

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 01 » березня 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Цубері Івану Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система електропостачання багатоквартирного будинку

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » лютого 2021 року № 4/7-132

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Електрична схема мережі району, значення активних та реактивних опорів мережі, прогнозована споживана потужність проєктованого багатоквартирного будинку, графік навантаження трансформаторної підстанції, опис програми та документація АСКОВЕ

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Схема мережі 1л. ф – А1

2. Спрощена схема мережі 1л. ф – А1

3. Розрахункова схема та схема заміщення мережі 1л. ф – А1

4. Два варіанти електропостачання житлового будинку 1л. ф – А1

5. Принципова однолінійна схема ТП 10/0,4 кВ 1л. ф – А1

6. Схема АСКОВЕ багатоквартирного житлового будинку 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи хорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 01 березня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	10.03.2021	
2	Аналітичний розділ	31.03.2021	
3	Розрахунковий розділ	30.04.2021	
4	Проектно-конструкторський розділ	31.05.2021	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	10.06.2021	
6	Висновки	10.06.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2021	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2021	

Студент

_____ (підпис)

Цубера І. М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабюк С. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Цубера Іван Миколайович. – «Система електропостачання багатоквартирного будинку».

Стор.– 66; рис. - 13; табл. - 9; креслень - 5; джерел - 18; додатків - _.

Цілями даної кваліфікаційної роботи бакалавра є визначення можливості електропостачання багатоквартирного житлового будинку.

В процесі роботи розглянуті два варіанти електропостачання нового десятиповерхового житлового будинку з електроплитами. Проаналізована робота діючого релейного захисту відходящих ліній розподільного пункту. Проведений аналіз навантаження трансформаторних підстанцій, що живляться від розподільного пункту, і визначена можливість підключення додаткового навантаження до розподільного пункту.

Розглянуто питання електрозбереження і можливість контролю і обліку електроенергії за допомогою засобів АСКОЕ.

В результаті проведеної роботи, на підставі техніко-економічного розрахунку визначений оптимальний варіант електропостачання житлового будинку.

Перелік ключових слів: ЦЕНТР ЖИВЛЕННЯ, РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПУНКТ, СПОЖИВАЧ, ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, НАВАНТАЖЕННЯ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, КАБЕЛЬНА ЛІНІЯ.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Цубера І.М.					3	1
Керівник		Бабюк С.М.						
Н. Контр.		Вакуленко О.О.			ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-41			
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Структура електропостачання району	8
1.2 Характеристика міських споживачів і вимоги до надійності їх електропостачання	9
1.3 Заходи по зниженню втрат електричної енергії в міських електричних мережах	12
1.4 Висновки до розділу 1. Постановка завдань кваліфікаційної роботи	15
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Аналіз результатів вимірювання навантаження трансформаторних підстанцій і визначення можливості підключення додаткового навантаження до шин 10 кВ РП-22	16
2.2 Розрахунок навантаження нового житлового будинку і вибір схеми його електропостачання	18
2.2.1 Активне навантаження житлового будинку	18
2.2.2 Повна потужність житлового будинку і лінії, що живить його	18
2.2.3 Розрахунок першого варіанту електропостачання будинку	19
2.2.4 Розрахунок другого варіанту електропостачання будинку	22
2.2.5 Вибір числа і потужності силових трансформаторів нової ТП	24
2.2.6 Вибір перерізу КЛ 0,4 кВ від нової ТП до житлового будинку	25
2.3 Розрахунки струмів трифазного короткого замикання	26
2.4 Перевірка високовольтних електричних апаратів, в РП-22	32
2.4.1 Перевірка вимикачів	33
2.4.2 Перевірка роз'єднувачів	37
2.4.3 Перевірка трансформаторів струму	38

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Цубера І.М.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Бабюк С.М.				3	1
Н. Контр.		Вакуленко О.О.			ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-41		
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					

2.4.4 Перевірка ошиновки	40
2.4.5 Перевірка ізоляторів	42
2.4.6 Перевірка кабелів на термічну стійкість	43
2.5 Перевірка високовольтних електричних апаратів, встановлених в ТП	43
2.6 Висновки до розділу 2	44
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	45
3.1 Релейний захист	45
3.2 Автоматизована система контролю, обліку і управління електроспоживанням	52
3.3 Висновки до розділу 3	55
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	57
4.1 Основні причини ураження людини електричним струмом	57
4.2 Захисне заземлення та занулення	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	65

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Забудова міст обумовлює необхідність відповідного розвитку розподільчих електричних мереж, які є найважливішими елементами системи електропостачання будь-якого населеного пункту. Займаючи проміжне положення між центрами живлення і споживачами, вони призначені для передачі і розподілу електричної енергії серед усіх споживачів, розташованих на території міста.

За допомогою розподільних мереж здійснюється електропостачання житлових будинків, суспільно-комунальних установ, дрібних, середніх, а іноді і великих промислових споживачів. Через міські споживчі мережі в наш час передається до 40 % електричної енергії, що виробляється в країні. Такі мережі стають самостійною областю енергетики і проблема їх раціонального спорудження набуває певного значення.

Найважливішим питанням раціональної побудови розподільних мереж є встановлення необхідного рівня надійності електропостачання споживачів. Залежно від цих вимог визначається об'єм резервних елементів в системі їх живлення, що впливає безпосереднім чином на усі техніко-економічні показники мереж.

Для модернізації системи електропостачання різного виду об'єктів необхідно робити розрахунки за сучасними методиками і різними вказівками нормативного характеру. Такими вказівками є: вказівки керівного характеру з розрахунку електричних навантажень об'єкта, керівництво по розрахунку струмів короткого замикання і вибору відповідного електрообладнання, яке буде підходити за умовами надійності до заданої системи електропостачання, правилами улаштування електроустановок. Особливу увагу при розрахунку системи електропостачання необхідно приділяти

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Цубера І.М.					6	2
Керівник		Бабюк С.М.						
Н. Контр.		Вакуленко О.О.			ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-41			
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

надійності електропостачання, що неможливо реалізувати без релейного захисту елементів системи електропостачання. Релейний захист і автоматика повинні володіти значною швидкістю і вибірковістю спрацювання захисту.

Найважливішою елемент будь-якої системи електропостачання – це розподільні мережі, які є проміжною ланкою між джерелом живлення і споживачем електроенергії. Головна задача розподільних мереж – передача електроенергії. Тому для забезпечення необхідної надійності електропостачання необхідно використовувати сучасну і якісну продукцію.

Розподільні мережі необхідні для електропостачання житлових будинків, суспільно-комунальних установ, дрібних, середніх, а іноді і великих промислових споживачів. В даний час близько 40% всієї вироблюваної електроенергії передається міським споживачам. Такі мережі стають самостійною галуззю енергетики, і проблема їх раціональної побудови набуває певного значення.

З плану ділянки житлового району ми бачимо, що споживачі цього району: школи, дитячі сади, підприємства торгівлі, заклади громадського харчування, поліклініка і дев'ятиповерхові житлові будинки. Усі ці споживачі відносяться до споживачів II категорії. Також є двох-, трьох-, і п'ятиповерхові будинки і приватний сектор одноповерхової забудови, які відносяться до споживачів III категорії. Споживачів I категорії в цьому районі немає.

Завдання даної роботи:

- провести розрахунки і обґрунтувати вибір силового трансформатора, високовольтного обладнання;
- провести розрахунок короткого замикання при найбільш важких умовах, перевірити селективність роботи релейного захисту;
- провести перевірки економічної доцільності вибраного варіанту схеми електропостачання;
- розглянути питання енергозбереження.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Структура електропостачання району

Електропостачання житлового району поступає від центру живлення (ЦЖ) ПС 110/10 кВ по двох кабельних лініях 10 кВ на розподільчий пункт РП-22. Від РП-22 виконується розподіл електроенергії по району на трансформаторні підстанції (ТП), які розташовуються ближче до споживача електричної енергії : 5-ти і 9-ти поверхові будинки, підприємства торгівлі, заклади громадського харчування, загальноосвітні школи, дитячі дошкільні установи і т. п. На рис.1.1 показано розташування ТП на місцевості, яке взяте з генплану міста.



Рисунок 1.1 – Розташування ТП на місцевості

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Цубера І.М.			1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Бабюк С.М.					8	8
Н. Контр.		Вакуленко О.О.			ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-41			
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

Від РП-22 за променевою схемою (двома кабелями) живлять: ТП-706, ТП-705, ТП-64. Також від РП-22 від різних секцій шин 10 кВ за радіальною схемою заживлені РП-119. Від ТП-119 від другої секції шин отримує живлення за променевою схемою ТП-562, ТП-563, ТП-565, ТП-557, ТП-558, ТП-530, ТП-534, ТП-533, ТП-526, ТП-531, ТП-559. Між ТП прокладені резервні кабелі, які дозволяють змінювати схему живлення ТП у разі аварії і виходу з ладу якого-небудь кабелю. Розділення живлення житлового масиву від різних секцій шин РП-29 дозволяє зберегти електропостачання частини споживачів при відключенні під час аварії однієї з секцій шин на РП-29.

1.2 Характеристика міських споживачів і вимоги до надійності їх електропостачання

Найважливішим питанням раціональної побудови розподільних мереж є встановлення необхідного рівня надійності електропостачання споживачів. Залежно від цих вимог визначається об'єм резервних елементів в системі їх живлення, що впливає безпосереднім чином на усі техніко-економічні показники мереж.

З точки зору даних вимог до надійності усі електроприймачі споживачів згідно ПУЕ розбиваються на три категорії. Відповідно до ПУЕ до І категорії відносяться споживачі, перерва в електропостачанні яких може спричинити небезпеку для життя людей, значний збиток народному господарству, розлад складного технологічного процесу, порушення роботи важливих елементів міського господарства. Ці електроприймачі повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел живлення, і перерва в їх електропостачанні може бути допущена тільки на час автоматичного введення резервного живлення. При невеликій потужності приймачів в якості другого незалежного джерела можуть використовуватися автономні електростанції, акумуляторні батареї і т. д.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До II категорії відносяться споживачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з масовим недовідпуском продукції, простоем працівників, механізмів і промислового транспорту, порушенням нормальної діяльності значного числа міських жителів. Для цієї групи споживачів допустимі перерви в електропостачанні на якийсь час, необхідний для включення резервного живлення черговим персоналом або виїзною оперативною бригадою.

Резервне живлення може здійснюватися від одного джерела і введення цього живлення робитися не автоматично. Згідно ПУЕ допускається живлення даних приймачів по одній повітряній ЛЕП і від одного трансформатора за наявності централізованого резерву останніх, а також при умові проведення ремонту ліній і заміни трансформатора за час не більший однієї доби.

Для споживачів III категорії, до яких відносяться усі інші електроприймачі, допустимі перерви в електропостачанні на якийсь час, необхідно для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, але не більше однієї доби.

Електроприймачі комунально-побутового характеру класифікуються у ВСН 97-75. Згідно ВСН 97-75 до електроприймачів I категорії відносяться (в цілому) головні і районні водопровідні насосні станції, а також каналізаційні насосні станції, що не мають аварійного випуску, телевізійні станції, ретранслятори, центральні і опорні підсилювальні станції радіотрансляційних мереж, міський автотранспорт та інші особливо важливі елементи загальноміського господарства. До цієї ж категорії належать комплекси електроприймачів лікувальних установ, від безперебійності роботи яких безпосередньо залежить життя хворого (операційна, відділення реанімації), електродвигуни та інші електроприймачі протипожежних пристроїв, системи охоронної сигналізації, ліфти, аварійне освітлення громадських будівель і готелів заввишки більше 16-ти поверхів, готелі з числом місць більше 1000 будь-якої поверховості, бібліотек і читальних залів

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на один мільйон і більше одиниць зберігання, електродвигуни пожежних насосів, аварійне освітлення, пристрої пожежної і охоронної сигналізації магазинів з торговими залами загальною площею більше 1800 м², а також їдальня і ресторан з числом місць вище 500, аварійне освітлення (для евакуації), криті показові та спортивні зали більш ніж на 800 місць.

Відзначається, що схема живлення міських ЦЖ з сумарним навантаженням 10000 кВА і більше повинна задовольняти вимогам, що висуваються до системи електропостачання споживачів I категорії. У ВСН 97-75 відзначається необхідність пристроїв автоматичного включення резерву (АВР) безпосередньо на введенні до споживачів I категорії.

Основна маса електроприймачів комунально-побутового характеру згідно ВСН 97-75 відноситься до II категорії. В даному випадку розглядаються наступні споживачі: житлові будинки і гуртожитки з електроплитами, житлові будинки в шість поверхів і вище з газовими плитами, адміністративно-громадські будівлі, дитячі і навчальні заклади, медичні установи, криті спортивні і показові зали на 200-800 місць, заклади громадського харчування на 100 - 500 посадочних місць, магазини з торговими залами загальною площею від 220 до 1800 кв. м, лазні, будинки побутового обслуговування, господарські блоки і ательє на 50 і більше робочих місць, водопровідні і каналізаційні станції районного і мікрорайонного значення, підкачуючі насосні станція, готелі, теплові пункти і тому подібне

Відзначається, що схеми живлення міських ЦЖ і ТП з сумарним навантаженням від 400 до 10000 кВА (виключаючи споживачів I категорії) повинні задовільняти вимогам, що висуваються до системи електропостачання приймачів II категорії.

З плану ділянки житлового району, зображеного на рис.1.1, ми бачимо, що споживачі цього району: школи, дитячі сади, підприємства торгівлі, підприємства громадського харчування, поліклініка і дев'ятиповерхові житлові будинки. Усі ці споживачі відносяться до споживачів II категорії.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також є двох-, трьох-, і п'ятиповерхові будинки і приватний сектор одноповерхової забудови, які відносяться до споживачів III категорії. Споживачів I категорії в цьому районі немає.

1.3 Заходи по зниженню втрат електричної енергії в міських електричних мережах

Зниження втрат електроенергії при передачі і розподілі є актуальним завданням енергозабезпечуючих організацій і одним з основних напрямів енергозбереження.

Основною умовою роботи електричної мережі з мінімальними втратами є її раціональна побудова. При цьому особлива увага має бути приділена правильному визначенню точок ділення в замкнених мережах, економічному розподілу активних і реактивних потужностей, впровадженню замкнених і напівзамкнених схем мережі 0,4 кВ.

Втрати енергії в раціонально побудованих і нормально експлуатованих мережах не повинні перевищувати обґрунтованої технологічної витрати енергії при її передачі і розподілі. Заходи по зниженню втрат енергії повинні проводитись в мережах, де є ті або інші відхилення від раціональної побудови і оптимального режиму експлуатації.

Застосування сучасних математичних методів розрахунку дозволяє мінімізувати технологічні витрати електроенергії і довести їх до технічно обґрунтованих величин.

Зниження втрат електроенергії в електричних мережах може бути досягнуте як в результаті проведення заходів по загальній оптимізації мережі, коли зниження втрат енергії є одним із складників комплексного плану, так і в результаті проведення заходів, спрямованих тільки на зниження втрат. За цією ознакою усі заходи по зниженню втрат (ЗПЗ) можуть бути умовно розділені на три групи:

- організаційні, до яких відносяться ЗПЗ по вдосконаленню

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатаційного обслуговування електричних мереж і оптимізації їх схем і режимів (маловитратні і беззатратні ЗПЗ);

- технічні, до яких відносяться заходи по реконструкції, модернізації і будівництву мереж (ЗПЗ, що вимагають капітальних витрат);
- заходи по вдосконаленню обліку електроенергії, які можуть бути як беззатратні, так і вимагаючі додаткових витрат (при організації нових точок обліку).

До організаційних заходів можуть відноситися:

- визначення (вибір) точок оптимального ділення мережі 6-10 кВ;
- зменшення часу знаходження лінії у відключеному положенні при виконанні технічного обслуговування і ремонту обладнання і ліній;
- зниження несиметрії (нерівномірності) завантаження фаз;
- раціональне завантаження силових трансформаторів.

До пріоритетних технічних заходів в розподільних мережах 10(6) -0,4 кВ відносяться:

- у проектах, які передбачають при реконструкції діючих мереж 6 кВ на підвищену напругу 10 кВ рекомендується використовувати встановлене обладнання при відповідності його характеристик підвищеній напрузі;
- збільшення долі мереж на напругу 35 кВ;
- скорочення радіусу дії і будівництво ПЛ 0,4 кВ в трифазному виконанні по всій довжині;
- застосування стовпових трансформаторів (10(6)/0,4 кВ) малої потужності для скорочення протяжності мереж напругою 0,4 кВ;
- перехід мереж низької напруги з 110 В на 380 В;
- застосування ізолюваних і захищених самонесучих проводів для ПЛ напругою 0,4-10 кВ;
- використання максимально допустимого перерізу проводів в електричних мережах напругою 0,4-10 кВ з метою адаптації їх пропускної здатності до росту навантажень впродовж усього терміну

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

служби;

- посилення елементів діючої мережі шляхом прокладення нових ліній або заміни проводів і кабелів на великі перерізи;
- проведення роботи по компенсації реактивних навантажень;
- підтримка значень показників якості електроенергії у відповідності з вимогою ДСТУ 13109-97;
- впровадження пристроїв автоматичного регулювання напруги під навантаженням, вольтдобавочних трансформаторів, засобів вбудованого регулювання напруги;
- впровадження нового економічного електрообладнання, зокрема, трансформаторів зі зменшеними активними і реактивними втратами холостого ходу, встановлення конденсаторних батарей вбудованих в КТП і ЗТП;
- комплексна автоматизація і телемеханізація електричних мереж, застосування комутаційних апаратів нового покоління;
- застосування засобів дистанційного визначення місць пошкодження в електричних мережах для скорочення часу пошуку і ліквідації аварій.
- До складу заходів по вдосконаленню обліку сліду предбачити:
- застосування приладів обліку (електролічильники, вимірювальні трансформатори) більш високого класу точності вимірювання;
- здійснення заходів по попередженню несанкціонованого доступу до клем засобів вимірювання;
- впровадження автоматизованих систем обліку, збору і передачі інформації;
- проведення організаційних і технічних заходів по попередженню виявлення і усунення безоблікового споживання електричної енергії.

Характерною особливістю режиму роботи електричних мереж 0,4 кВ є нерівномірність завантаження фаз.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вирівнювання навантажень виконується перемиканням навантаження з більш завантаженої фази на менш завантажені після проведення вимірів навантажень по фазах лінії і аналізу результатів.

Негативний вплив несиметрії, яку не можна усунути, вирівнюванням навантажень по фазах можна зменшити:

- заміною силових трансформаторів з схемою з'єднання обмоток «зірка/зірка» на трансформатори з схемою «зірка/зигзаг» або «трикутник/зірка», які менш чутливі до несиметрії навантажень;
- збільшенням перерізу нульового проводу в лінії 0,4 кВ до перерізу фазного проводу.

1.4 Висновки до розділу 1. Постановка завдань кваліфікаційної роботи

В цьому розділі проведено аналіз структури електропостачання району. Розглянуто детально характеристику міських споживачів і вимоги до надійності їх електропостачання. Здійснено аналіз заходів щодо зниження втрат електричної енергії в міських електричних мережах.

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра необхідно необхідно:

- провести розрахунки і обґрунтувати вибір силового трансформатора, високовольтного обладнання;
- провести розрахунок короткого замикання (КЗ) при найбільш важких умовах (3-х фазному КЗ), перевірити селективність роботи релейного захисту;
- провести перевірки економічної доцільності вибраного варіанту схеми електропостачання;
- розглянути питання енергозбереження.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз результатів вимірювання навантаження трансформаторних підстанцій і визначення можливості підключення додаткового навантаження до шин 10 кВ РП-22

Для визначення потужності РП-22 необхідно знати потужності ТП, які живляться від РП-22. Початкові дані взяті з журналу вимірів струму і напруги на ТП. Ці дані зведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Фактична потужність трансформаторних підстанцій, що живляться від РП-22

№ комірки РП	Трансформаторна підстанція	Кількість і потужність трансформаторів, встановлених в ТП, кВА	Фактична потужність ТП, кВА
1;4	ТП-562 ТП-563 ТП-565	2×250; 2×400; 2×400	300; 430; 350
3;8	ТП-557 ТП-558 ТП-530 ТП-534 ТП-533 ТП-526 ТП-531 ТП-559	2×400; 2×400; 2×400; 2×400; 2×250; 2×400; 2×250; 2×250	350; 200; 200; 90; 70; 250; 270; 300
5	ТП-556	250	120
9 ; 10	ТП-706 ТП-705 ТП-64	160 ; 250; 2×250; 2×250	245; 310; 270
6	ТП-306	250	ПО

Визначимо навантаження відходячих фідерів.

$$S = k_{ТП} \cdot S_{ТП}, \quad (2.1)$$

де $k_{mn} = 0,85$ – коефіцієнт поєднання максимумів навантажень ТП табл.6.21 [1];

КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Цубера І.М.		
Керівник		Бабюк С.М.		
Н. Контр.		Вакуленко О.О.		
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.		
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			16	29
ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-41				

S_{mn} – сумарна потужність ТП, кВ·А.

$$S_{1, 3, 4, 8} = 0,85 \cdot (300 + 430 + 350) = 918 \text{ кВА};$$

$$S_{5,10} = 0,85 \cdot (350 + 200 + 200 + 90 + 70 + 250 + 270 + 300) = 1470,5 \text{ кВА};$$

$$S_7 = 0,85 \cdot 120 = 102 \text{ кВА};$$

$$S_{11, 12} = 0,85 \cdot (245 + 310 + 270) = 701,25 \text{ кВА};$$

$$S_6 = 0,85 \cdot 110 = 93,5 \text{ кВА}.$$

Визначимо потужність на шинах 10 кВ РП-22

$$S_{pn} = k_{\text{макс}} \cdot S_{\Sigma}, \quad (2.2)$$

де $k_{\text{макс}} = 0,85$ – коефіцієнт поєднання максимумів навантажень міських мереж і промислових підприємств при вечірньому максимумі і відношенні навантаження промислових підприємств до міської мережі рівним 60% табл.6.22 [1];

S_{Σ} – сумарна потужність ТП, що живляться від шин 10 кВ РП-22, кВА.

$$S_{pn} = 0,85 \cdot (918 + 1470,5 + 102 + 701,25 + 93,5) = 2712,987 \text{ кВА}.$$

Визначимо розрахунковий струм, що протікає по ввідному кабелю в нормальному і аварійному режимах:

$$I_p = \frac{S_{РП}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2712,987}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 74,588 \text{ А};$$

$$I_{ав} = \frac{S_{РП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2712,987}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 149,176 \text{ А}.$$

Живлячий кабель від ЦЖ до РП-29 виконаний кабелем типу ААБ 3×240. Допустимий струм кабельної лінії буде рівний:

$$I'_{доп} = k_{сн} \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 355 = 319,5 \text{ А},$$

де $k_{сн}$ – коефіцієнт зниження струмового навантаження, табл.3.26 [3];

$I_{доп}$ – тривало допустимий струм кабелю, А.

Як видно струм в нормальному і аварійному режимах значно нижчий тривало допустимого струму. Визначимо максимальну потужність, яку можна передати по цих кабелях.

$$S = \sqrt{3} \cdot I'_{доп} \cdot U_{ном} = \sqrt{3} \cdot 319,5 \cdot 10,5 = 5810,597 \text{ кВА}.$$

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Отже, до шин РП-29 можна підключити додаткову потужність 3098 кВА.

Це означає, що при реконструкції ТП-705, ми маємо можливість живити цю ТП від РП-22, оскільки потужність ТП-705, рівна 310 кВА, менше потужності, яку можуть додатково пропустити живлячі кабелі.

2.2 Розрахунок навантаження нового житлового будинку і вибір схеми його електропостачання

2.2.1 Активне навантаження житлового будинку

$$P_{жб} = P_{пит.кв.} \cdot n + 0,9 \cdot P_c, \quad (2.3)$$

де $P_{пит.кв.}$ – питоме навантаження квартир, яке залежить від типу кухонних плит і числа квартир у будинку, кВт, $P_{пит.кв.} = 1,0$ кВт, табл.6.15 [1];

n – число квартир у будинку;

P_c – навантаження силових електроприймачів будинку.

$$P_c = k_{c1} \cdot \sum P_{лф.ном} + k_{c2} \cdot \sum P_{дв.ном}, \quad (2.4)$$

де k_{c1}, k_{c2} – відповідно коефіцієнти попиту установок ліфтів і інших електродвигунів (вентиляторів, насосів водопостачання і тому подібне);

$k_{c1} = 0,7$, $k_{c2} = 0,7$, $P_{лф.ном} = 7$ кВт, $P_{дв.ном} = 0$ (табл.6.16 і 6.17 [1]);

$$P_c = 0,7 \cdot 5 \cdot 7 + 0,7 \cdot 0 = 24,5 \text{ кВт};$$

$$P_{жб} = 1,0 \cdot 200 + 0,9 \cdot 24,5 = 222,05 \text{ кВт}.$$

2.2.2 Повна потужність житлового будинку і лінії, що живить його

$$S_{жб} = \frac{P_{жб}}{\cos \varphi} = \frac{222,05}{0,98} = 226,58 \approx 227 \text{ кВА},$$

де $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності лінії, що живить житловий будинок будинок.

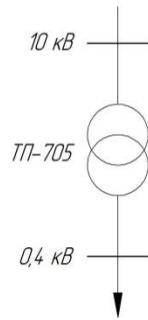
Згідно ВСН 97-75 житлові будинки з електроплитами відносяться до електроприймачів II категорії. Електроприймачів II-ої категорії необхідно

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

забезпечувати електричною енергією від двох незалежних, взаєморезервованих джерел живлення.

Розглянемо два варіанти електропостачання житлового будинку, рис.2.1.

Перший варіант електропостачання



Другий варіант електропостачання

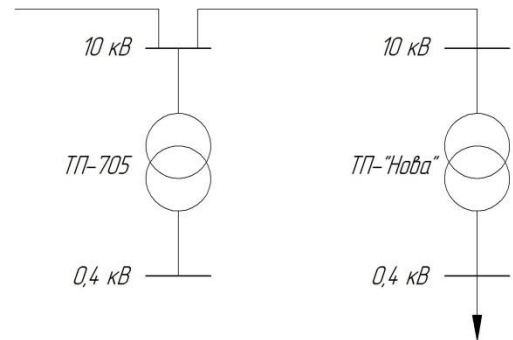


Рисунок 2.1 – Два варіанти електропостачання житлового будинку

Варіант 1: електропостачання будинку здійснюємо від ТП-705, від якої прокладаємо в землі дві кабельні лінії 0,4 кВ з реконструкцією розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП-705.

Варіант 2: біля житлового будинку будуємо трансформаторну підстанцію, яку живимо по двох кабелях 10 кВ від ТП-705. Від нової ТП виконуємо живлення житлового будинку двома кабельними лініями 0,4 кВ.

2.2.3 Розрахунок першого варіанту електропостачання будинку

Довжина кабельної лінії 0,4 кВ від ТП-705 до нового житлового будинку дорівнює 280 м. Для прокладення використовуємо кабель типу АСБ. Згідно табл.5.2 [1] допустимі відхилення напруги в зовнішній живлячій мережі будинків з електроплитами в нормальному режимі рівні 3,9 %, а в аварійному режимі до 7,5 %.

Виберемо переріз кабелю по умові нагрівання і відхилення напруги. Переріз кабелю по нагріву вибирають за умови передачі усього навантаження по одному кабелю, перевірку цього перерізу по відхиленню напруги в

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

нормальному режимі виконують при навантаженні рівному половині потужності.

Вибір перерізу виконаємо по номограмі (рис.2.2), взятій з [2]. За шкалою потужності (точка А) від значення 227 кВт проведемо перпендикуляр до перетину з прямою, відповідною $\cos\varphi = 0,98$ (точка Б). Проекція точки Б на вісь струму покаже розрахунковий струм лінії (точка В1) – 365 А і переріз 185 мм² (за шкалою перерізів кабелів з паперовою ізоляцією, що прокладаються в землі), задовільняючий умові нагріву.

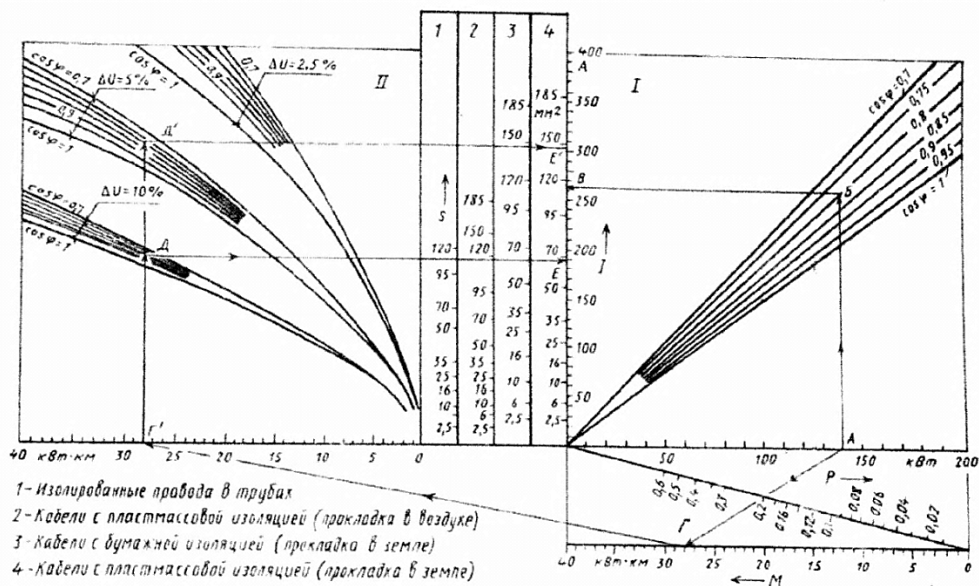


Рисунок 2.2 – Номограма для вибору перерізу проводів за умовами нагріву і відхилення напруги

Момент навантаження, який визначається як множення потужності на довжину лінії, знайдемо, провівши пряму через точку А1 (113,5 кВт) і точку, яка відповідає довжині лінії 0,28 км. Момент навантаження дорівнює 32 кВт·м (точка Г). З точки Г1 в IV квадранті проведемо перпендикуляр до перетину з графіком $\cos\varphi = 0,98$ при допустимому відхиленні напруги 5% (точка Д') і допустимому відхиленні напруги 2,5% (точка Д). Проекція точок Д і Д' на шкалі січень (точки Е і Е' відповідно) показує, що переріз лінії, який задовольняє допустиме відхиленню напруги 5 %, має бути не менше 150 мм², а при допустимому відхиленні напруги 2,5 % – 240 мм². Так як у нас

допустиме відхилення напруги 3,9%, лежить в інтервалі між 2,5% і 5%, то і переріз жил кабелю беремо в інтервалі 150 і 240 мм². Приймаємо переріз жил кабелю 240 мм², тобто визначальним для вибору перерізу лінії виявився розрахунок на відхилення напруги. Отже, для підключення будинку потрібний кабель АСБ перерізом 3×240+1×50.

По номограмі, (рис.2.3) визначимо точне відхилення напруги в нормальному і аварійному режимі.

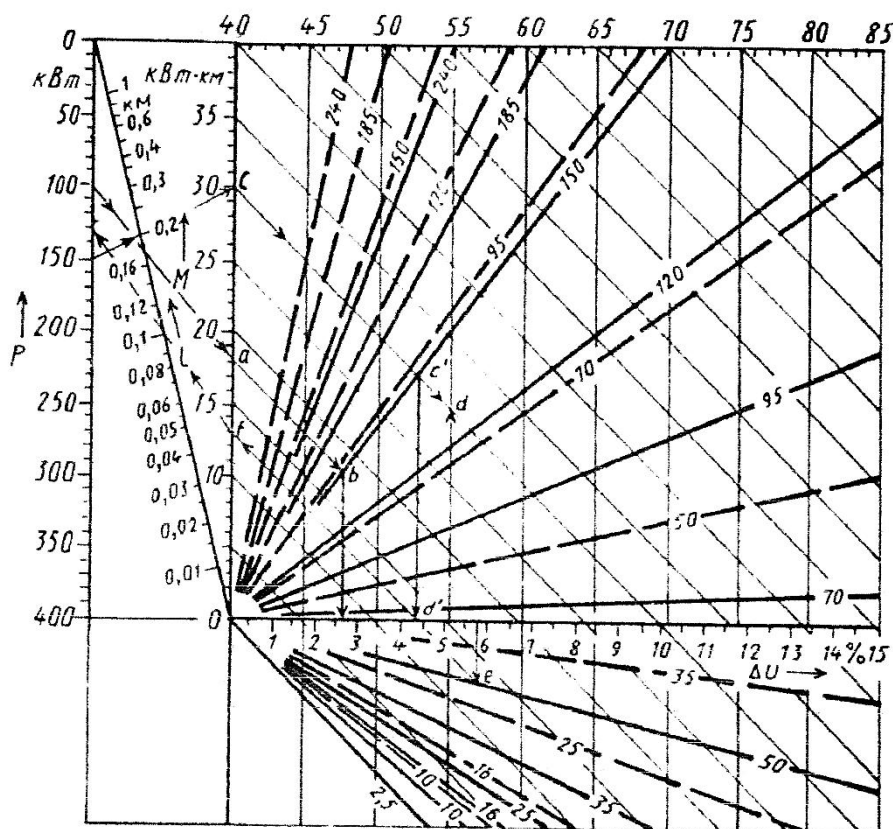


Рисунок 2.3 – Номограма для аналізу режиму напруги в мережах до 1000 В

Відклавши на шкалі P значення потужності 113,5 кВт, яка передається по кабелю в нормальному режимі, на шкалі L – 0,28 км і, провівши через ці точки пряму, на шкалі моментів навантаження набуваємо значення $M=32,5$ кВт·км (точка *a*). З точки *a* проводять пряму, паралельну лініям моментів до перетину з графіком лінії електропередачі перерізом 240 мм² (точка *b*). Перпендикуляр, опущений з цієї точки на шкалу втрат напруги ΔU , вкаже значення 3,2%. З урахуванням заданого $\cos\varphi = 0,98$ і

поправочного коефіцієнта з табл.П2 [2] фактичне відхилення напруги складе $3,2 \cdot 1,09 = 3,488 \%$, що відповідає допустимому значенню, рівному $3,9\%$.

Для аварійного режиму на шкалі P відкладаємо значення 227 кВт і, провівши аналогічні операції, отримаємо момент навантаження $M=62$ кВт·км (точка А1) на шкалі втрат напруги ΔU отримаємо значення $5,8\%$. З врахуванням поправочного коефіцієнта отримаємо фактичне відхилення напруги $5,08 \cdot 1,09=6,322\%$. Отже, вибраний кабель АСБ перерізом $3 \times 240+1 \times 50$, задовольняє умовам.

При підключенні нового житлового будинку до ТП - 705 її потужність збільшиться, тому необхідно перевірити чи задовольняє потужність трансформаторів підстанції її фактичній потужності. Проведемо вибір трансформаторів ТП - 705 виходячи з потужності, що фактично склалася.

$$S_{\text{ном.тр}} \geq 0,7 \cdot (S_{\text{жб}} + S_{\text{факт.}}) = 376 \text{кВА} .$$

Приймаємо до встановлення два трансформатори ТМ 400/10.

2.2.4 Розрахунок другого варіанту електропостачання будинку

Визначення перерізу КЛ-10 кВ від ТП-705 до нової ТП.

Розрахунковий струм лінії 10 кВ в нормальному і аварійному режимах:

$$I_p = \frac{S_{\text{жб}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{226,58}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,229 \text{ А};$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{жб}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{226,58}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,229 \text{ А}.$$

По довідкових матеріалах [4] вибираємо кабель марки ААБ – з алюмінієвими жилами, ізоляцією жил з просоченого паперу, в алюмінієвій оболонці броньованого сталевими стрічками, з подушкою з бітуму.

Вибираємо переріз жил кабельних ліній, врахувавши допустиме навантаження під час аварійного режиму, а також зменшення допустимого струму під час нормального режиму при прокладанні кабелів в одній траншеї. Прийmemo час, необхідний для ліквідації аварії максимальний (6 год .), а

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

значення коефіцієнта завантаження лінії під час нормального режиму 0,6 . Допустиме перевантаження складає 1.25, табл.3.3 [8]. Коефіцієнт зниження струмового навантаження k_{cn} приймаємо рівним 0,9, табл. 1.3.26 [3].

Допустимий струм кабельних ліній визначається із співвідношення

$$1,25 \cdot k_{cn} \cdot I_{доп} \geq I_{ав}, \text{ або}$$

$$I \geq \frac{I_{ав}}{1,25 \cdot k_{cn}} = \frac{12,459}{1,25 \cdot 0,9} = 11,075 \text{ А.}$$

Приймемо значення поперечного перерізу жил трьохжильного кабелю -16 мм^2 з $I_{доп} = 75 \text{ А}$, табл.1.3.16 [3].

Термічно стійкий переріз жили кабелю

$$S_T = \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_n}}{k_T}, \quad (2.5)$$

де $k_m = 95$ – температурний коефіцієнт, табл.3.4 [8];

t_n – приведений час короткого замикання;

$I_{\infty} = 2988 \text{ А}$ – струм 3-фазного короткого замикання.

$$t_n = t_3 + t_e = 0,5 + 0,14 = 0,64 \text{ с} ,$$

де t_3 – час дії пристроїв РЗ, с ;

t_e – час відімкнення вимикача з привдом, $t_e = 0.14 \text{ с}$, табл.5.1 [4];

$t_3 = 0.5 \text{ с}$ – з журналу уставок релейного захисту.

$$S_T = \frac{2988 \cdot \sqrt{0,64}}{95} = 25,165 \text{ мм}^2.$$

Найближчий менший стандартний переріз складає 25 мм^2 , таблиця.1.3.16 [3]. Основною умовою при виборі кабелю є умова на термічну стійкість струмами КЗ. На підставі цього вибираємо переріз кабелю рівний 25 мм^2 .

Втрати напруги в кабельній лінії в нормальному і аварійному режимах:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{num} \cdot \cos \varphi + x_{num} \cdot \sin \varphi); \quad (2.6)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{ав} \cdot l \cdot (r_{num} \cdot \cos \varphi + x_{num} \cdot \sin \varphi), \quad (2.7)$$

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де l – довжина кабельної лінії, км;

$r_{num}ix_{num}$ – питомі активні і індуктивні опори 3-ох жильного кабелю відповідно, $Ом / км$; $r_{num} = 1,24 Ом / км$; $x_{num} = 0,099 Ом / км$ (табл.3.5 [8]).

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 6,229 \cdot 0,3 \cdot (1,24 \cdot 0,98 + 0,099 \cdot 0,199) = 3,997 \text{ В};$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 12,459 \cdot 0,3 \cdot (1,24 \cdot 0,98 + 0,099 \cdot 0,199) = 7,994 \text{ В}.$$

З розрахунку видно, що втрати напруги в лінії мізерні і ними можна знехтувати.

2.2.5 Вибір числа і потужності силових трансформаторів нової ТП

Згідно техніко-економічних розрахунків [5] економічно завжди доцільніше застосовувати один трансформатор. Цей висновок може бути отриманий при розгляді загальних умов існування економічних інтервалів. Він підтверджується, рис.2.6 [5], з якого виходить, що втрати двох трансформаторів по 160 кВА вищі за втрати одного трансформатора 250 кВА, в залежності від передаваної потужності на 124-132%. Таким чином, встановлення другого трансформатора для створення надійних умов електропостачання призводить до збільшення приведених витрат, пов'язаних тільки з трансформаторами, на 20 % і більше.

«Згідно ПУЕ за наявності централізованого резерву трансформаторів і можливості заміни пошкодженого трансформатора за час не більше однієї доби допускається живлення електроприймачів II категорії від одного трансформатора». Тому приймаємо до встановлення один трансформатор. Потужність трансформатора визначимо зі співвідношення:

$$S_{ном.тр} \geq S_{жб} = 227 \text{ кВА} .$$

Приймаємо до встановлення трансформатор ТМ 250/10. Коефіцієнт завантаження трансформатора складе:

$$k_z = S_{жб} / S_{ном.тр} = 227 / 250 = 0,908 .$$

Біля житлового будинку побудуємо трансформаторну підстанцію з двома кабельними вводами 10 кВ на один трансформатор потужністю

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

250 кВА типу К-31-400 М2. Цей тип ТП передбачає можливість встановлення трансформатора потужністю до 400 кВА. Тому у разі збільшення потужності ТП є можливість замінити трансформатор більшої потужності без витрат на реконструкції ТП.

2.2.6 Вибір перерізу КЛ 0,4 кВ від нової ТП до житлового будинку

Довжина кабельної лінії 0,4 кВ складає 100 м. Для прокладення використовуємо кабель з алюмінієвими жилами з пластмасовою ізоляцією марки АВПБ.

Згідно табл.5.2 [2] допустимі відхилення напруги в зовнішній живлячій мережі від 100 до 200 м до будинків з електроплитами в нормальному режимі рівні 3,3 - 3,9 %.

Вибір перерізу кабелю по умові нагрівання і відхилення напруги виконаємо по номограмі. З рис.2.2 видно, що по умові нагріву задовільняє кабель АВПБ перерізом $3 \times 185 + 1 \times 50$. З цієї ж номограми видно, що в нормальному режимі допустиме відхилення напруги рівне 2,5 % відповідає переріз 150 мм^2 (точка E1). Отже, для підключення будинку потрібен кабель перерізом $3 \times 185 + 1 \times 50$.

Перевіримо цей кабель на допустиме відхилення напруга в нормальному і аварійному режимах по номограмі для аналізу режиму напруги в мережах до 1000 В (рис.2.3).

Відклавши на шкалі Р значення 113,5 кВт, на шкалі L – 0,11 км і провівши через ці точки пряму, на шкалі моментів навантаження набуває значення $M=15 \text{ кВт} \cdot \text{км}$ (точка С1). З точки С1 проводимо пряму, перпендикулярну лініям моментів до перетину з графіком лінії електропередачі перерізом 185 мм^2 (точка D1). Перпендикуляр, опущений з цієї точки на шкалу втрат напруги ΔU , вкаже значення 1,6 %. З урахуванням поправочного коефіцієнта, рівного 1,09 табл.П2 [2] отримаємо фактичне відхилення напруги $1,6 \cdot 1,09 = 1,744 \%$.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці відхилення напруги задовольняють допустимим, тому для електропостачання житлового будинку остаточно приймаємо кабель АВПБ 3×185+1×50. Згідно техніко-економічного розрахунку вибирається другий варіант електропостачання житлового будинку.

2.3 Розрахунки струмів трифазного короткого замикання

При розрахунку струмів КЗ в електроустановках напругою вище 1000 В враховуються індуктивні опори електричних машин, силових трансформаторів, повітряних і кабельних ліній. Активні опори елементів системи електропостачання не враховуються, якщо виконується умова:

$$r_{\Sigma} < \frac{x_{\Sigma}}{3}, \quad (2.8)$$

де r_{Σ} і x_{Σ} – відповідно сумарні активні і індуктивні опори елементів системи електропостачання до точки КЗ, Ом.

Для розрахунків струмів КЗ складають розрахункову схему системи електропостачання і на її основі схему заміщення. Розрахункова схема є спрощеною однолінійною схемою, на якій вказують усі елементи системи електропостачання і їх параметри, що впливають на струм КЗ.

Схема для розрахунку струмів трифазного КЗ показана на рис.2.5. Струм трифазного КЗ знаходиться за виразом

$$I_{\kappa}^{//} = \frac{E_{\Sigma}^{//}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma}}, \quad (2.9)$$

де $E_{\Sigma}^{//}$ – лінійне значення еквівалентної ЕРС схеми заміщення, кВ;

x_{Σ} – сумарний еквівалентний опір, Ом.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

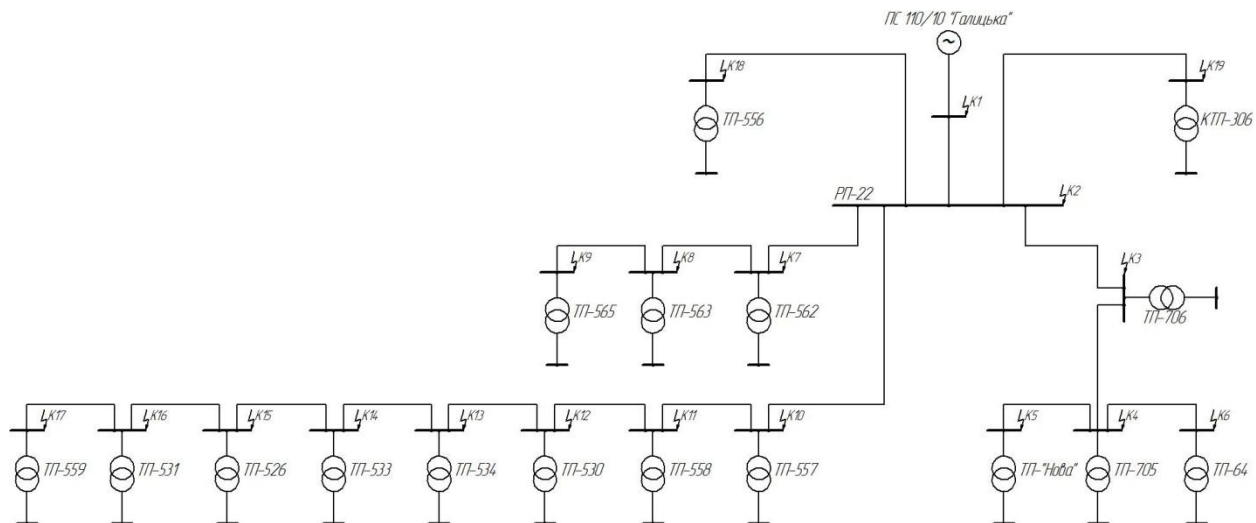


Рисунок 2.4 – Схема для розрахунку струмів трифазного КЗ

Еквівалентна ЕРС при розрахунках в іменованих одиницях близька до номінальної напруги $U_{ср.ном}$. Тому в наближених розрахунках можна не визначати еквівалентну ЕРС, а прийняти її рівною відповідно до номінальної напруги. Тоді вираз (2.2) набере вигляду:

$$I_{к}^{//} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma}} \quad (2.10)$$

Складемо схему заміщення (рис.2.5) і пронумеруємо її елементи в порядку їх розташування від системи джерела живлення у напрямі до струмів КЗ.

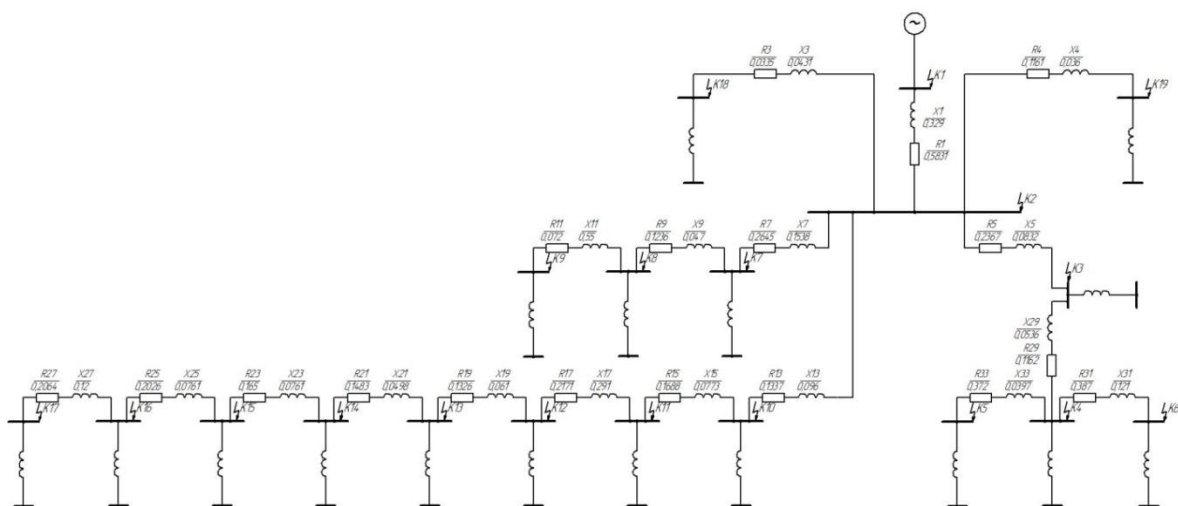


Рисунок 2.5 – Схема заміщення

Початкові дані для розрахунку опорів елементів схеми заміщення зведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Початкові дані для розрахунку опорів елементів схеми заміщення

Кабельна лінія	Тип кабелю	Довжина кабельної лінії, км	Питомий опір кабельних ліній 10 кВ, Ом/км	
			Активний	Індуктивний
W1;W2	АСБЗх240	4,52	0,129	0,075
W3	ААШВ3х185	0,56	0,167	0,077
W4	ААБЗх120	0,45	0,258	0,081
W5;W6	АСБЗх120	1,15	0,258	0,081
W7;W8	ААШВ3х240	2,05	0,129	0,075
W9;W10	ААШВ3х150	0,6	0,206	0,079
W11;W12	ААБлу3х185	0,455	0,167	0,077
W13;W14	АСБЗх240	1,075	0,129	0,075
W15;W16	АСБЗх185	1,011	0,167	0,077
W17;W18	ААШВ3х185	1,3	0,167	0,077
W19;W20	АСБЗх185	0,8	0,167	0,077
W21;W22	АСБЗх185	0,894	0,167	0,077
W23; W24	АСБЗх185	0,988	0,167	0,077
W25; W26	АСБЗх185	1,213	0,167	0,077
W27; W28	АСБЗх240	1,6	0,129	0,075
W29; W30	ААШВ3х185	0,696	0,167	0,077
W31;W32	ЦАСБу3х120	1,5	0,258	0,081
W33; W34	ААБЗх25	0,3	1,24	0,099

Опір джерела живлення визначимо з виразу (2.10):

$$x_c = \frac{U_{cp.ном}}{\sqrt{3}I_{K1}} = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 8028} = 0,755 \text{ Ом,}$$

де I_{K1} – струм трифазного КЗ в точці К1, А, взятий з розрахунків струмів КЗ для налаштування захисту 2 ступені МСЗ по умові чутливості до КЗ за трансформатора підстанції 110/10 кВ на шинах 10 кВ.

Індуктивні і активні опори кабельних ліній відповідно:

$$x_1 = x_2 = x_{num} \cdot l_1 = 0,075 \cdot 4,52 = 0,339 \text{ Ом;}$$

$$r_1 = r_2 = r_{num} \cdot l_1 = 0,129 \cdot 4,52 = 0,5831 \text{ Ом;}$$

$$x_3 = x_{num} \cdot l_3 = 0,077 \cdot 0,56 = 0,0431 \text{ Ом;}$$

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$r_3 = r_{num} \cdot l_3 = 0,167 \cdot 0,56 = 0,0935 \text{ OM};$$

$$x_4 = x_{num} \cdot l_4 = 0,081 \cdot 0,45 = 0,0365 \text{ OM};$$

$$r_4 = r_{num} \cdot l_4 = 0,258 \cdot 0,45 = 0,1161 \text{ OM};$$

$$x_5 = x_6 = x_{num} \cdot l_5 = 0,081 \cdot 1,15 = 0,0932 \text{ OM};$$

$$r_5 = r_6 = r_{num} \cdot l_5 = 0,258 \cdot 1,15 = 0,2967 \text{ OM};$$

$$x_7 = x_8 = x_{num} \cdot l_7 = 0,075 \cdot 2,05 = 0,1538 \text{ OM};$$

$$r_7 = r_8 = r_{num} \cdot l_7 = 0,129 \cdot 2,05 = 0,2645 \text{ OM};$$

$$x_9 = x_{10} = x_{num} \cdot l_9 = 0,079 \cdot 0,6 = 0,0474 \text{ OM};$$

$$r_9 = r_{10} = r_{num} \cdot l_9 = 0,206 \cdot 0,6 = 0,1236 \text{ OM};$$

$$x_{11} = x_{12} = x_{num} \cdot l_{12} = 0,077 \cdot 0,455 = 0,035 \text{ OM};$$

$$r_{11} = r_{12} = r_{num} \cdot l_{12} = 0,167 \cdot 0,455 = 0,0760 \text{ OM};$$

$$x_{13} = x_{14} = x_{num} \cdot l_{14} = 0,075 \cdot 1,075 = 0,0806 \text{ OM};$$

$$r_{13} = r_{14} = r_{num} \cdot l_{14} = 0,129 \cdot 1,075 = 0,1387 \text{ OM};$$

$$x_{15} = x_{16} = x_{num} \cdot l_{15} = 0,077 \cdot 1,011 = 0,0778 \text{ OM};$$

$$r_{15} = r_{16} = r_{num} \cdot l_{15} = 0,167 \cdot 1,011 = 0,1688 \text{ OM};$$

$$x_{17} = x_{18} = x_{num} \cdot l_{17} = 0,077 \cdot 1,3 = 0,1001 \text{ OM};$$

$$r_{17} = r_{18} = r_{num} \cdot l_{17} = 0,167 \cdot 1,3 = 0,2171 \text{ OM};$$

$$x_{19} = x_{20} = x_{num} \cdot l_{19} = 0,077 \cdot 0,8 = 0,0616 \text{ OM};$$

$$r_{19} = r_{20} = r_{num} \cdot l_{19} = 0,167 \cdot 0,8 = 0,1336 \text{ OM};$$

$$x_{21} = x_{22} = x_{num} \cdot l_{21} = 0,077 \cdot 0,894 = 0,0688 \text{ OM};$$

$$r_{21} = r_{22} = r_{num} \cdot l_{21} = 0,167 \cdot 0,894 = 0,1493 \text{ OM};$$

$$x_{23} = x_{24} = x_{num} \cdot l_{23} = 0,077 \cdot 0,988 = 0,0761 \text{ OM};$$

$$r_{23} = r_{24} = r_{num} \cdot l_{23} = 0,167 \cdot 0,988 = 0,1650 \text{ OM};$$

$$x_{25} = x_{26} = x_{num} \cdot l_{25} = 0,077 \cdot 1,213 = 0,0934 \text{ OM};$$

$$r_{25} = r_{26} = r_{num} \cdot l_{25} = 0,167 \cdot 1,213 = 0,2026 \text{ OM};$$

$$x_{27} = x_{28} = x_{num} \cdot l_{27} = 0,075 \cdot 1,6 = 0,12 \text{ OM};$$

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$r_{27} = r_{28} = r_{num} \cdot l_{27} = 0,129 \cdot 1,6 = 0,2064 \text{ Ом};$$

$$x_{29} = x_{30} = x_{num} \cdot l_{29} = 0,077 \cdot 0,696 = 0,0536 \text{ Ом};$$

$$r_{29} = r_{30} = r_{num} \cdot l_{29} = 0,167 \cdot 0,696 = 0,1162 \text{ Ом};$$

$$x_{31} = x_{32} = x_{num} \cdot l_{31} = 0,081 \cdot 1,5 = 0,1215 \text{ Ом};$$

$$r_{31} = r_{32} = r_{num} \cdot l_{31} = 0,258 \cdot 1,5 = 0,3870 \text{ Ом};$$

$$x_{33} = x_{34} = x_{num} \cdot l_{33} = 0,099 \cdot 0,3 = 0,0297 \text{ Ом};$$

$$r_{33} = r_{34} = r_{num} \cdot l_{33} = 1,24 \cdot 0,3 = 0,3720 \text{ Ом}.$$

Сумарний опір до точки К2 :

$$x_{2\Sigma} = x_c + x_2 = 0,755 + 0,339 = 1,094 \text{ Ом};$$

$$r_{2\Sigma} = r_2 = 0,5831 \text{ Ом};$$

$$\frac{x_{2\Sigma}}{3} = \frac{1,094}{3} = 0,3647 \text{ Ом}.$$

Умова нерівності (2.8) не виконується. У розрахунку трифазного струму КЗ для точки К2 враховуватимемо активний опір кабельних ліній.

Сумарний опір до точки К3 :

$$x_{3\Sigma} = x_c + x_2 + x_5 = 0,755 + 0,339 + 0,0932 = 1,1872 \text{ Ом};$$

$$r_{3\Sigma} = r_2 + r_5 = 0,5831 + 0,2967 = 0,8798 \text{ Ом};$$

$$\frac{x_{3\Sigma}}{3} = \frac{1,1872}{3} = 0,3957.$$

Умова нерівності (2.8) не виконується. У розрахунку трифазного струму КЗ для точки К3 враховуватимемо активний опір кабельних ліній.

Аналогічно розраховуються сумарні опори до інших точок КЗ, значення яких зведені в табл.2.3.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.3 – Сумарний опір до точок КЗ

Точка КЗ	Сумарні опори, Ом		Повний сумарний опір до точки КЗ, Ом $z_{i\Sigma} = \sqrt{r_{i\Sigma}^2 + x_{i\Sigma}^2}$
	активний	індуктивний	
1	2	3	4
1	-	$x_c = 0,755$	0,755
2	$r_{2\Sigma} = r_2 = 0,5831$	$x_{2\Sigma} = x_c + x_2 = 1,094$	1,24
3	$r_{3\Sigma} = r_2 + r_5 = 0,8798$	$x_{3\Sigma} = x_c + x_2 + x_5 = 1,1872$	1,478
4	$r_{4\Sigma} = r_{3\Sigma} + r_{29} = 0,996$	$x_{4\Sigma} = x_{3\Sigma} + x_{29} = 1,2408$	1,591
5	$r_{5\Sigma} = r_{4\Sigma} + r_{33} = 1,368$	$x_{5\Sigma} = x_{4\Sigma} + x_{33} = 1,2705$	1,867
6	$r_{6\Sigma} = r_{4\Sigma} + r_{31} = 1,383$	$x_{6\Sigma} = x_{4\Sigma} + x_{31} = 1,3623$	1,941
7	$r_{7\Sigma} = r_{2\Sigma} + r_7 = 0,8476$	$x_{7\Sigma} = x_{2\Sigma} + x_7 = 1,2478$	1,508
8	$r_{8\Sigma} = r_{7\Sigma} + r_9 = 0,9712$	$x_{8\Sigma} = x_{7\Sigma} + x_9 = 1,2952$	1,619
9	$r_{9\Sigma} = r_{8\Sigma} + r_{11} = 1,0472$	$x_{9\Sigma} = x_{8\Sigma} + x_{11} = 1,3302$	1,693
10	$r_{10\Sigma} = r_{2\Sigma} + r_{13} = 0,7626$	$x_{10\Sigma} = x_{2\Sigma} + x_{13} = 1,1768$	1,402
11	$r_{11\Sigma} = r_{10\Sigma} + r_{15} = 0,9314$	$x_{11\Sigma} = x_{10\Sigma} + x_{15} = 1,2546$	1,563
12	$r_{12\Sigma} = r_{11\Sigma} + r_{17} = 1,1485$	$x_{12\Sigma} = x_{11\Sigma} + x_{17} = 1,3547$	1,776
13	$r_{13\Sigma} = r_{12\Sigma} + r_{19} = 0,2812$	$x_{13\Sigma} = x_{12\Sigma} + x_{19} = 1,4163$	1,91
14	$r_{14\Sigma} = r_{13\Sigma} + r_{21} = 1,4314$	$x_{14\Sigma} = x_{13\Sigma} + x_{21} = 1,4551$	2,063
15	$r_{15\Sigma} = r_{14\Sigma} + r_{23} = 1,5964$	$x_{15\Sigma} = x_{14\Sigma} + x_{23} = 1,5612$	1,105
16	$r_{16\Sigma} = r_{15\Sigma} + r_{25} = 1,799$	$x_{16\Sigma} = x_{15\Sigma} + x_{25} = 1,6546$	2,444
17	$r_{17\Sigma} = r_{16\Sigma} + r_{27} = 2,0054$	$x_{17\Sigma} = x_{16\Sigma} + x_{27} = 1,7746$	2,678
18	$r_{18\Sigma} = r_{2\Sigma} + r_3 = 0,6766$	$x_{18\Sigma} = x_{2\Sigma} + x_3 = 1,1371$	1,323
19	$r_{19\Sigma} = r_{2\Sigma} + r_4 = 0,6992$	$x_{19\Sigma} = x_{2\Sigma} + x_4 = 1,1305$	1,329

Струм трифазного КЗ в даних точках, розраховується по формулі (2.10).

$$\text{Точка К2 } I_{K2} = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,24} = 4888 \text{ А.}$$

$$\text{Точка К3 } I_{K2} = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,478} = 4102 \text{ А.}$$

Аналогічно розраховується струм трифазного КЗ в інших точках, а також ударний струм і потужність КЗ, по формулах, вказаним в табл. 2.4.

Отримані дані зведені в табл. 2.4.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 2.4 – Розрахунок струмів короткого замикання

Точка КЗ	Шини 10 кВ ТП	Значення струму трифазного КЗ, А	Ударний струм КЗ $I_y = I'' \cdot \sqrt{2} \cdot k_{yo}$, кА	Потужність КЗ МВ·А
1	ПС-110/10 кВ	8028	11531	146001
2	РП-22	4888	8209	88896
3	ТП-706	4102	6367	74601
4	ТП-705	3810	5388	69291
5	ТП-«Нова»	3247	4748	59051
6	ТП-64	3123	4599	56797
7	ТП-562	4020	6358	73110
8	ТП-563	3744	5798	68090
9	ТП-565	3581	5492	65126
10	ТП-557	4324	6914	78639
11	ТП-558	3879	6019	70546
12	ТП-530	3413	5164	62071
13	ТП-534	3174	6895	57724
14	ТП-533	2939	4346	53450
15	ТП-526	2715	3994	49376
16	ТП-531	2480	3623	45103
17	ТП-559	2264	3294	41174
18	ТП-556	4582	7480	83331
19	КТП-306	4561	7375	82949

2.4 Перевірка високовольтних електричних апаратів, в РП-22

Високовольтні електричні апарати вибираються за умовами тривалого режиму роботи і перевіряються за умовами коротких замикань. При цьому для усіх апаратів проводиться:

- вибір по напрузі;
- вибір по нагріву при тривалих струмах;
- перевірка на електродинамічну стійкість;
- перевірка на термічну стійкість.

У РП-22 встановлені:

1) у ввідних комірках: масляні вимикачі типу ВМП-10 з номінальним струмом 1000 А і приводом ПЭ-11; лінійні і шинні роз'єднувачі типу РВЗ-10/1000 з номінальним струмом 1000 А;

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

трансформатори струму ТПЛ-10 300/5;

2) у комірках на відходящих приєднаннях: масляні вимикачі типу ВМП-10 з номінальним струмом 630 А і приводами ПЭ-11; роз'єднувачі типу РВЗ-10/630 з номінальним струмом 630 А; трансформатори струму ТПЛ-10 200/5, 150/5, 100/5;

3) на відходящих лініях використовуються кабелі ААБ 3×240, 120; ААБлу 3×185, АСБ 3×120, 185, 240, ААШв 3×150, 185, 240; ЦАСБу 3×120.

Ошиновка комірок виконана алюмінієвими смугами перерізом 5×5 мм розташованими на ізоляторах на ребро з відстанню між осями фаз 35 см і між ізоляторами 1 м. На РП-22 застосовані ізолятори ОФ-10-375.

Перевірку проведемо для ввідних комірок. Умови перевірки електричних апаратів відходящих ліній зведені в звідні таблиці.

2.4.1 Перевірка вимикачів :

1) по номінальній напрузі:

$$U_{с.ном} \leq U_{ном} ,$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга вимикача, кВ, $U_{ном} = 10кВ$ (табл.5.1 [4])

Середня номінальна напруга в розподільній мережі $U_{с.ном} = 10 кВ$.

Умова $U_{с.ном} \leq U_{ном}$ виконується.

2) по номінальному тривалому струму

$$I_{роз} \leq I_{ном} ,$$

де $I_{ном}$ – тривалий номінальний струм вимикача, А;

$I_{роз}$ – розрахунковий струм тривалого режиму кола.

$I_{роз}$ вибирається за найбільш несприятливого експлуатаційного режиму:

$$I_{роз} = 149,176 \text{ А.}$$

Умова $I_{роз} \leq I_{ном}$ виконується.

3) по електродинамічній стійкості граничному періодичному струму КЗ

$$I'' \leq I_{гр.нас},$$

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де I'' – початковий періодичний надперехідною струм КЗ у вимикачі;

$$I'' = I_{K2} = 4889 \text{ А},$$

$I_{гр.нас}$ – граничний наскрізний струм, кА;

$$I_{гр.нас} = 20 \text{ кА}.$$

Умова $I'' \leq I_{гр.нас}$ виконується.

4) по електродинамічній стійкості ударному струму КЗ

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot k_{y\delta} \cdot I'' \leq i_{гр.нас},$$

де $k_{y\delta}$ – ударний коефіцієнт;

$i_{гр.нас}$ – значення номінального струму електродинамічної стійкості вимикача, кА;

$$i_{гр.нас} = 64 \text{ кА},$$

ударний коефіцієнт:

$$k_{y\delta} = 1 + e^{\frac{0,01}{T_a}},$$

де T_a – стала часу згасання аперіодичної складової струму.

$$T_a = \frac{x_{\Sigma}}{314 \cdot r_{\Sigma}} = \frac{1,094}{314 \cdot 0,583} = 0,00598 \text{ с}.$$

де $x_{\Sigma} = 1,094 \text{ Ом}$ і $r_{\Sigma} = 0,583 \text{ Ом}$. За відсутністю даних активний опір системи до 37 кВ прийнято вважати рівним нулю.

$$k_{y\delta} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,00598}} = 1,188.$$

Ударний струм КЗ:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 1,188 \cdot 4889 = 8209 \text{ А}.$$

Умова $i_{y\delta} \leq i_{гр.нас}$ виконується.

5) по відключаючій здатності номінальному струму відключення:

$$I_{нт} \leq I_{відкл.ном},$$

де $I_{відкл.ном}$ – номінальний симетричний струм відключення вимикача. А;

$I_{нт}$ – симетрична (періодична) складова струму КЗ, відповідає часу відключення к.з..

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення періодичної складової струму КЗ для визначення віддаленості короткого замикання вводиться відношення початкового струму короткого замикання генератора I_G'' до його номінального струму

$$I_{ном}, \text{ тобто, } I_{Г.н.} = \frac{I_G''}{I_{ном}}$$

характеризуюча кратність струму КЗ до номінального струму. Також для знаходження абсолютних значень струмів у будь-який момент часу перехідного процесу необхідно визначити початковий надперехідний струм I_G'' . Для цього необхідно мати дані кількості, типу і потужності генераторів. Цих даних ми не маємо в розпорядженні. Згідно рис.3 [11] періодичний струм максимальний в початковий момент короткого замикання. Під час неусталеного процесу він зменшується і досягає періодичної складової струму усталеного значення I_∞ .

З цього можна зробити висновок, що в розрахунковий час t , періодичний струм буде менше значення трифазного короткого замикання в початковий момент короткого замикання, тому приймаємо $I_{нт} = I_{К2} = 4889 \text{ А}$.

$$I_{відкл.ном} = 20 \text{ кА} .$$

Умова $I_{нт} \leq I_{відкл.ном}$ виконується.

б) по відключаючій здатності номінальному аперіодичному струму відключення:

$$i_{ат} \leq i_{а.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{відкл.ном} ,$$

де $i_{ат}$ – аперіодична складова струму КЗ, що відповідає часу до моменту розходження дугогасильних контактів вимикача τ , А;

$i_{а.ном}$ – номінальний аперіодичний струм відключення вимикача, А;

$\beta_{ном}$ – номінальний відносний склад аперіодичної складової струму відключення для часу τ , $\beta_{ном} = 0,15$ (рис. 1.29 [1]).

Номінальний аперіодичний струм відключення вимикача:

$$i_{а.ном} = \sqrt{2} \cdot 0,15 \cdot 20000 = 4240 \text{ А}.$$

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Аперіодична складова струму к.з., яка відповідає часу τ :

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}},$$

де τ – розрахунковий час, с;

$$\tau = t_{з.мін} + t_{в.вим} = 0,01 + 0,1 = 0,11 \text{ с},$$

де $t_{з.мін}$ – мінімальний час дії пристроїв р.з. (приймається 0,01 с);

$t_{в.вим}$ – власний час вимкнення вимикача, с ;

$$t_{в.вим} = 0,1 \text{ с} ;$$

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 4889 \cdot e^{-\frac{0,11}{0,00598}} = 1,7 \text{ А}.$$

Умова $i_{ат} < i_{а.ном}$ виконується.

7) по термічній стійкості

$$B_K \leq I_{гр.т.}^2 \cdot t_m,$$

де B_K – значення імпульсу квадратичного струму, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

$I_{гр.т.}$ – значення граничного струму термічної стійкості, кА ;

t_m – граничний час термічної стійкості, с;

$I_{гр.т.} = 20 \text{ кА}, t_m = 8 \text{ с}$ (табл..5.1. [4]).

Імпульс квадратичного струму:

$$B_K = B_{к.п.} + B_{к.а.} = I_n^2 \cdot t_{відкл} + I_n^2 \cdot T_a \cdot \left(1 - e^{-\frac{2t_{відкл}}{T_a}} \right) = I_n^2 \cdot \left[t_{відкл} + T_a \left(1 - e^{-\frac{2t_{відкл}}{T_a}} \right) \right],$$

де I_n – діюче значення періодичного струму к.з;

$t_{відкл}$ – час від початку к.з. до його відімкнення, с .

$$t_{відкл} = t_3 + t_{вим} = 0,7 + 0,12 = 0,82 \text{ с},$$

де t_3 – час дії пристроїв р.з., с ;

$t_{вим}$ – повний час відімкнення вимкача з приводом, с ;

$t_3 = 0,7 \text{ с}$ – з журналу уставок релейного захисту;

$t_{вим} = 0,12 \text{ с}$. (табл.5.1 [4]).

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$B_K = 4889^2 \cdot \left[0,82 + 0,00598 \cdot \left(1 - e^{-\frac{20,72}{0,00598}} \right) \right] = 40 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$I_{гр.т.}^2 \cdot t_m = 20^2 \cdot 8 = 3200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Умова виконується.

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця по вибору масляних вимикачів встановлених в РП-22

Умови вибору	Розрахункові дані мережі	Каталожні дані	
		Ввідні комірки	Комірки відходящих ліній
		ВМП-10-1000-20 з приводом ПЭ-11	ВМП-10-630-20 з приводом ПЭ-11
$U_{с.ном} \leq U_{ном}$	$U_{с.ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{роз} \leq I_{ном}$	$I_{роз} = 149 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I'' \leq I_{гр.нас}$	$I'' = 4,889 \text{ кА}$	$I_{гр.нас} = 20 \text{ кА}$	-
	$I'' = 3,75 \text{ кА}$	-	$I_{гр.нас} = 20 \text{ кА}$
$i_{уд} \leq i_{гр.нас}$	$i_{уд} = 8,214 \text{ кА}$	$i_{гр.нас} = 64 \text{ кА}$	-
	$i_{уд} = 6,32 \text{ кА}$	-	$i_{гр.нас} = 64 \text{ кА}$
$I_{нт} \leq I_{відкл.ном}$	$I_{нт} = 4,89 \text{ кА}$	$I_{відкл.ном} = 20 \text{ кА}$	-
	$I_{нт} = 3,75 \text{ кА}$	-	$I_{відкл.ном} = 20 \text{ кА}$
$i_{ат} < i_{а.ном}$	$i_{ат} = 1,7 \text{ А}$	$i_{а.ном} = 4,2 \text{ кА}$	$i_{а.ном} = 4,2 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{гр.т.}^2 \cdot t_m$	$B_K = 40 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{гр.т.}^2 \cdot t_m = 3200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	-
	$B_K = 21,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	-	$I_{гр.т.}^2 \cdot t_m = 3200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Встановлені вимикачі задовольняють струмам КЗ.

2.4.2 Перевірка роз'єднувачів

1) по електродинамічній стійкості та ударному струму КЗ:

$$i_{уд} \leq i_{гр.нас},$$

$$i_{уд} = 8,214 \text{ кА}; i_{гр.нас} = 81 \text{ кА}.$$

Умова $i_{уд} \leq i_{гр.нас}$ виконується.

2) по термічній стійкості:

$$B_K \leq I_{гр.т.}^2 \cdot t_m,$$

$$B_K = 40 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}, I_{гр.т.}^2 \cdot t_m = 40^2 \cdot 4 = 6400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова $B_K \leq I_{гр.м.}^2 \cdot t_m$ виконується

Таблиця 2.6 – Звідна таблиця по вибору роз'єднувачів

Умова вибору	Розрахункові дані мережі	Каталожні дані	
		Роз'єднувач РВЗ-10/1000	Роз'єднувач РВЗ-10/630
$U_{с.ном} \leq U_{ном}$	$U_{с.ном} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ
$I_{роз} \leq I_{ном}$	$I_{роз} = 149$ А	$I_{ном} = 1000$ А	$I_{ном} = 630$ А
$i_{y\delta} \leq i_{гр.нас}$	$i_{y\delta} = 8,214$ кА	$i_{гр.нас} = 81$ кА	-
	$i_{y\delta} = 6,32$ кА	-	$i_{гр.нас} = 60$ кА
$B_K \leq I_{гр.м.}^2 \cdot t_m$	$B_K = 40$ кА ² ·с	$I_{гр.м.}^2 \cdot t_m = 3200$ кА ² ·с	-
	$B_K = 21,1$ кА ² ·с	-	$I_{гр.м.}^2 \cdot t_m = 3200$ кА ² ·с

Встановлені роз'єднувачі динамічно і термічно стійкі до струмів КЗ.

2.4.3 Перевірка трансформаторів струму

1) по номінальному струму:

$$I_{роз} \leq I_{Iном},$$

де $I_{Iном}$ – номінальний струм первинного кола ТС, А.

$$I_{Iном} = 300 \text{ А}; I_{роз} = 149 \text{ А}.$$

Умова $I_{роз} \leq I_{Iном}$ виконується.

2) на електродинамічну стійкість:

$$i_{y\delta} \leq \sqrt{2} \cdot k_{дин} \cdot I_{Iном},$$

де $k_{дин}$ – кратність електродинамічної стійкості, $k_{дин} = 175$ (табл.5.9 [4])

Умова $i_{y\delta} \leq \sqrt{2} \cdot k_{дин} \cdot I_{Iном}$ виконується.

3) на термічну стійкість:

$$B_K \leq (k_T \cdot I_{Iном})^2 \cdot t_T,$$

де k_T – кратність термічної стійкості, $k_T = 45$, (табл.5.9 [4]);

t_T – граничний час термічної стійкості, с. $t_T = 4$ с. $B_K = 40$ кА²·с .

$$(k_T \cdot I_{Iном})^2 \cdot t_T = (45 \cdot 300)^2 \cdot 4 = 729 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Умова $B_K \leq (k_T \cdot I_{Iном})^2 \cdot t_T$ виконується.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

У таблицю зведемо дані за умовами вибору трансформатора струму ТПЛ-10 300/5 ввідних комірок, трансформаторів струму ТПЛ-10 150/5, встановлених на відходящих приєднаннях вбік ТП-565 і трансформаторів струму ТПЛ-10 100/5, встановлених на відходящих приєднаннях вбік ТП-556, трансформаторів струму ТПЛ-10 200/5.

Таблиця 2.7 – Звідна таблиця по вибору трансформаторів струму

Умова вибору	Розрахункові дані мережі	Каталожні дані	
		Трансформатор струму ТПЛ-10-300/5	Трансформатор струму ТПЛ-10-200/5
$U_{с.ном} \leq U_{ном}$	$U_{с.ном} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ
$I_{роз} \leq I_{ном}$	$I_{роз} = 196$ А	$I_{ном} = 300$ А	-
	$I_{роз} = 120$ А	-	$I_{ном} = 200$ А
	$I_{роз} = 84$ А	-	-
	$I_{роз} = 20$ А	-	-
$i_{уд} \leq \sqrt{2} \cdot k_{дин} \cdot I_{ном}$	$i_{уд} = 16,72$ кА	$\sqrt{2} \cdot k_{дин} \cdot I_{ном} = 74,25$ кА	-
	$i_{уд} = 8,2$ кА	-	$\sqrt{2} \cdot k_{дин} \cdot I_{ном} = 49,5$ кА
	$i_{уд} = 12,7$ кА	-	-
	$i_{уд} = 15,81$ кА	-	-
$B_{к} \leq (k_{Т} \cdot I_{ном})^2 \cdot t_{Т}$	$B_{к} = 40$ кА ² ·с	$(k_{Т} \cdot I_{ном})^2 \cdot t_{Т} = 729$ кА ² ·с	-
	$B_{к} = 33,6$ кА ² ·с	-	$(k_{Т} \cdot I_{ном})^2 \cdot t_{Т} = 135,7$ кА ² ·с
	$B_{к} = 22,1$ кА ² ·с	-	-
	$B_{к} = 27,2$ кА ² ·с	-	-

Умова вибору	Розрахункові дані мережі	Каталожні дані	
		Трансформатор струму ТПЛ-10-150/5	Трансформатор струму ТПЛ-10-100/5
$U_{с.ном} \leq U_{ном}$	$U_{с.ном} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ
$I_{роз} \leq I_{ном}$	$I_{роз} = 196$ А	-	-
	$I_{роз} = 120$ А	-	-
	$I_{роз} = 84$ А	$I_{ном} = 150$ А	-
	$I_{роз} = 20$ А	-	$I_{ном} = 100$ А
$i_{уд} \leq \sqrt{2} \cdot k_{дин} \cdot I_{ном}$	$i_{уд} = 16,72$ кА	-	-
	$i_{уд} = 8,2$ кА	-	-
	$i_{уд} = 12,7$ кА	$\sqrt{2} \cdot k_{дин} \cdot I_{ном} = 37,12$ кА	-
	$i_{уд} = 15,81$ кА	-	$\sqrt{2} \cdot k_{дин} \cdot I_{ном} = 24,75$ кА
$B_{к} \leq (k_{Т} \cdot I_{ном})^2 \cdot t_{Т}$	$B_{к} = 40$ кА ² ·с	-	-
	$B_{к} = 33,6$ кА ² ·с	-	-
	$B_{к} = 22,1$ кА ² ·с	$(k_{Т} \cdot I_{ном})^2 \cdot t_{Т} = 182,25$ кА ² ·с	-
	$B_{к} = 27,2$ кА ² ·с	-	$(k_{Т} \cdot I_{ном})^2 \cdot t_{Т} = 81$ кА ² ·с

Встановлені трансформатори струму задовольняють умовам електродинамічної та термічної стійкості.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

2.4.4 Перевірка ошиновки

1) по електродинамічній стійкості:

$$\sigma_{роз} \leq \sigma_{дон},$$

де $\sigma_{роз}$ – напруження, яке виникає в шині під дією електродинамічних зусиль кг/см²;

$\sigma_{дон}$ – допустиме напруження для даного матеріалу шин на згин, кг/см².

Заздалегідь підраховується частота власних коливань шинної конструкції:

$$f_{ш} = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{m}}, \quad (2.11)$$

де l – довжина прольоту шин (відстань між опорними ізоляторами), м;

E – модуль пружності матеріалу шин, Па. $E = 7 \cdot 10^{10}$ Па [11];

J – момент інерції поперечного перерізу перпендикулярної площини коливань, м⁴;

m – погонна маса шини, кг/м. $m = 0,675$ кг/м (табл.7.2 [4]).

Момент інерції

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{5 \cdot 50^3 \cdot 10^{-12}}{12} = 52,083 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4,$$

де b і h – відповідно товщина і ширина шини, м.

Частота власних коливань:

$$f_{ш} = \frac{3,56}{1,0^2} \cdot \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{10} \cdot 52,083 \cdot 10^{-9}}{0,675}} = 262 \text{ Гц.}$$

При $f_{ш} > 200$ Гц розрахунок виконується на статичне навантаження без врахування коливань при КЗ. В цьому випадку максимальне механічне напруження, яке виникає в шині під дією згинного моменту рівне:

$$\sigma_{роз} = \frac{M}{W}, \quad (2.12)$$

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

де M – найбільший згинний момент під дією рівномірного навантаження, кг·см;

W – момент опору перерізу даної шини, см³. $W = 2,083 \text{ см}^3$ [12].

$$M = \frac{f_{\text{макс}} \cdot l^2}{10}, \quad (2.13)$$

де $f_{\text{макс}}$ – максимальне зусилля, яке діє на 1 см довжини шини середньої фази, кг/см.

$$f_{\text{макс}} = 1,77 \cdot \frac{i_{\text{уд}}^2}{a} \cdot 10^{-2} = 1,77 \cdot \frac{8,889^2}{35} \cdot 10^{-2} = 0,04 \text{ кг/см},$$

де $i_{\text{уд}}$ – ударний струм трифазного КЗ, кА;

a – відстань між фазами по осях, см.

Найбільший згинаючий момент:

$$M = \frac{0,04 \cdot 100^2}{10} = 40 \text{ кг·см}.$$

Напруження, що виникає в шині під дією згинаючого моменту :

$$\sigma_{\text{роз}} = \frac{40}{2,083} = 20 \text{ кг/см}^2,$$

$\sigma_{\text{дон}} = 700 \text{ кг/см}^2$ (табл.10 [12]).

Умова $\sigma_{\text{роз}} \leq \sigma_{\text{дон}}$ виконується.

2) перевірка на термічну стійкість

$$\mathcal{G}_{\text{к.роз.}} \leq \mathcal{G}_{\text{дон}}$$

де $\mathcal{G}_{\text{к.роз.}}$ – кінцева розрахункова температура шин при КЗ, °С;

$\mathcal{G}_{\text{дон.}}$ – короткочасна допустима температура шин, °С, для алюмінію вона становить $\mathcal{G}_{\text{дон.}} = 200 \text{ °С}$ (табл.8 [12]).

Приймаємо, що до к.з. шина мала температуру $\mathcal{G}_{\text{н.}} = 70 \text{ °С}$.

Кінцевий термічний імпульс:

$$A_{\text{к}} = A_{\text{н}} + A_{\text{кз}}, \quad (2.14)$$

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

де A_n – термічний імпульс, відповідає температурі $\vartheta_n = 70^\circ\text{C}$, попереднього прогріву шини, $(\text{A}/\text{мм})^2$. $A_n = 0,5 \cdot 10^4$ (рис.11 [12]);

$A_{кз}$ – термічний імпульс струму КЗ, $(\text{A}/\text{мм})^2 \cdot \text{с}$.

Термічний імпульс стуму КЗ;

$$A_{кз} = \left(\frac{I_\infty}{q} \right)^2 \cdot t_\phi, \quad (2.15)$$

де I_∞ – усталений струм трифазного КЗ, А;

q – переріз шини, мм^2 , $q = 250 \text{ мм}^2$;

t_ϕ – час дії КЗ, с.

$$A_{кз} = \left(\frac{4889}{250} \right)^2 \cdot 0,82 = 0,0314 \cdot 10^4 \left(\frac{\text{A}}{\text{мм}} \right)^2 \cdot \text{с}.$$

Кінцевий термічний імпульс при КЗ:

$$A_k = A_n + A_{кз} = 0,5 \cdot 10^4 + 0,0314 \cdot 10^4 = 0,5314 \cdot 10^4 (\text{A} \cdot \text{мм})^2 \cdot \text{с}.$$

Для знайденого значення A_k по кривій нагріву для алюмінію при КЗ знаходимо $\vartheta_{к.роз.} \approx 85^\circ\text{C}$ (рис.11 [4]). Умова $\vartheta_{к.роз.} \leq \vartheta_{дон}$ виконується. Отже, ошиновка задовольняє умовам електродинамічної і термічної стійкості.

2.4.5 Перевірка ізоляторів

Встановлені ізолятори типу ОФ-10-375 характеризуються допустимим зусиллям:

$$F_{дон} = F_{руї} \cdot 0,6 = 375 \cdot 0,6 = 225 \text{ кг},$$

де $F_{руї}$ – мінімальне руйнівне зусилля при статичному згині, кг.

$$F_{руї} = 375 \text{ кг (табл.5.7 [4]).}$$

Розрахункове зусилля на ізолятор при КЗ:

$$F_{руї} = \sqrt{3} \frac{i_{y0}^2 \cdot l}{a} \cdot 10^{-2} = \sqrt{3} \cdot \frac{8,889^2 \cdot 100}{35} \cdot 10^{-2} = 4 \text{ кг}.$$

Умова $F_{роз} \leq F_{дон}$ виконується, тобто ізолятори динамічно стійкі.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.6 Перевірка кабелів на термічну стійкість

Мінімальний допустимий переріз провідника по умові термічної стійкості при наближених розрахунках визначається як:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{40000}}{100} = 69,8 \text{ мм}^2,$$

де B_K – імпульс квадратичного струму, $A^2 \cdot c$. $B_K = 40000 A^2 \cdot c$;

C – коефіцієнт, для кабелю з алюмінієвими жилами дорівнює 100.

Мінімальний переріз кабелів, які використовуються на РП-22 дорівнює 120 мм^2 . Отже, кабелі термічно стійкі.

2.5 Перевірка високовольтних електричних апаратів, встановлених в ТП

Перевірка проводиться аналогічно перевірці обладнання, яке встановлене в РП-22. Ці перевірки приведені в табл.2.8.

Таблиця 2.8 – Звідна таблиця по вибору вимикачів навантаження

Умова вибору	Розрахункові дані мережі	Каталожні дані вимикача навантаження типу ВНЗ-16
$U_{c.ном} \leq U_{ном}$	$U_{c.ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{роз} \leq I_{ном}$	$I_{роз} = 149 \text{ А}$	$I_{ном} = 200 \text{ А}$
$I'' \leq I_{гр.нас}$	$I'' = 4,8 \text{ кА}$	$I_{гр.нас} = 14,5 \text{ кА}$
$i_{уд} \leq i_{гр.нас}$	$i_{уд} = 8,2 \text{ кА}$	$i_{гр.нас} = 25 \text{ кА}$
$I_{роз} \leq I_{відкл.ном}$	$I_{роз} = 95,3 \text{ А}$	$I_{відкл.ном} = 400 \text{ А}$
$B_K \leq I_{гр.т.}^2 \cdot t_m$	$B_K = 40 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{гр.т.}^2 \cdot t_m = 360 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

У табл.2.8 представлена умова вибору вимикачів навантаження ввідних комірок, через які проходить найбільше навантаження. Вимикачі навантаження на відходящих лініях працюють в набагато легших умовах навантажень. Отже, усі вимикачі навантаження, встановлені в трансформаторних підстанціях, типу ВНЗ-16 задовольняють умовам роботи мережі, електродинамічної і термічній стійкості.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

2.6 Висновки до розділу 2

В даному розділі здійснено розрахунок електричної мережі багатоквартирного будинку, який полягав: розрахунку перетину кабельних ліній електропередачі і виборі кабелів з урахуванням тривало-допустимого струму, допустимої втрати напруги. Вибір електричних апаратів по номінальному струму і номінальній напрузі.

Біля житлового будинку запропоновано до встановлення трансформаторну підстанцію з двома кабельними вводами 10 кВ на один трансформатор потужністю 250 кВА типу К-31-400 М2. Цей тип ТП передбачає можливість встановлення трансформатора потужністю до 400 кВА. Тому у разі збільшення потужності ТП є можливість замінити трансформатор більшої потужності без витрат на реконструкції ТП.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Релейний захист

Розрахунок релейного захисту для відходящої лінії, фідер №9

Розрахункова схема для розрахунку релейного захисту показана на рис.3.1. Захист виконується за схемою неповної зірки на постійному струмі з реле типу РТ-81. Розрахунок наводиться для відходящої лінії, фідер № 9.

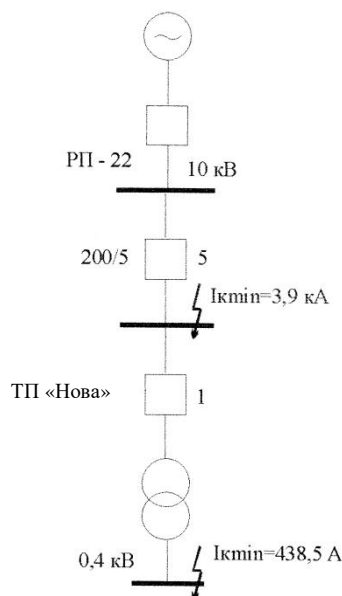


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема

Струм спрацьовування максимального захисту 5:

$$I_{с.з.} \geq \frac{k_n \cdot k_{сзн}}{k_n} \cdot I_{роб.макс.}, \quad (3.1)$$

де k_n – коефіцієнт надійності, що враховує похибку реле і необхідний запас, $k_n = 1,2 \div 1,4$ для реле РТ-81 [13];

k_n – коефіцієнт повернення реле, $k_n = 0,8 \div 0,85$ для реле РТ-81 [13];

$k_{сзн}$ – коефіцієнт самозапуску, $k_{сзн} = 1,24 \div 1,3$ [13];

$I_{роб.макс}$ – максимальний струм елемента, що захищається; $I_{роб.макс} = 150$ А.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Цубера І.М.			3 ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Бабюк С.М.					45	12
Н. Контр.		Вакуленко О.О.				ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-41		
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

$$I_{с.з.} \geq \frac{1,2 \cdot 1,25}{0,8} \cdot 150 = 281,25 \text{ А.}$$

Струм спрацьовування реле:

$$I_{с.р.} = \frac{I_{с.з.} \cdot k_{сх.}^{(3)}}{n_T}, \quad (3.2)$$

де $k_{сх.}$ – коефіцієнт схеми (симетричний режим);

n_T – коефіцієнт трансформації ТС. $n_T = 200 / 5 = 40$.

Тоді:

$$I_{с.р.} = \frac{251,25 \cdot 1}{40} = 7,031 \text{ А.}$$

Найближча більша уставка на реле РТ-81-І дорівнює 7,5 А (табл.П.6. [3]).

При цій уставці струм спрацьовування захисту рівний:

$$I_{с.з.} = \frac{I_{с.р.} \cdot n_T}{k_{сх.}^{(3)}} = \frac{7,5 \cdot 40}{1,0} = 300 \text{ А.}$$

Перевірка чутливості захисту в основній зоні:

$$k_{ч.осн.}^{(2)} = \frac{I_{к.мін}}{I_{с.з.}} \geq 1,5, \quad (3.3)$$

де $I_{к.мін}$ – струм двофазного КЗ в найбільш видаленій точці лінії, що захищається.

Найбільш віддалена точка в нормальному режимі – шини 10 кВ ТП-«Нова», де струм трифазного КЗ $I_{к.} = 3247 \text{ А}$.

$$I_{к.мін} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{к.} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3247 = 3977 \text{ А};$$

$$k_{ч.осн.}^{(2)} = \frac{3977}{300} = 13,3 > 1,5.$$

Перевірка чутливості захисту в зоні резервування, тобто при КЗ на шинах нижчої напруги трансформатора ТП-«Нова», найбільш віддаленої ТП.

$$k_{ч.рез.}^{(2)} = \frac{I_{к.мін}}{I_{с.з.}} \geq 1,2, \quad (3.4)$$

де $I_{к.мін}$ – струм двофазного КЗ на шинах 0.4 кВ ТП-«Нова».

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$I_{к.мін} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{к} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 358 = 438,5 \text{ А};$$

$$k_{ч.осн.}^{(2)} = \frac{438,5}{300} = 1,5 > 1,2.$$

Захист чутливий в зоні резервування.

Далі підбирається характеристика 2 максимальний захист лінії (реле РТ-81). На карті селективності (рис.3.2) будується розрахункова ампер-секундна характеристика 1 плавких запобіжників ПКТ-10-31,5 (номінальний струм 31,5 А) (П. 11 [13]), по наступних точках:

$I, \text{ А}$	200	300	400	500	600	700
$t, \text{ с.}$	0,4	0,1	0,07	0,04	0,02	0,015

Зсуваєм типову характеристику I' управо на 20% для врахування неточності роботи запобіжника, тобто будуємо розрахункову характеристику 1 по наступних точках:

$I, \text{ А}$	240	360	480	600	720	840
$t, \text{ с.}$	0,4	0,1	0,07	0,04	0,02	0,015

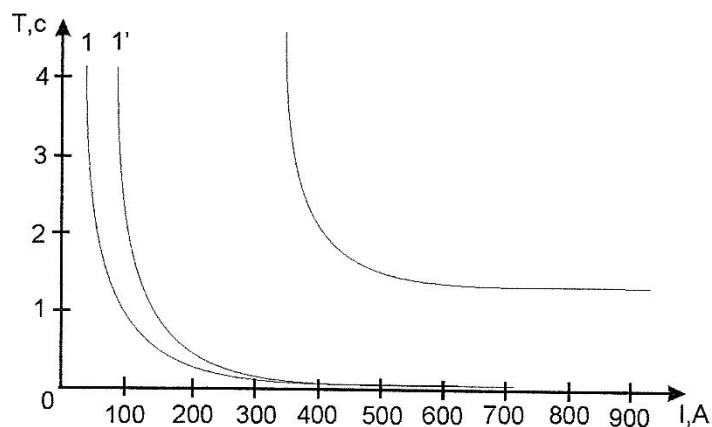


Рисунок 3.2 – Карта селективності

Характеристика часу спрацьовування захисту 5 повинна відповідати наступним вимогам:

- 1) струм спрацьовування захисту 5 має бути не менше чим на 10 % більше струму плавкої вставки при часі плавлення, $t_{пл} = 5 \text{ с}$, який рівний 120

А. Тому струм спрацьовування захисту має бути вибраний не менше ніж $1,1 \cdot 120 = 132$ А. Вибраний раніше струм відповідає цій умові.

2) повинен забезпечуватися ступінь селективності $\Delta t = 0,5 \div 0,7$ с. між характеристиками захисту 5 і запобіжником 1 в усьому діапазоні можливих КЗ. Приймаємо ступінь селективності $\Delta t = 0,5$ с.

Виходячи з типової односекундної характеристики реле РТ-81 (рис.П. 1 [13]), знайдемо кілька точок необхідної характеристики з $t_{c.з} = 0,5$ с. в незалежній частині, а після того виконаємо перерахунок абсциси знайдених точок по вибраному струму спрацьовування захисту згідно виразу (3.5).

$$I_k = \frac{k \cdot I_{c.з.}}{100}, \quad (3.5)$$

де k – кратність $I_p / I_{c.p}$ %, визначаємо за типовою характеристикою;

$I_{c.з}$ – струм спрацьовування захисту, А.

Таблиця 3.1 – Дані для побудови характеристики спрацьовування реле

$k, \%$	160	140	130	120	110
$t_{c.з}, \text{с.}$	2,4	2,6	4,1	5	5,8
$I_k, \text{А}$	480	420	390	360	330

З рис.3.2 видно, що при усіх струмах КЗ вибрані характеристики повністю забезпечують селективність дії захисних пристроїв.

Перевірка допустимості вибраного часу спрацьовування максимального струмового захисту 5 по умові термічної стійкості кабельної лінії:

$$S_{\min} = \frac{I_k}{C} \cdot \sqrt{t_{\text{відкл}}}, \quad (3.6)$$

де S_{\min} – мінімальний допустимий переріз проводу, мм²;

I_k – струм трифазного короткого замикання на початку лінії, що захищається;

C – стала, яка залежить від матеріалу проводу, його початкової і кінцевої температури. Для кабелів 10 кВт з алюмінієвими жилами $C = 91$ ([13] с. 53);

$t_{\text{відкл.}}$ – час від початку КЗ до його відключення, обчислюється за виразом:

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$t_{\text{відкл}} = t_{\text{с.з.}} + t_{\text{в.в.}}, \quad (3.7)$$

де $t_{\text{с.з.}}$ і $t_{\text{в.в.}}$ – час спрацювання захисту, та час відімкнення вимикача, с .

$$t_{\text{відкл}} = t_{\text{с.з.}} + t_{\text{в.в.}} = 0,5 + 0,1 = 0,6 \text{ с};$$

$$S_{\text{мін}} = \frac{I_{\text{к}}}{C} \cdot \sqrt{t_{\text{відкл}}} = \frac{4890}{91} \cdot \sqrt{0,6} = 41,6 \text{ мм}^2.$$

Переріз кабелю 120 мм² значно більший ніж мінімально допустимий, отже, вибраний раніше час спрацювання захисту 5 може повністю задовільняє умовам вибору.

Виконується розрахункова перевірка трансформаторів струму захисту:

а) перевірка на 10 % похибку

Граничну кратність знаходимо за виразом:

$$k_{10} = \frac{I_{1\text{роз.}}}{I_{1\text{ном.ТС}}}, \quad (3.8)$$

де $I_{1\text{роз}}$ – значення первинного розрахункового струму, при якому забезпечується робота ТС з похибкою, яка не перевищує 10%, для максимального струмового захисту із залежною характеристикою $I_{1\text{роз}} = 1,1 \cdot 1350 = 1485 \text{ А}$, де 1350 А – значення струму, що відповідає початку незалежної частини характеристики захисту 5;

$I_{1\text{ном.ТС}}$ – первинний номінальний струм трансформатора струму.

$$k_{10} = \frac{I_{1\text{роз.}}}{I_{1\text{ном.ТС}}} = \frac{1485}{200} = 7,4.$$

По рис.3.3 визначаємо допустиме значення опору навантаження, $Z_{\text{н.дон}} = 0,9 \text{ Ом}$.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

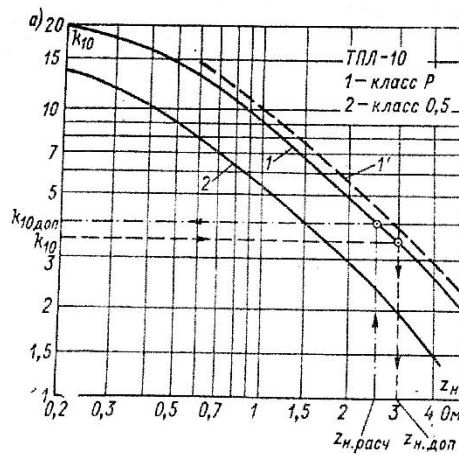


Рисунок 3.3 – Крива граничних кратностей

Найбільше фактичне розрахункове навантаження трансформатора струму для схеми неповної зірки :

$$z_{н.роз} = 2 \cdot r_{np} + z_p + r_{пер} , \quad (3.9)$$

де r_{np} – опір сполучних проводів;

z_p – повний опір реле;

$r_{пер}$ – перехідний опір, $r_{пер} = 0,1$ Ом.

$$r_{np} = \frac{l}{\gamma \cdot s} , \quad (3.10)$$

де l – довжина проводу (кабелю) від ТС до реле, $l = 10$ м ;

s – переріз проводу; $s = 4$ мм² ;

γ – питома провідність, для міді $\gamma = 57$ м / (Ом·мм²) .

$$r_{np} = \frac{l}{\gamma \cdot s} = \frac{10}{57 \cdot 4} = 0,044 \text{ Ом};$$

$$z_p = \frac{S}{I^2} , \quad (3.11)$$

де S –потужність, що споживається ТС, ВА ;

I – струм, при якому задана споживана потужність, А.

$$z_p = \frac{S}{I^2} = \frac{10}{7,5^2} = 0,178 \text{ Ом};$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ

Арк.

50

$$z_{н.роз.} = 2 \cdot r_{пр} + z_p + r_{пер} = 2 \cdot 0,044 + 0,178 + 0,1 = 0,365 \text{ Ом.}$$

Фактичне розрахункове значення опору навантаження (0,365 Ом) менше за допустиме (0,9 Ом), отже, похибка трансформаторів струму менше 10 %.

б) Визначення похибки трансформаторів струму при максимальному струмі КЗ на початку лінії, що захищається.

По кривій граничної кратності (рис.3.3) визначається допустима гранична кратність $k_{10\text{доп}} = 17$, відповідно $z_{н.роз} = 0,365 \text{ Ом}$. Максимальна кратність струму КЗ $k_{\text{макс}} = 4890 / 200 = 24,5$.

Визначимо значення узагальненого коефіцієнта А:

$$A = \frac{k_{\text{макс}}}{k_{10\text{доп}}} = \frac{24,5}{17} = 1,4,$$

чому відповідає значення похибки 20% (рис.2.9), тобто значно менше за допустиму 50 % (табл.1.3 [13]).

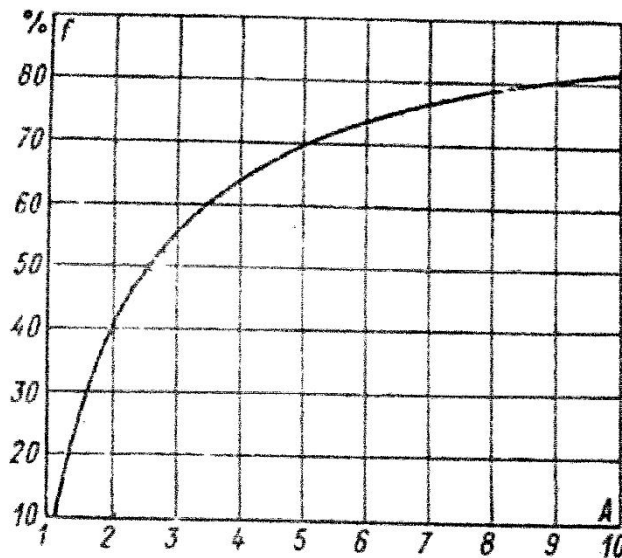


Рисунок 3.4 – Залежність $f = \psi(A)$ для визначення струмових похибок трансформаторів струму більше 10%

в) Розрахунок максимального значення напруги на затискачах вторинної обвитки ТС визначимо згідно виразу:

$$U_{2\text{макс}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{макс}} \cdot I_{2\text{ном}} \cdot z_{н.роз}, \quad (3.12)$$

де $k_{\text{макс}}$ – максимальна кратність струму під час к.з. на початку ділянки;

$I_{2\text{ном}}$ – номінальне значення вторинного струму ТС;

$z_{\text{н.роз}}$ – фактичне навантаження ТС.

$$U_{2\text{макс}} = \sqrt{2} \cdot 24,5 \cdot 5 \cdot 0,365 = 63,19 \text{ В.}$$

Це значення значно менше, ніж допускається (1400 В). Таким чином, трансформатори струму задовольняють усім сучасним вимогам.

3.2 Автоматизована система контролю, обліку і управління електроспоживанням

У електроенергетиці України сьогодні діє близько 250 районів електричних мереж (РЕМ) що є виробничими підрозділами підприємств електричних мереж (ПЕМ) і обслуговуючих розподільчі електричні мережі 0,38-10 кВ. З метою підвищення ефективності роботи цих мереж, надійності, якості і економічності електропостачання споживачів останніми роками у рамках створення інтегрованих автоматизованих систем управління ПЕМ почалося впровадження комплексів телемеханіки і обчислювальної техніки на нижніх рівнях управління - в районах електричних мереж.

Сьогодні в експлуатації енергопідприємств в основному знаходяться системи АСКОЕ, ідеологія яких була розроблена ще в 70-і роки і була орієнтована на існуючі у той час методики організації збору даних за радіальним принципом з перетворенням імпульсів лічильників в іменовані величини в спеціально розроблених для цих цілях пристроїв збору даних (ПЗД).

Система працює таким чином: пропорційно навантажений датчик видає число імпульсів, які поступають в пристрій збору і передачі даних. Кожен датчик пов'язаний з ПЗД окремим каналом, а адреса лічильника визначається номером каналу. Кожен лічильник, залежно від типу, має свою так звану постійну імпульсів, яка визначає кількість імпульсів за 1 кВт година. Якщо лічильник підключений побічно, тобто через вимірювальні трансформатори

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

струму і напруги, то покази лічильника множаться на коефіцієнти трансформації.

На рис.3.5 не показані силові кола і схема включення приладів обліку. Кожен канал програмується на пульті ПЗД для кожного електролічильника, тобто заноситься інформація про постійну імпульсів, початкові покази, номер приєднання (фідера), коефіцієнти трансформації вимірювальних трансформаторів. На виході ПЗД формується вектор даних про усі прилади обліку. Тут інформація про витрату електроенергії представлена не у вигляді імпульсів, а в кВт·год., тобто перерахунок постійної імпульсів в кВт·год., їх множення на коефіцієнти трансформації.

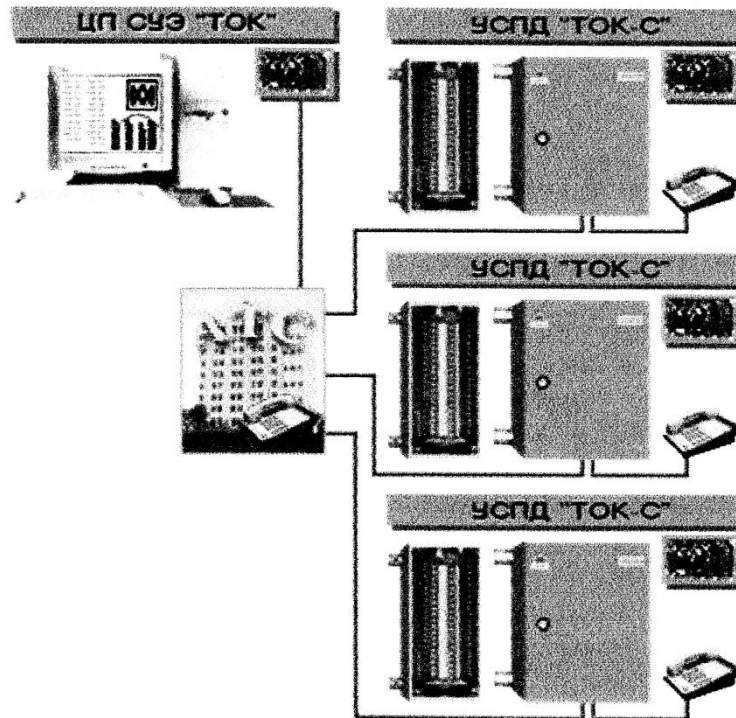


Рисунок 3.5 – Схема побудови АСКОЕ

З'єднання реалізується з використанням вбудовуваних модулів зв'язку АМР4.00.00, встановлюваних в комп'ютер центрального пункту і які опрацьовуються ПЗПД.

Для реалізації аналогічного з'єднання можуть бути використані НАУЕС сумісні модеми, але для виключення проблем невисокої надійності таких

з'єднань в специфічних умовах вітчизняних каналів зв'язку, рекомендується використання модулів АМР4.00.00.

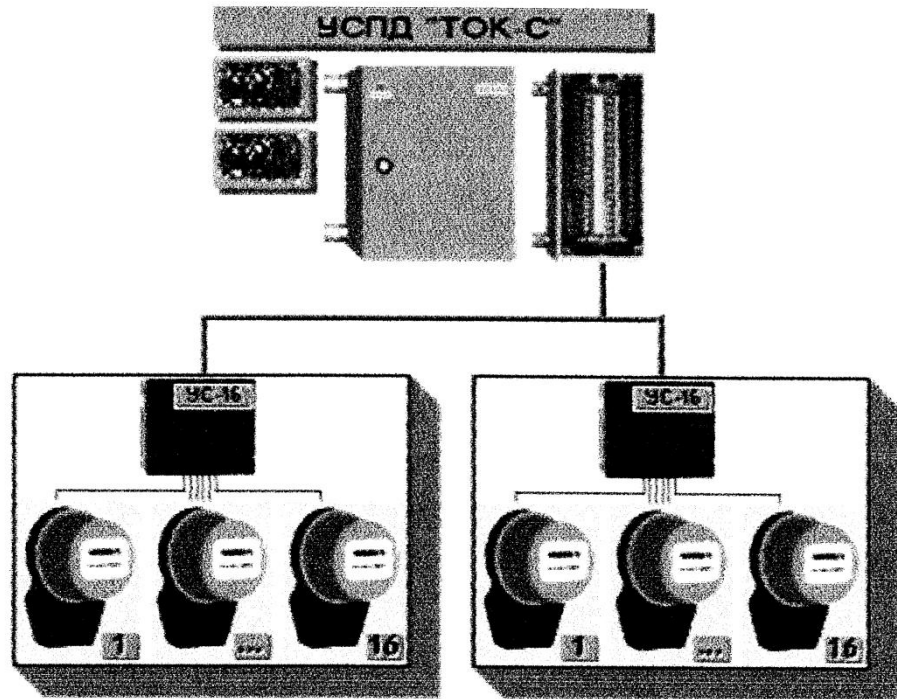


Рисунок 3.6 – Схема побудови ПЗПД "ТОК-С"

Віддалене підключення призначене для включення до складу системи лічильників електричної енергії оснащених імпульсним (телеметричним) виходом. Підключення здійснюється через пристрої підключення віддалених лічильників "УС-16". Підключення лічильників до пристроїв "УС-16" виконується по двопровідній лінії завдовжки до 3-х кілометрів. Зв'язок пристроїв "УС-16" з ПЗПД "ТОК-С" здійснюється по двопровідній лінії завдовжки до 15 кілометрів.

Віддалене підключення дозволяє використати в системі лічильники, що знаходяться на значній відстані від ПЗПД5 при скороченні витрати кабельної продукції.

Забезпечується підключення наступних типів лічильників : СА3, СА3У, СА4, СА4У, СР4, СР4У з вбудованими датчиками типів Е440, Е440Л, Е87Q, УЩ, Ж7-АП1 або аналогічні за параметрами. Крім того, можливе підключення

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

електронних лічильників типів Ф443АР, Ф443А, ЦЭ6803, Ф68700, ЦЭ6801, ЦЭ6001-1, ЦЭ6823, ЦЭ6850, ИАЛЬФА+І, "Євро АЛЬФ А".

Лічильники підключаються до пристрою "УС-16". Кожен пристрій забезпечує підключення до 16 імпульсних виходів лічильників. (Пристрій "УС-16" може бути замінене на Е441, Е441М, Е443М1.)

Підключення пристрою "УС-16" до ПЗПД "ТОК-С" здійснюється з використанням модуля АМР1.53.00. Кожен модуль, встановлений в ПЗПД, забезпечує підключення до 8 пристроїв "УС-16".

В основу проектованої системи АСКОЕ мають бути закладені наступні принципи:

- початковою інформацією для системи повинні служити дані, які отримуються від лічильників обліку електроенергії;
- система повинна створюватися як комерційна, яка використовує для розрахункового і технічного обліку одні і ті ж комплекси технічних засобів;
- збір, первинна обробка, зберігання і видача в систему інформації про електроенергію і потужність повинна здійснюватися з допомогою метрологічно атестованих і захищених від несанкціонованого доступу спеціалізованих інформаційно-вимірвальних систем або пристроїв збору і передачі даних;
- інформація про електроенергію і потужність, що утворюється на об'єктах і циркулююча в АСКОЕ, має бути прив'язана до астрономічного часу;
- система збору і передачі інформації АСКОЕ по можливості повинна використати існуючу систему збору і передачі інформації АСДУ РЕМ.

3.3 Висновки до розділу 3

В даному розділі проведено розрхунок струмів короткого замикання. Складено розрахункову схему та схему заміщення для розрахунку релейного

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

захисту. Захист виконується за схемою неповної зірки на постійному струмі з реле типу РТ-81. Розрахунок захисту проведено для відходящої лінії, фідер № 9.

Відповідно до отриманих розрахунків побудовано карту селективності дії захисту.

Запропоновано для встановлення автоматизовану систему комерційного обліку електричної енергії. Дана система встановлюється з метою підвищення ефективності роботи цих мереж, надійності, якості і економічності електропостачання споживачів. Дана система працює наступним чином: для кожної квартири встановлено однофазний лічильник які запрограмована на передачу даних в певний визначений час або за запитом диспетчера. Дані з лічильника через пристрій збору даних передається на конвертор який перетворює інформацію в доступну для передачі. Після цього з конвертера вона передається на модем даного будинку а потім по системі бездротової передачі на модем диспетчерського пункту. Після цього дані отримані через модем обробляються на комп'ютері в спеціальному програмному забезпеченні і виводять на екран або при потребі на пристрої друку. Дана інформація може зберігатися на жорсткому диску комп'ютера необмежений термін. Також для загально будинкового обліку встановлений трифазний лічильник який також підключений до системи АСКОЕ.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Основні причини ураження людини електричним струмом

До основних причин ураження електричним струмом відносять:

- а) випадкове доторкання або приближення на небезпечну відстань до частин електрообладнання, що знаходяться під напругою;
- б) виникнення напруги на металічних конструктивних частинах електрообладнання - корпусах, кожухах, в результаті пошкодження ізоляції чи інших причин;
- в) виникнення напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, внаслідок випадкового включення установки;
- г) виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання провідника на землю.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом являються: забезпечення недоступності частин електрообладнання, що знаходяться під напругою, від випадкового до нього доторкання; захисне розділення кола; усунення небезпеки ураження електричним струмом при виникненні напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електрообладнання, що досягається завдяки використанню малих напруг та подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням, використанню спеціальних захисних пристроїв - переносних приладів і засобів; організація безпечної експлуатації електрообладнання.

Захисне розділення кола. В розкиданих електричних колах або з великою протяжністю навіть справна ізоляція може мати досить маленький опір, а ємність провідників відносно землі - велику величину. Ці обставини

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Цубера І.М.			4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Бабюк С.М.					57	6
Консультант		Гурик О.Я.				ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О.О.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

можуть становити велику небезпеку, так як в таких колах до 1000 В із ізольованою нейтраллю втрачається захисна функція ізоляції провідників і виникає небезпека ураження людини електричним струмом у випадку її доторкання до провідника електричного кола або до іншого предмету, що знаходився під фазною напругою. Цей недолік електричного кола може бути усунений шляхом захисного розділення кола, тобто розділення досить протяжних гілок електричного кола на декілька менш протяжних і електрично між собою не з'єднаних. Розділення виконують за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів. В результаті такого розділення ізольовані ділянки електричного кола мають великий опір ізоляції та малу ємність провідників відносно землі, завдяки чому можна покращити умови безпеки загалом.

4.2 Захисне заземлення та занулення

Захисне заземлення - спеціальне з'єднання із землею металевих частин обладнання, що не знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції електрообладнання.

Основна мета захисного заземлення - усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при виникненні напруги на конструктивних частинах електрообладнання тобто при "замиканні на корпус".

Принцип роботи захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруг доторкнення та кроку, зумовлених "замиканням на корпус". Це досягається зменшенням потенціалу заземленого обладнання, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підйому потенціалу основи, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького по величині до потенціалу заземленого обладнання.

Застосовують захисне заземлення у трифазних колах з напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю і більше 1000 В з любым режимом нейтралі.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заземлюючим пристроєм називають сукупність заземлювача – металевих провідників, що мають електричний зв'язок із землею, і заземляючих провідників, що з'єднують заземлені частини електрообладнання із заземлювачем. Відрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносні та контурні.

Виносний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його заземлювач поміщений за територію де розміщено заземлююче обладнання, або заземлювач розташовують на невеликій частині цієї території. Недоліком виносного заземляючого пристрою являється віддалення заземлювача від заземляючого електрообладнання, внаслідок чого коефіцієнт $a=1$. Тому такий тип заземлення застосовують при малих струмах замикання на землю і частково в установках до 1000 В, де потенціал заземлювача не перевищує допустимої напруги доторкування. Перевагою являється те, що можна вибрати місце розміщення електродів із найменшим опором ґрунту.

Контурний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його одиночні заземлювачі розміщуються по контуру або периметру території, на якій знаходиться заземляюче обладнання, або розподіляються по всій території рівномірно. При контурному заземленні забезпечується вирівнювання потенціала на території до такої величини, щоб максимальне значення напруг доторкання та кроку не перевищували допустимих. Це досягається шляхом відповідного розміщення одиночних заземлювачів. Всередині приміщення вирівнювання потенціалу відбувається природнім шляхом через металічні конструкції, трубопроводи, кабелі і інші струмопровідні елементи, що зв'язані із колом заземлення.

Розрізняють штучні заземлювачі, що використовують виключно для заземлення та природні - металічні предмети для іншого призначення, що знаходяться в землі. Для штучного заземлення використовують зазвичай вертикальні і горизонтальні електроди. В якості вертикальних електродів використовують металічні труби діаметром 3-5 см і металічні кутники розміром від 40x40 до 60x60 мм і довжиною 2,5-3 м. В останні роки

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

всечастіше почали використовувати металічні пруту 10-12 мм і довжиною до 10м. Для зв'язку вертикальних електродів і в якості горизонтального електрода використовують полосну сталь січенням не менше 4x12 мм або сталь круглого січення діаметром не менше 6 мм. Для розміщення вертикальних заземлювачів риють траншею глибиною 0,7 - 0,8 м, після чого за допомогою механізмів забивають труби або кутники.

В якості природних заземлювачів можна використовувати проложені в землі водопровідні труби і інші металічні трубопроводи, за виключенням труб, що проводять горючі суміші, газ, а також не можна використовувати в якості природних заземлювачів трубопроводи, що покриті ізоляцією для захисту від корозії. Також використовують металічні конструкції і арматуру залізобетонних конструкцій будинків, що мають з'єднання із землею; свинцеві оболонки кабелів, що проходять під землею.

Відповідно до ПУЕ, опір захисного заземлення в любу пору року не повинно перевищувати 4 Ом в установках із напругою до 1000 В, але якщо потужність джерела струму (генератора або трансформатора) менше 100 кВ·А тоді опір заземлення допускається 10 Ом. Для установок із напругою вище 1000 В та з великими струмами замикання на землю (більше 500 А) опір заземлення не повинен перевищувати 0,5 Ом. Не більше 10 Ом опір заземлення повинен бути для установок більше 1000 В із малими струмами замикання на землю і без компенсації ємнісних струмів; якщо заземлююче обладнання одночасно використовується для електроустановок напругою до 1000 В, то опір заземлення не повинен перевищувати $125/I_3$, але не більше 10 Ом (або 4 Ом, якщо це вимагається для установок до 1000 В).

Захисне заземлення необхідне при експлуатації обладнання, яке може опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції самого електрообладнання. При цьому в приміщеннях із підвищеною небезпекою або заземлення являється обов'язковою умовою при номінальній напрузі електрообладнання вище 36 В змінного і ПО В постійного струму, а в приміщеннях без підвищеної небезпеки - при напрузі 500 В і вище. Тільки у

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибухонебезпечних приміщеннях заземлення використовують незалежно від величини напруги. Отже, за допомогою захисного заземлення можна уникнути небезпеки ураження людини електричним струмом при виникненні напруги на конструктивних частинах електрообладнання тобто при "замиканні на корпус".

Занулення

Зануленням називають приєднання до не однократного заземленого нульового проводу живлячих кола корпусів і інших конструктивних сталевих елементів електрообладнання, які у звичайних умовах не знаходяться під напругою, але внаслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під напругою. Принципова схема заземлення показана на рис 4.1. Основна функція занулення така ж як у захисного заземлення: унеможливлення небезпеки ураження людей струмом при пробі на корпус. Вирішується така задача автоматичним відключенням пошкодженого обладнання від кола живлення.

Принцип дії занулення - перетворити пробій на корпус в однофазне коротке замикання, тобто замикання між фазним і нульовим проводами, із метою створення великого по величині струму, що зможе забезпечити ввімкнення захисту і тим самим відключити обладнання від кола живлення. До такого захисту можна віднести: плавкі вставки чи автоматичні вимикачі, що ставлять перед користувачами електричної енергії для захисту від струмів короткого замикання. Швидкість відключення пошкодженого обладнання, тобто час з моменту виникнення напруги на корпусі до моменту відключення установки від кола живлення, складає 5-7 с при захисті обладнання плавкими вставками і 1-2 с при захисті автоматами. Область застосування занулення до 1000 В із глухозаземленою нейтраллю. Зазвичай це кола напругою 380/220 і 220/127 В.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

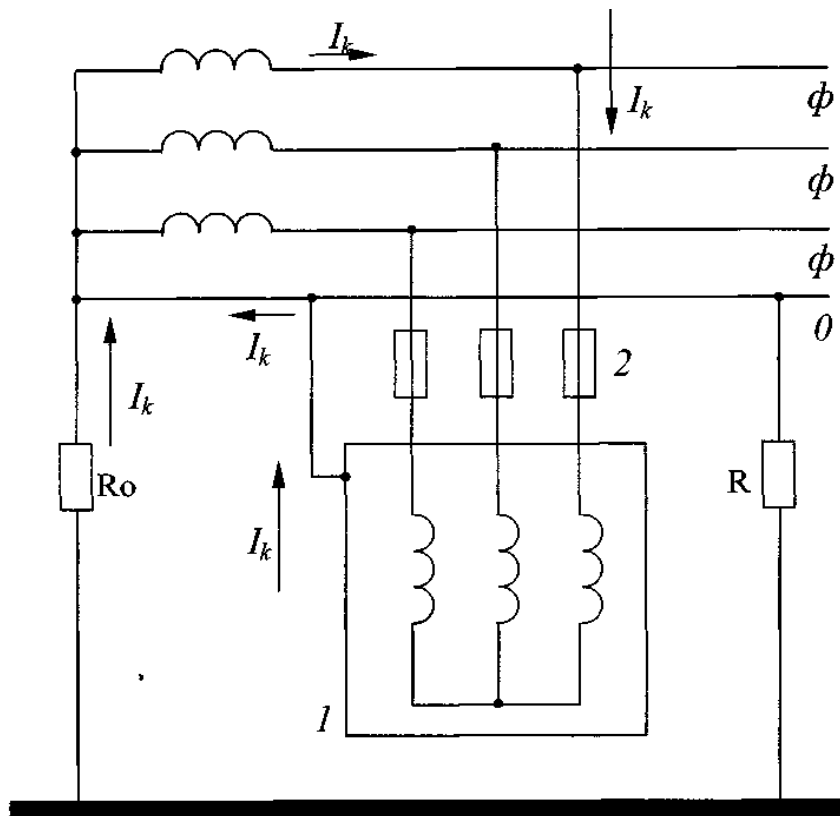


Рисунок 4.1 Принципова схема занулення

1 - корпус; 2 - апарати захисту від струмів короткого замикання; R_0 - опір заземлення нейтралі джерела струму; R - опір повторного заземлення нульового проводу; I_k - струм короткого замикання

На рис 4.1 можна побачити, що схема занулення потребує нульового проводу, заземлення нейтралі джерела струму і повторного заземлення нульового проводу, який створює струм короткого замикання схеми з малим опором, щоб цей струм був достатнім для швидкого спрацювання захисту, тобто моментального відключення пошкодженого обладнання від живлення.

Відповідно до вимог ПУЕ нульовий провід повинен мати провідність не менше половини провідності фазного проводу. У такому випадку струм короткого замикання буде достатнім для швидкого відключення пошкодженої електроустановки, що у свою чергу дозволить зменшити можливість ураження людини електричним струмом при пробії на корпус.

Занулення виконують обов'язково для електричних кіл із напругою 380/220 В.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра проведено аналіз схем електропостачання району, та запропоновано заживити будинок від новозбудованої підстанції оскільки таке рішення є більш вигідним з економічної точки зору. Також для покращення обліку було запропоновано встановити система АСКОЕ яка дає можливість автоматично передавати дані про споживання електроенергії на диспетчерські пункти..

Щоб заживити даний будинок розглядалося 2 варіанти. Ці варіанти показані на листі 3. Варіант 1: електропостачання будинку здійснюємо від ТП-705, від якої прокладаємо в землі дві кабельні лінії 0,4 кВ з реконструкцією розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП-705; Варіант 2: біля житлового будинку будуємо трансформаторну підстанцію, яку живимо по двох кабелях 10 кВ від ТП-705. Від нової ТП виконуємо живлення житлового будинку двома кабельними лініями 0,4 кВ.

Більш економічно доцільним виявилось побудувати біля житлового будинку трансформаторну підстанцію з двома кабельними вводами 10 кВ на один трансформатор потужністю 250 кВ·А типу К-31-400 М2. Цей тип ТП передбачає можливість установки трансформатора потужністю до 400 кВ·А. Тому у разі збільшення потужності ТП є можливість замінити трансформатор більшої потужності без витрат на реконструкції ТП.

Здійснено розробку розрахункової схеми та схеми заміщення для розрахунку струмів КЗ а в таблицях представлені дані струмів трифазного КЗ, ударного струму в розрахункових точка, а також значення опорів в розрахункових точках. На основі даних розрахунків було проведено вибір комутуючої апаратури по електродинамічній стійкості а також шино проводів та кабелів.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Цубера І.М.						
Керівник		Бабюк С.М.					63	2
						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О.О.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

Представлено однолінійна схема ПС 10/0,4 кВ. Живлення даної підстанції здійснюється від ТП 705 по двох кабельних лініях. Встановлений силовий трансформатор ТМ 250/10 живиться від шин 10 кВ. Після трансформатора живлення подається на шини 0,4 кВ від яких розподіляється живлення по під'їздах будинку. На стороні 0,4 кВ на підходящих лініях для захисту встановлені запобіжники марки ПН250 та рубильники РПС. На ввідній лінії встановлений автоматичний вимикач АВМ-10. Також на ввідній лінії встановлений трансформатор струму ТК-20.

Запропоновано для встановлення автоматизовану систему комерційного обліку електричної енергії. Дана система встановлюється з метою підвищення ефективності роботи цих мереж, надійності, якості і економічності електропостачання споживачів. Дана система працює наступним чином: для кожної квартири встановлено однофазний лічильник які запрограмована на передачу даних в певний визначений час або за запитом диспетчера. Дані з лічильника через пристрій збору даних передається на конвертор який перетворює інформацію в доступну для передачі. Після цього з конвертера вона передається на модем даного будинку а потім по системі бездротової передачі на модем диспетчерського пункту. Після цього дані отримані через модем обробляються на комп'ютері в спеціальному програмному забезпеченні і виводять на екран або при потребі на пристрої друку. Дана інформація може зберігатися на жорсткому диску комп'ютера необмежений термін. Також для загально будинкового обліку встановлений трифазний лічильник який також підключений до системи АСКОЕ.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов. Под ред. В.М. Блок. - М: Высшая школа, 1990.-384с.
2. Кузнецов В.С. Электроснабжение и электроосвещение городов. - Минск, Вышэйшая школа. 1989. - 136с.
3. Правила устройства электроустановок. - М: Энергоатомиздат, 1986. - 648с.
4. Крючков ИЛ, Кувшинский Н.Н., Неклепаев БИ Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Под ред. Б.Н. Неклепаева. - М.: Энергия, 1978. - 456с.
5. Козлов В.А., Билик НИ., Файбисович Д. О. Справочник по проектированию электроснабжения городов. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986.-256с.
6. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию, Том2 электрооборудование. Под ред. А. А. Федорова. - М: Энергоатомиздат, 1987. - 592с.
7. Федоров А.А., Старков Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. - М: Энергоатомиздат, 1987. - 368с.
8. Федосенко Р.Я. Надежность кабельных линий 6-10 кВ. - М.: Энергия, 1972.
9. Трост Л.Е, Баринов В.М. Влияние повышенного напряжения на срок службы кабелей, переведенных с 6 на 10 кВ. - Электрические станции, №2, 1980.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Цубера І.М.						
Керівник		Бабюк С.М.					65	2
						ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О.О.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

10. Беляева Е.Н. Как рассчитать ток короткого замыкания. - М: Энергоатомиздат, 1983. - 136.
11. Рущкий А. И. Электрические станции и подстанции. - Минск. Изд. Наука и техника, 1967. - 520с.
12. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. - Л.: Энергия, 1972. - 176с.
13. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 145с.
14. Королев Е.П., Либерзон Э.М. Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты. - М.: Энергия, 1980. - 208с.
15. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. - 296с.
16. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
17. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.
18. ДНАОП 0.00-2.32-2001 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

					КРБ 19-064.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		