² включно та заявленим замовником високим рівнем С. 17 ДБН В.2.5-23:2010 комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 60 кВт до 140 кВт включно[2]. Будинок який буде розглядатися в даній роботі відноситься до III категорії надійності електропостачання і матиме чотири провідну систему електропостачання. В даному будинку основними споживачами електроенергії є: електрична плита, електроосвітлення, електричні побутові прилади.

Визначимо питомих навантаження на ввіді даного будинку:

$$P_{\text{Б.п.}} = P_{\text{уст.}} * K_{\text{ПОП.}} \quad (1)$$

Де $P_{\text{уст.}}$ – це заявлена потужність електроспоживачів, яка визначається сумою номінальних потужностей електричних побутових приладів і приладів освітлення.

$P_{\text{ПОП.}}$ – це коефіцієнт попиту, який визначається за таблицею 1 відносно від установленної потужності.

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

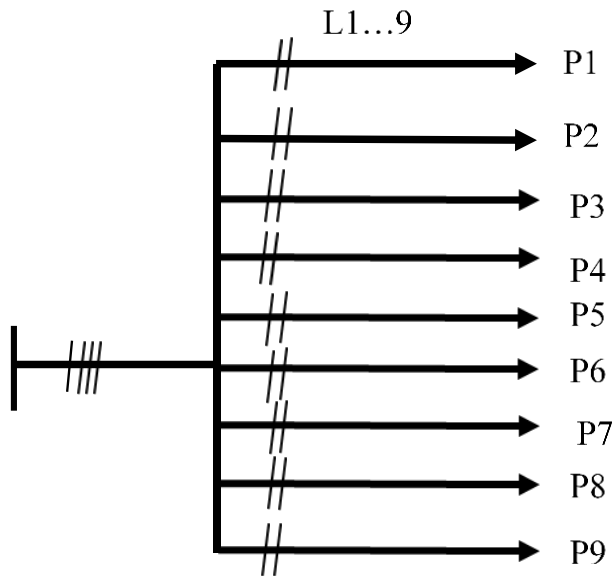


Рисунок 1.1 Схема електропостачання.

Таблиця 1 – коефіцієнт попиту

Характеристика опалення будинку	Значення коефіцієнта попиту $P_{\text{ПОП}}$ за заявленої потужності електроприймачів, кВт									
	До 15	20	30	40	50	60	70	80	90	≥ 100
Для будинку без повного електроопалення	0,75	0,65	0,63	0,59	0,55	0,53	0,50	0,47	0,46	0,45
Для будинку з повним електроопаленням постійного включення	-	-	-	0,75	0,70	0,65	0,63	0,62	0,62	0,61

Для невиробничих будинків прийнято коефіцієнт попиту приймати за одиницю

$$K_{\text{ПОП}} = 1$$

Розглянемо на прикладі будинку

Таблиця 1.2 – вихідні дані навантаження будинку

№ п/п	Назва	Навантаження P_H , кВт	$K_{\text{ПОП}} = 1$
1	Тамбур, холл	0,8	
3	Коридор Ванна кімната	0,4	
5	Кухня	2	
6	Спальня 1	0,9	
7	Гостинна	1,06	
8	Спальня 2	0,8	
9	Електроплита	8	
Всього:13.96			

$$P_{\text{уст}} = 0,8 + 0,4 + 2 + 0,9 + 1,06 + 0,8 + 8 = 13,96 \text{ кВт}$$

Знаходимо розрахунково активне навантаження загального освітлення будинку:

$$P_p = P_{\text{уст}} * P_{\text{ПОП}} = 13,96 * 1 = 13,96$$

Значення розрахункових коефіцієнтів потужності ($\cos \varphi$) і реактивного навантаження ($\text{tg } \varphi$) житлових будинків слід приймати за таблицею[2] 3

Таблиця 3 – розрахункові коефіцієнти потужності

Лінія живлення	Розрахунковий коефіцієнт	
	потужності $\cos\varphi$	реактивного навантаження $\operatorname{tg}\varphi$
Квартири з електричними плитами та без побутових кондиціонерів повітря	0,98	0,20
Квартири з електричними плитами і побутовими кондиціонерами повітря	0,93	0,40
Квартири з плитами на природному, зрідженому газі, на твердому паливі	0,96	0,29
Квартири з плитами на природному, зрідженому газі, твердому паливі та з побутовими кондиціонерами повітря	0,92	0,43
Загальнобудинкове освітлення:		
- з лампами розжарювання;	1,00	0,00
- з люмінесцентними лампами	0,92	0,43
Господарські насоси, вентиляційні установки та інші санітарно-технічні пристрої	0,80	0,75
Ліфти	0,65	1,17

Обираємо житло з електричними плитами

$$\cos\varphi = 0.98, \operatorname{tg}\varphi = 0.2$$

Знаходимо розрахункове реактивне навантаження загального освітлення будинку:

$$Q_p = P_p * \operatorname{tg}\varphi = 13,96 * 0,2 = 2,792 \text{ кВАр}$$

Знаходимо розрахункове повне навантаження загального освітлення будинку:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{13,96^2 + 2,792^2} = 14,236 \text{ кВА}$$

Знаходимо розрахункову силу струму:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{14,236 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 22,071 \text{ А}$$

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.3 Вибір провідників

Вибір провідників має важливе значення в проектуванні електропостачання будь-якого будинку. Для приватного будинку зручнішою буде трифазна система живлення, так як є можливість зробити розподіл навантаження по фазах, що в свою чергу дозволяє нам уникнути перекосу фаз. В електроенергетиці використовують провідники з алюмінію і міді але краще використовувати кабелі з мідними жилами. Провід з мідного матеріалу більш надійніший і довговічніший, даний електропровід достатньо міцний і гнучкий. Мідь дуже добре підходить для домашньої лінії. Так як має компактний розмір і високий показник безпеки.

Перевагами мідного електропроводу порівняно алюмінієвого:

- краще протистоїть корозії;
- має більш високу провідність;
- значно міцніше.

Недоліки мідного проводу порівняно з алюмінієвим:

- вартість вище ніж у алюмінієвого проводу.

Провід з алюмінію є менш безпечним і надійним ніж мідь.

Перевагами алюмінію є:

- непогана гнучкість, простіше монтувати;
- менша вартість порівняно з мідним.

Недоліки алюмінію:

- алюміній може швидко окислюватися, це приводить до перегріву проводу;
- більш ламкий ніж мідь, не можна згинати в одному місці декілька разів;

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- погано тримається в гвинтових затисках.

В будинку у зв'язку з безпекою краще використовувати прихований тип проводки – виглядає акуратно, її не видно. Даний тип має довший термін служби, кабель захищений від механічних впливів і природних факторів. Складніше монтувати, робити ремонт і обслуговування. Також прихований електропровід може бути випадково пошкоджений при виконанні інших робіт, пов'язаних зі свердлінням або бурінням отворів.

Внутрішні електричні мережі розташовані усередині будівель і виконуються ізольованими дротами і шнурами, кабелями і токопроводами. Дроти з гумовою і пластмасовою ізоляцією служать для розподілу енергії силових і освітлювальних установок при неподвижній прокладенню на відкритому повітрі і усередині приміщень, а дроти деяких марок - при відкритій проводці у трубах або під штукатуркою, а також для живлення електродвигателів і підключення промислових і лабораторних переносної апаратури і приладів. Сполучні шнури призначені для приєднання різних битових електричних машин, приладів, радіоапаратури телевізорів і інших рухливих і нерухомих установок до електричних мереж змінного струму напругою до 0,66 кВ. Проводки внутрішніх мереж діляться на відкриті і скрытые. Відкриті проводки виконуються по поверхнях стін, стель, по фермах і т. д. До них відносяться изолированные дроти, закріплені на ізоляторах або проложенные в сталевих лотках, прикріплені до стін, а також кабелі на скобах і токопроводах. Приховані проводки прокладають усередині стін, підлог перекриттів. Змінювані приховані проводки - це дроти і кабелі в різних трубах, каналах, которые при ушкодженні можна замінити без руйнування будівельної конструкції. Незамінні приховані дроти наглухо закладають в тілі будівельної конструкції наприклад під шаром штукатурки. При їх ушкодженні надо руйнувати будівельну конструкцію "або замінювати приховану проводку на відкрити[5].

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2. Проектування і вибір електропостачання приватного будинку

2.1 Розрахунок перерізу вибору кабелю

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 (КЗ).

Розглянемо план будинку з групами електричного навантаження навантаження рисунок 2.1

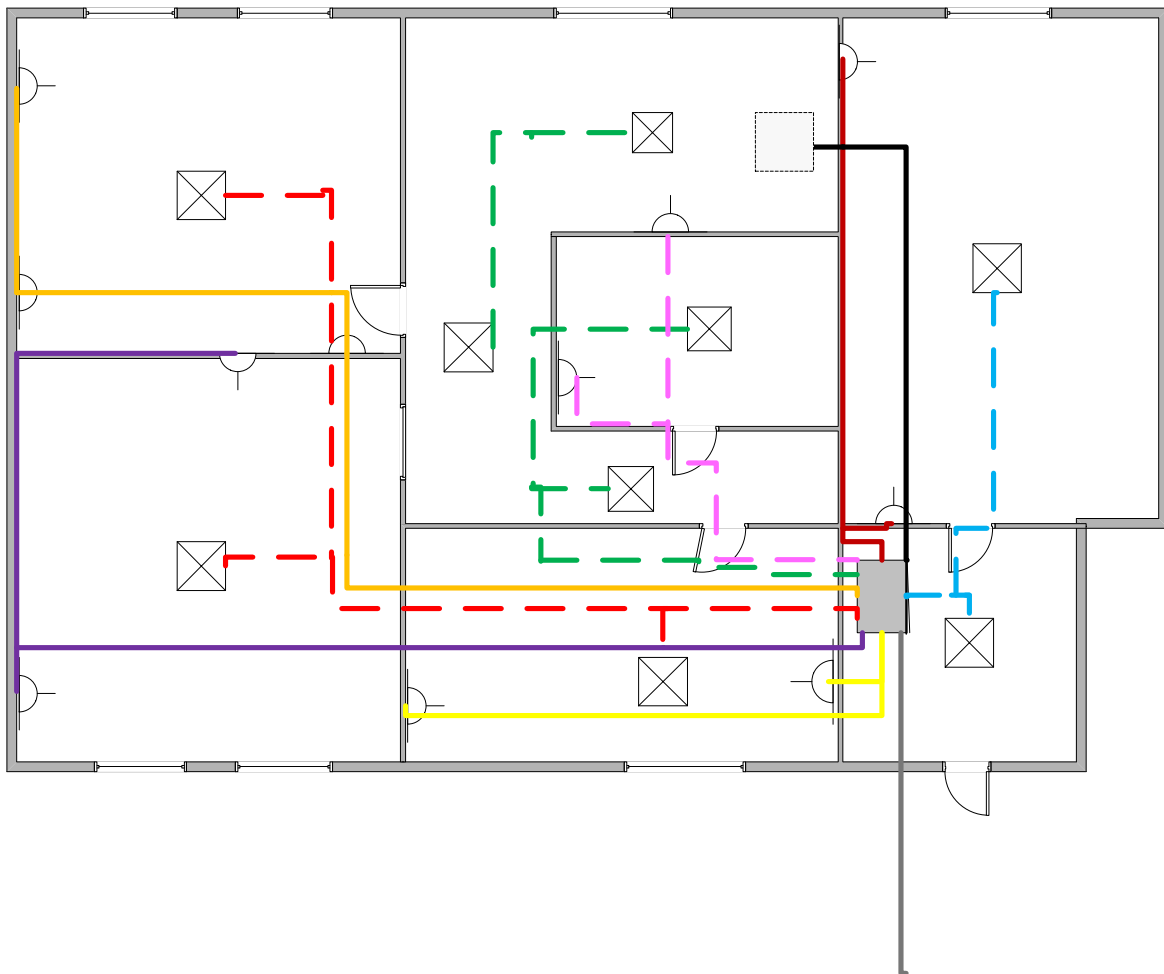


Рисунок 2.1 План будинку

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Розрахунковий струм навантаження визначаємо по формулам:

- 1) для трифазної чотирипровідної і трипровідної мережі

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

- 2) для однофазної мережі

$$I_p = \frac{P}{U * \cos\varphi}$$

Де P – максимальне навантаження, Вт;

U – номінальна напруга, В;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності;

Розрахуємо струм для електроплити:

$$I_{рп} = \frac{8000}{230 * 0,98} = 35.492$$

Обираю провід для електроплити марки ВВГнг(3х4) с сечением S=4мм²,

$$I_D = 38$$

$$I_D = 38 > I_{рп} = 35.492$$

Умова виконується, відповідно, провід обраний правильно.

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата[3].

Тепер зробимо розрахунок на втрату напруги по формулі:

$$\Delta U = \frac{P_p * R_{кб} + Q_p * X_{кб}}{10 * U_{ном}^2}$$

P_p і Q_p – активна і реактивна потужність електроспоживач;

L – довжин кабелю;

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$U_{\text{НОМ}}$ – номінальна напруга мережі;

$R_{\text{кб}}$ і $X_{\text{кб}}$ – активний і реактивний опори кабелю.

$R_{\text{кб}}$ і $X_{\text{кб}}$ знаходимо за наступними формулами:

$$R_{\text{кб}} = r_{\text{п}} * l_{\text{кб}}$$

$$X_{\text{кб}} = x_{\text{п}} * l_{\text{кб}}$$

$r_{\text{п}}$ і $x_{\text{п}}$ – питомі опори кабелю;

$l_{\text{кб}}$ – довжина кабелю.

$r_{\text{п}}$ і $x_{\text{п}}$ знаходимо в таблиці М.11[3].

Знаходимо дані значення для електроплити:

$$R_{\text{кб}} = 4,63 * 10^{-3} * 0,014 = 0.000064 \text{ (Ом)}$$

$$X_{\text{кб}} = 0.095 * 0.014 = 0.000001 \text{ (Ом)}$$

$$\Delta U = \frac{8000 * 6.482 * 10^{-5} + 0.16 * 1.33 * 10^{-6}}{10 * 230^2} = 9.807 * 10^{-10}$$

Аналогічно проводжу розрахунки для інших груп електропроводки і занову отримані дані в таблицю 4.

Таблиця 4 – вибір кабелю

№	Споживачі	$P_{\text{н}}$, кВт	$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$	$I_p, \text{А}$	Марка кабеля	$I_{\text{д}}, \text{А}$	$L, \text{м}$	$\Delta U, \text{В}$
1	Електроплита	8	0,98	0,02	34.782	ВВГнг (3х4)	38	14	9.8 $* 10^{-10}$

Продовження таблиці 4.

2	Штепсельні розетки кухня, ванна	2	0.9	0.1	9.662	ВВГнг (3x2,5)	27	6	1,681 * 10 ⁻¹⁰
3	Освітлення коридор, кухня	0.2	0.93	0.07	0.935	ВВГнг (3x1,5)	19	9	7,186 * 10 ⁻¹¹
4	Штепсельні розетки спальня 2	0.8	0.9	0.1	3.865	ВВГнг (3x2,5)	27	18	1,514 * 10 ⁻¹⁰
5	Штепсельні розетки гостинна	0.7	0.9	0.1	3.382	ВВГнг (3x2,5)	27	13.5	1,324 * 10 ⁻¹⁰
6	Освітлення спальня 1, спальня 2, гостинна	0.3	0.93	0.07	1.403	ВВГнг (3x1,5)	19	18	2,156 * 10 ⁻¹⁰
7	Штепсельні розетки спальня 1	0.7	0.9	0.1	3.382	ВВГнг(3x2,5)	27	6.5	6,374 * 10 ⁻¹¹
8	Штепсельні розетки холл	0.6	0.9	0.1	2.899	ВВГнг(3x2,5)	27	8	8,715 * 10 ⁻¹¹
9	Освітлення тамбур, холл	0.2	0.93	0.07	0.935	ВВГнг(3x1,5)	19	6	4,791 * 10 ⁻¹¹

2.2 Розрахунок і вибір апаратів захисту

Автоматичний вимикач – це механічний комутаційний апарат, здатний вмикати, проводити і вимикати струми в нормальному режимі роботи мережі, а також проводити протягом заданого часу струми перевантаження й автоматично вимикати струми КЗ в аварійній роботі мережі. Автоматичний вимикач призначено для нечастих вмикань/вимикань (хоча автоматичні вимикачі провідних фірм можуть мати комутаційну витривалість до 20 000 циклів вмикань/вимикань, а модульні вимикачі навантаження – до 100 000 циклів і працювати за температури від $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ та вологості 95 %), а також для захисту кабельних ліній та кінцевих споживачів від струмів перевантаження і струмів КЗ. Автоматичні вимикачі можуть мати додаткові розчіплювачі або моторні приводи для віддаленого керування вимикачем. Автоматичні вимикачі виконують одночасно функції захисту та керування. Незалежно від виконуваних завдань автоматичні вимикачі поділяються за власним часом спрацьовування t_c на:

- швидкодіючі, що мають струмообмежувальний ефект ($t_c \leq 0,005\text{ с}$);
- нормальні ($t_c = 0,02\text{--}0,1\text{ с}$);
- селективні (t_c регулюється і може становити до 1 с).

Існують такі способи класифікації автоматичних вимикачів:

1. За родом струму головного кола: постійного струму; змінного струму; постійного і змінного струму.
2. За кількістю полюсів головного кола: однополюсні; двополюсні; триполюсні; чотириполюсні .
3. За видами розчіплювача: з максимальним розчіплювачем струму; з незалежним розчіплювачем; з мінімальним або нульовим розчіплювачем напруги.

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

4. За характеристикою витримки часу розчіплювачем струму: без витримки часу; з витримкою часу, незалежною від струму; з витримкою часу, залежною від струму; з поєднанням зазначених характеристик.

5. За видом привода: ручним; моторним; пружинним; пневматичним.

6. За наявності і ступенем захисту вимикача від впливу довкілля та від дотику з частинами вимикача, що рухаються та (або) перебувають під напругою, розташованими всередині оболонки[6].

Основними умовами вибору автоматичних вимикачів для захисту електроустаткування є такі умови:

1. Номінальна напруга автоматичного вимикача повинна дорівнювати або бути більшою від робочої напруги мережі.
2. Номінальний струм автоматичного вимикача повинен бути більшим або дорівнювати номінальному струму установки.
3. Номінальний робочий струм розчіплювача із залежною характеристикою повинен бути більшим або дорівнювати добутку робочого максимального струму установки що захищається і коефіцієнта надійності , що враховує розкид по струму спрацювання розчіплювача.
4. Граничне значення струму , що вимикається повинно бути більшим або дорівнювати струму короткого замикання.
5. Струм електродинамічної стійкості автоматичного вимикача повинен бути більшим або дорівнювати ударному розрахунковому струму короткого замикання.

Класифікація автоматичних вимикачів ГОСТ 9098-78 — встановлює таку класифікацію автоматичних вимикачів:

1. За родом струму головного кола:
– постійного струму;

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- змінного струму;
- постійного і змінного струму.

Номинальні струми головних кіл вимикачів, призначених для роботи при температурі навколишнього повітря 40° С, повинні відповідати ГОСТ 6827. Номинальні струми для головних кіл вимикача вибирають з ряду: 6,3; 10, 16, 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300 А. Додатково можуть випускатися вимикачі на номинальні струми головних кіл вимикачів: 1500; 3000; 3200 А.

Номинальні струми максимальних розщиплювачем струму вимикачів, призначених для роботи при температурі навколишнього повітря 40 ° С, повинні відповідати ГОСТ 6827. Допускаються номинальні струми максимальних розщиплювачем струму: 15; 45; 120; 150; 300; 320; 600; 1200; 1500; 3000; 3200 А

2. За кількістю полюсів головного кола:

- однополюсні;
- двополюсні;
- триполюсні;
- чотириполюсним.

3. За наявності струмообмеження:

- струмообмежуючі;
- не струмообмежуючі.

4. За видами розщиплювача:

- з максимальним розщиплювачем струму;
- з незалежним розщиплювачем;
- з мінімальним або нульовим розщиплювачем напруги.

5. За характеристикою витримки часу максимальних розщиплювачем струму:

- без витримки часу;
- з витримкою часу, незалежною від струму;

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

– з витримкою часу, назад залежною від струму;

– з поєднанням зазначених характеристик.

6. За наявності вільних контактів («блок-контактів» для вторинних кіл):

– з контактами;

– без контактів.

7. За способом приєднання зовнішніх провідників:

– з заднім приєднанням;

– з переднім приєднанням;

– з комбінованим приєднанням (верхні затиски із заднім приєднанням, а нижні — з переднім приєднанням або навпаки); з універсальним приєднанням (переднім і заднім).

8. По виду приводу:

– з ручним;

– з руховим;

– з пружинним.

9. За наявністю і ступеня захисту вимикача від впливу навколишнього середовища та від зіткнення з знаходяться під напругою частинами вимикача і його частинами, що рухаються, розташованими всередині оболонки відповідно до вимог ГОСТ 14255.

Автоматичні вимикачі виконуються одно-, дво-і триполюсні і мають наступні конструктивні вузли: головною контактної системи, дугогасильні системи, приводу, розчіплювачем і допоміжних контактів.

Будемо робити вибір автоматичного вимикача за номінальним струмом:

$$I_{рном} \geq K_{нр} * I_{роб}$$

$K_{нр}$ - коефіцієнт надійності, що враховує розкид характеристик розчіплювача, беруть в межах від 1.1 до 1.3.

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводимо розрахунки для електроплити :

$$I_{\text{аном}} \geq 1,1 * I_{\text{роб}} = 1,1 * 35,492 = 39,0412 \text{ (A)}$$

Обираю автоматичний вимикач з додатковим диференційним захистом EASY 91П+Н 40А 30мА С АС 4,5кА 230В

Аналогічно проваю підбір для інших груп споживачів і записую отримані дані в таблицю 5.

Таблиця 5 – вибір апаратів захисту

№	Споживачі	P_H , кВт	$\cos\phi$	I_p, A	Марка автомата	$I_{Д, A}$	$I_{\text{аном}}, A$
1	Електроплита	8	0,98	34.782	EASY 9 1П+Н 40А 30мА С АС 4,5кА 230В	38	40
2	Штепсельні розетки кухня, ванна	2	0.9	9.662	EASY 9 1П+Н 16А 30мА С АС 4,5кА 230В	27	16
3	Освітлення корідор, кухня	0.2	0.93	0.935	EASY 9 1П 10А С 4,5кА 230В	19	10
4	Штепсельні розетки спальня 2	0.8	0.9	3.865	EASY 9 1П 16А С 4,5кА 230В	27	16
5	Штепсельні розетки гостинна	0.7	0.9	3.382	EASY 9 1П 16А С 4,5кА 230В	27	16

Продовження таблиці 5.

6	Освітлення спальня 1, спальня 2, гостинна	0.3	0.93	1.403	EASY 9 1П 10А С 4,5кА 230В	19	10
7	Штепсельні розетки спальня 1	0.7	0.9	3.382	EASY 9 1П 16А С 4,5кА 230В	27	16
8	Штепсельні розетки холл	0.6	0.9	2.899	EASY 9 1П 16А С 4,5кА 230В	27	16
9	Освітлення тамбур, холл	0.2	0.93	0.935	EASY 9 1П 10А С 4,5кА 230В	19	10

Для всіх груп умова виконується тому автомати захисту підібрані вірно. По таблиці можна побачити що задіяні диференціальні автомати, так як вони використовуються для захисту проводки від перевантаження, надструмів, короткого замикання, а також для захисту людини від враженням електричним струмом при витоках. Витоки можуть виникати в результаті пробією на корпус електричних нагрівачів (ТЭНов), наприклад, у бойлерах - водонагрівальних баках, електричних духових шафах, плитах, пральних або посудомийних машинах, а також в результаті старіння або при ушкодженні ізоляції. В нашому будинку є електроплита і група штепсельних розеток кухні і ванни, саме там і встановлені наші дифавтомати.

2.3 Вибір лічильника електроенергії

Електрична енергія – це товар, на виробництво, пересилання, розподіл і перетворення якої витрачають значні кошти. Для фінансових розрахунків між окремими суб'єктами господарювання, які взаємодіють в усіх цих процесах, та аналізу ефективності функціонування кожної ділянки електропостачальної системи від джерела до споживача необхідний постійний облік електричної енергії.

Характерною особливістю обліку електричної енергії є те, що обсяги її виробництва й споживання майже збігаються в часі, а тому помилки, що можуть виникнути в процесі обліку, неможливо виправити повторними вимірюваннями. Їх усувають лише безпосередньо розрахунковим шляхом, але похибка таких розрахунків значно вища від тієї, що дають сучасні прилади й системи обліку електричної енергії. Тому всі електроустановки з виробництва, розподілу, пересилання та перетворення електричної енергії обов'язково обладнують приладами або системами обліку, що повинні забезпечувати постійний, надійний і точний її контроль [1].

Крім того, лічильники класифікують за такими параметрами:

- 1) принципом дії: індукційні й електронні;
- 2) кількістю фаз: однофазні та трифазні;
- 3) кількістю напрямків проходження енергії: один і два напрямки;
- 4) кількістю тарифів розрахунку: одно-, дво-, три- й чотиритарифні;
- 5) видом електричної енергії, що обліковують: активної та реактивної енергій;
- 6) способом підключення: безпосереднього підключення, трансформаторні й універсальні. За точністю обліку лічильники активної енергії поділяють на класи точності: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0, а лічильники реактивної енергії – 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0. Трансформаторні лічильники активної й реактивної енергій повинні мати клас точності 2,0 і вищий[1].

Лічильники є як і однофазні для мережі 220 В, так і трифазні для мережі 380 В. Однофазні зазвичай використовуються в квартирах, будинках, невеликих офісах, ларьках, магазинах і т. д. Трифазні лічильники приєднуються до трьох фаз і розраховані на рівень напруги 380 В. Такі лічильники застосовуються в великих приватних будинках, кафе, ресторанах, великих магазинах, а також на промислових об'єктах і великих адміністративних будівлях.

Трифазні лічильники призначені для функціонування в трифазних колах змінного струму як за наявності, так і в разі відсутності нейтрального проводу (в три й чотиріпровідних мережах). Вони бувають двох- і трьохелементні. Двохелементні лічильники мають по дві обмотки струму й напруги, а трьохелементні – по три.

Робочий струм лічильника електроенергії визначається величиною навантаження енергоспоживання, яке він враховує. Щоб визначити робочий струм лічильника, досить визначити струм ввідного автоматичного вимикача. Так як до нашого будинку підходить три фази, відповідно ми беремо трифазний лічильник. Вибираємо Schneider Electric iEM3155 з номінальним струмом $I_N = 63$ А. Зображення лічильника можна побачити на рисунку 2.2



Рисунок 2.2 – Лічильник iEM3155

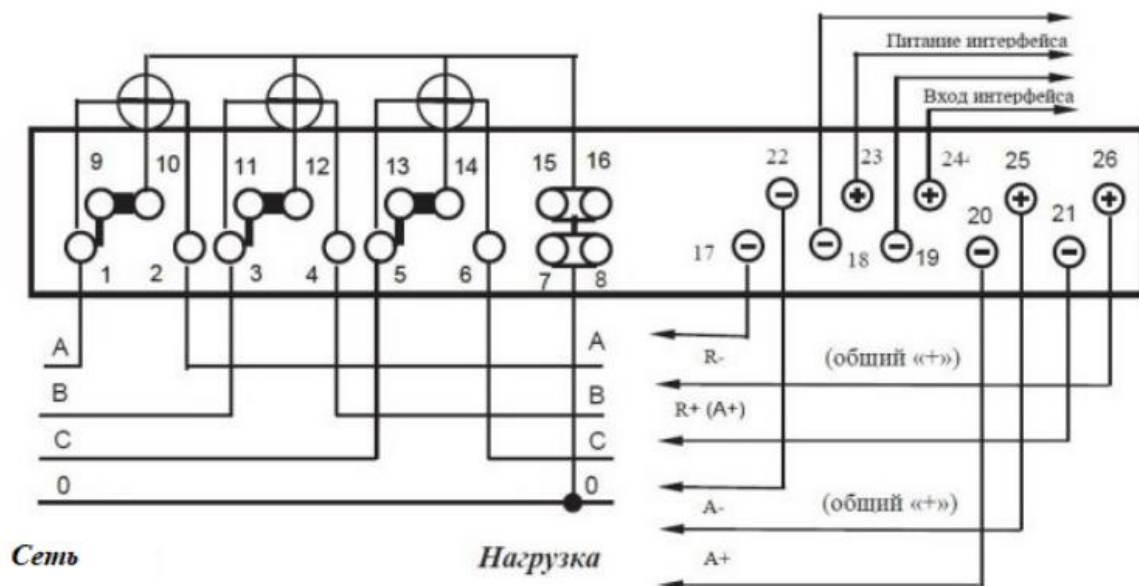


Рисунок 2.2 – Схема підключення лічильника іЕМ3155.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 3.6.141.362 ПЗ

Ар-

27

2.4 Розрахунок захисного заземлення

На всіх об'єктах, пов'язаних з електроенергією, необхідно робити захист людей від враження електричним струмом. Заземленням називають умисне з'єднання тієї чи іншої частини електроприладу або іншої установки із заземлюючим пристроєм.

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. 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;

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- електроустановки напругою до 1 кВ в електричних мережах з 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 глухо-заземленою 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;

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 ізольовано 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

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

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» – ізольований) – усі струмовідні частини джерела живлення ізольовано 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;

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 РЕ-провідників:

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

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

В якості провідників системи заземлення використовують N провідники в мережі живлення та захисні провідники РЕ (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

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

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 ПЛ з неізолюваним PEN провідником вищевказані елементи опор додатково з'єднуються з PEN провідником на кожній опорі, а на опорах ПЛІ з ізолюваним 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)[4].

Проведемо розрахунок захисного заземлення.

1) Знаходимо розрахунковий питомий опір землі:

$$p = p_{\text{вим}} * K_{\text{сез}}$$

Де $p_{\text{вим}}$ – питомий опір ґрунту

$K_{\text{сез}}$ – коефіцієнт сезонності

$$p_{\text{вим}} = 50 \text{ Ом} * \text{м} ; K_{\text{сез}} = 1,7$$

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$p = 50 * 4 = 200 \text{ Ом} * \text{м}$$

Визначимо опір одиночного заземлювача:

$$r_o = \left(0,4 * \frac{p}{l}\right) * \lg\left(\frac{2 * l^2}{bt}\right)$$

В якості електрода беру електрод з арматурної сталі, довжиною 3 м. і діаметром 20 мм.

$$r_o = \left(0,4 * \frac{200}{3}\right) * \lg\left(\frac{2 * 3^2}{0,022 * 0,5}\right) = 5,7$$

Опір з врахуванням коефіцієнта використання:

$$R_B = \frac{r_o}{\eta_r R_d} = \frac{5,7}{\frac{0,55}{0,89} * 4} = 2,3 \text{ Ом}$$

Округлюємо отримане значення R_r до найближчого цілого:

$$R_r = 3$$

$$R_{дз} = \frac{r_o}{\eta_r R_d} = \frac{5,7}{\frac{0,55}{0,89} * 3} = 3,07 \text{ Ом}$$

Головною умовою заземлення те що опір заземлення не повинен перевищувати 4 Ом.

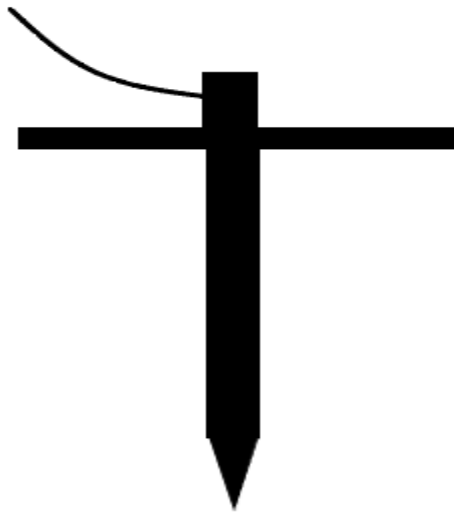


Рисунок 2.3 – Вертикальне заземлення

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.5. Розрахунок короткого замикання в будинку

Коротке замикання – це зіткнення струмоведучих різнополюсних жил з різними потенціалами або частин електропроводки.

Причинами виникнення короткого замикання є:

- Помилки обслуговуючого персоналу електричні мережі.
- Із-за зносу (застарілої) електропроводки.
- Неправильний монтаж електропроводки.
- Поганий контакт у з'єднаннях проводки і електроприладів
- З-за перевантаження електричної ланцюга.
- Може виникнути з причини механічного пошкодження проводів.
- КЗ можуть спровокувати гризуни.

Щоб уникнути виникнення короткого замикання, необхідно:

- Грамотно монтувати та експлуатувати електроустановки.
- Підбирати електропроводку у відповідності з величиною струму.
- Регулярно проводити планові огляди і вимірювання опору ізоляції;
- Правильно вибирати автоматику захисту, які призначені відключати пошкоджену ділянку.
- Перш ніж проводити роботи з проводкою її необхідно знеструмити.

Розрахуємо коротке замикання на прикладі нашого будинку. Візьмемо коротке замикання на групі електропостачання електроплити.

Зобразимо невелику схему заміщення від вводу до електроплити

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

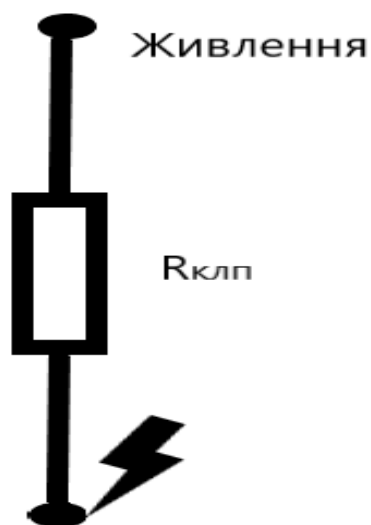


Рисунок 2.4 – Схема заміщення лінії електропостачання.

Знаходимо повний опір кабеля:

$$R_{кб} = 4,63 * 10^{-3} * 0,014 = 0.000064 \text{ (Ом)}$$

$$X_{кб} = 0.095 * 0.014 = 0.000001 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{кб} = \sqrt{R_{кб}^2 + X_{кб}^2} = 0.000064 \text{ Ом}$$

Знаходимо струм однофазного короткого замикання за формулою:

$$I_{кз} = \frac{U_{\Phi}}{Z_{кб}} = 3594 \text{ кА}$$

З розрахунків можна сказати що автомат підібраний для даного кабелю був підібраний правильно так як струм КЗ більший струму спрацювання автомата.

Висновки

При виконанні дипломного проекту мною були вивчені питання електропостачання житлового будинку. На початку роботи приведені вихідні дані: джерело живлення, точка підключення, напруга низьковольтних мереж, категорія електропостачання, розміри будівлі.

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

Спочатку була наведена характеристика і розрахунок електричних навантажень будинку. На даному етапі було дано характеристику проекту електропостачання, проведено розрахунок активної і реактивної, повної потужності даного будинку який розглядувався в даній роботі. Також було визначено номінальний струм.

Потім було проведено вибір перерізу провідників. Зроблений вибір проводів і їх розрахунок. Було проведено вибір кабелю за допустимим значенням струмів.

Після отриманих розрахунків я провів вибір апаратів захисту: автоматичних вимикачів і диференціальних автоматів і також був підібраний лічильник електроенергії. Для перевірки вибраного обладнання було зроблено розрахунок однофазного короткого замикання.

Для захисту електричного устаткування і жильців будинку було розраховано захисне заземлення.

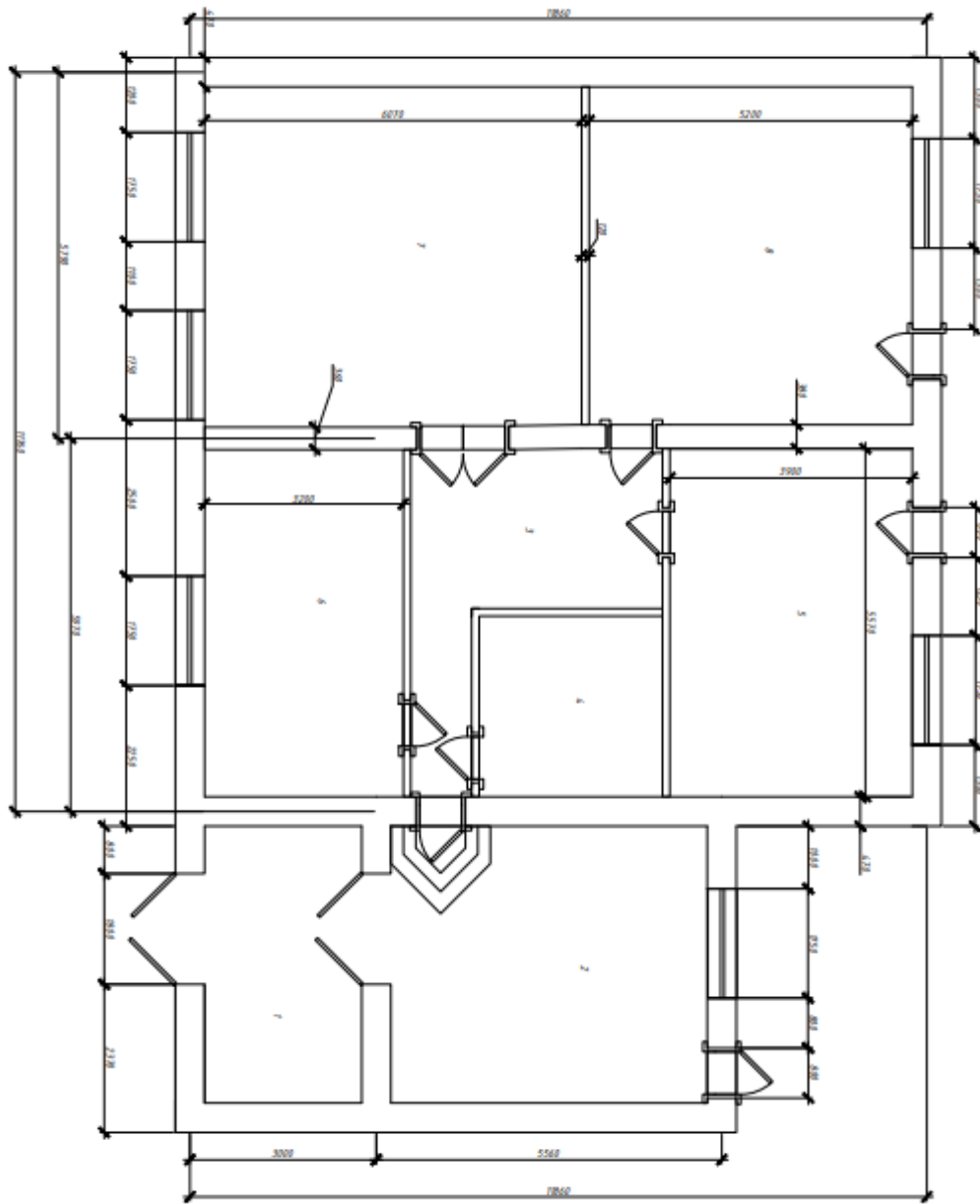
					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Василега П. О. Електропостачання : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
2. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення ДБН В.2.5-23:2010
3. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2007. – 280 с.
4. Правила улаштування електроустановок. «Форт», 2014. –784 с
5. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: - М.: Энергоатом-издат, 1989 – 592 с
6. Електричні апарати : конспект лекцій : у 3 ч. Ч. 2. Електричні апарати низької напруги / укладачі: І. Л. Лебединський, І. І. Борзенков. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 65 с.
7. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М: ФОРУМ:ИНФА-М, 2005. – 214 с.
8. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бака-
9. лабра для студентів спеціальності 141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/Освітня програма «Електротехнічні системи електроспоживання»/ укладачі: І.Л. Лебединський, І.І. Борзенков – Суми: СумДУ, 2019. – 40 с.

					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Додаток А



Експлікація приміщень

№ приміщення	Назначення	Площа, м ²
1	Трибуна	3,0
2	Кухня	22,7
3	Ванна кімната	19,45
4	Вітальня	6,9
5	Коридор	21,7
6	Спальня	11,8
7	Вітальня	26,1
8	Спальня	28,1
	Всього	144,75

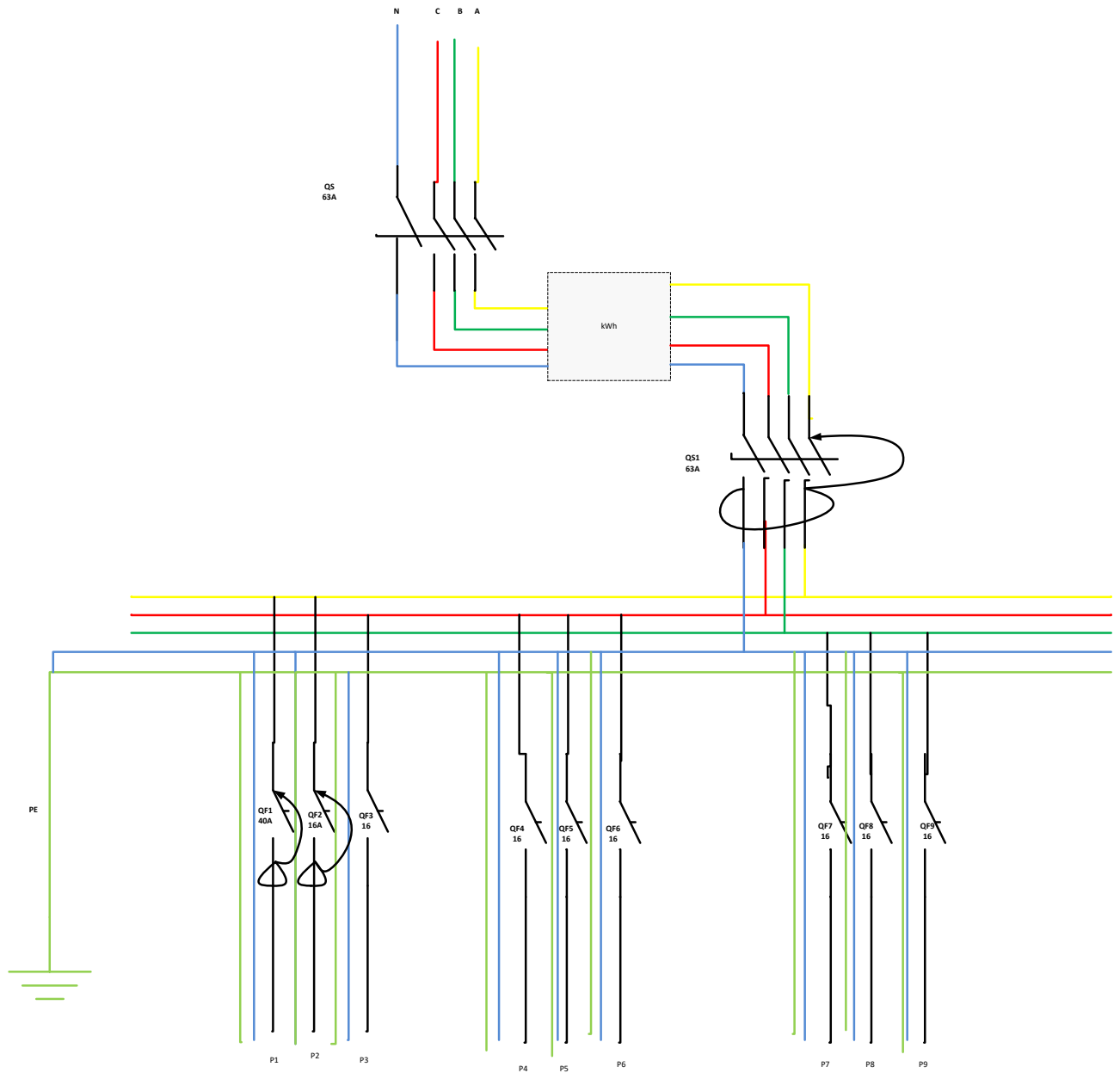
БР 3.6.141.362 ПЗ

Ар-

38

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Додаток Б



					БР 3.6.141.362 ПЗ	Ар-
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39