

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

**ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ:**

**методичні вказівки до виконання
практичних робіт**

Запоріжжя 2026

mip metinvest
polytechnic

УДК 621.311.1:658.26 (072)

E50

*Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 6 від «27» березня 2026 р.)*

Укладач

Шрамко Ю.Ю. канд. техн. наук, викладач циклової комісії з гірництва та електроінженерії

Мірошніченко С.О., викладач циклової комісії з гірництва та електроінженерії

E50 Елементи систем електропостачання підприємств : методичні вказівки до виконання практичних робіт / уклад. Ю. Ю. Шрамко, С.О. Мірошніченко, Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026. 32 с.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Елементи систем електропостачання підприємств» призначені для здобувачів освітньо-професійного ступеня фахового молодшого бакалавра за освітню програмою «Монтаж, експлуатація та ремонт електромеханічного обладнання та обладнання систем електропостачання у ГМК» спеціальності G3 «Електрична інженерія»

Методичні вказівки містить основні теоретичні відомості, порядок виконання та оформлення практичних робіт, приклади розрахунків, завдання для індивідуальної роботи, питання для самоперевірки та критерії оцінювання результатів.

Метою методичних вказівок є формування у здобувачів освіти знань і практичних навичок з аналізу, проєктування, експлуатації та технічного обслуговування елементів систем електропостачання промислових підприємств.

Викладений матеріал сприяє засвоєнню принципів побудови розподільчих мереж, вибору електрообладнання, забезпечення надійності та якості електроенергії, а також підготовці до виконання курсових і дипломних проєктів за фахом.

Методичні вказівки можуть бути використані під час аудиторних занять, самостійної та індивідуальної роботи студентів, а також при навчанні за дуальною формою освіти.

УДК 621.311.1:658.26 (072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026

ЗМІСТ

ПР №1. Дослідження конструкції та параметрів комплектних трансформаторних підстанцій 6(10)/0,4 кВ.	4
1.1. Основні теоретичні відомості.....	5
1.2 Програма роботи.....	11
1.3. Завдання та вихідні данні.	12
1.4. Критерії оцінювання.	13
1.5. Питання для самоперевірки.....	14
1.6. Перелік рекомендованої літератури.....	14
ПР №2. Дослідження конструктивних особливостей обладнання систем розподілу електричної енергії в мережах 0,4 кВ.....	15
2.1. Основі теоретичні відомості.....	15
2.2 Програма роботи.....	18
2.3. Завдання та вихідні данні.	19
2.4. Критерії оцінювання.....	21
2.5. Питання для перевірки.....	22
2.6. Перелік рекомендованої літератури.....	22
ПР №3. Системи каналізації електричної енергії в розподільчих мережах напругою до 1 кВ промислових підприємств.....	23
3.1. Основі теоретичні відомості.....	23
3.2 Програма роботи.....	26
3.3. Завдання та вихідні данні.	27
3.4. Критерії оцінювання.....	30
3.5. Питання для перевірки.....	31
3.6. Перелік рекомендованої літератури.....	32

ВСТУП

Сучасні промислові підприємства характеризуються високим рівнем електрифікації технологічних процесів, що зумовлює зростання вимог до надійності, ефективності та безпеки систем електропостачання. Від правильності побудови, монтажу, експлуатації та обслуговування елементів систем електропостачання залежить безперервність виробничого процесу, якість електроенергії та енергетична ефективність підприємства.

Дисципліна «Елементи систем електропостачання підприємств» є складовою фахової підготовки здобувачів освітньо-професійного ступеня фахового молодшого бакалавра за освітню програмою «Монтаж, експлуатація та ремонт електромеханічного обладнання та обладнання систем електропостачання у ГМК» спеціальності G3 «Електрична інженерія»

Вона забезпечує формування у студентів знань про принципи побудови, призначення, конструкцію, параметри та особливості роботи основних елементів систем електропостачання: ліній електропередач, трансформаторних підстанцій, розподільчих пристроїв, комутаційної та захисної апаратури, а також систем заземлення та компенсації реактивної потужності.

Практичні роботи, передбачені навчальною програмою, спрямовані на закріплення теоретичних знань, набуття навичок розрахунку, вибору та аналізу елементів систем електропостачання промислових підприємств. Виконання практичних завдань сприяє розвитку професійного мислення, умінню застосовувати сучасні нормативні документи, технічні каталоги, програмні засоби та методики розрахунків у реальних виробничих умовах.

Методичні вказівки містять короткі теоретичні відомості, програму виконання робіт, приклади розрахунків, індивідуальні завдання, запитання для самоперевірки та критерії оцінювання. Їх структура забезпечує можливість самостійного засвоєння матеріалу як у процесі аудиторних занять, так і при навчанні за дуальною формою освіти.

Метою виконання практичних робіт є формування у здобувачів освіти компетентностей, необхідних для професійної діяльності в галузі електропостачання промислових підприємств, зокрема:

- здатності аналізувати схеми та режими роботи систем електропостачання;
- уміння обґрунтовано вибирати електрообладнання за технічними та економічними критеріями;
- навичок використання сучасних засобів вимірювання, контролю та діагностики;
- розуміння принципів енергозбереження та підвищення якості електроенергії.

ПР №1. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКТНИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ 6(10)/0,4 кВ.

1.1. Основні теоретичні відомості

Електропостачання споживачів напругою 0,38/0,22 кВ здійснюється від трансформаторних підстанцій знижувального типу — комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) 10/0,4 кВ або закритих трансформаторних підстанцій (ЗТП-10/0,4 кВ). У ЗТП все електротехнічне обладнання розміщується у спеціально обладнаних приміщеннях або металевих шафах із підвищеним ступенем захисту.

Найбільш поширеними в системах розподілу електроенергії є комплектні трансформаторні підстанції (КТП), які конструктивно складаються з таких основних вузлів:

- високовольного ввідного пристрою (комірки або РУ-10 кВ),
- силового трансформатора,
- розподільного пристрою низької напруги (РУ-0,4 кВ),
- струмопроводів і з'єднувальних шин.

Залежно від типу споживачів і потужності електричних навантажень у КТП встановлюють силові трансформатори номінальною потужністю 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600 або 2500 кВА.

На рисунку 1.1 представлено електричну схему з'єднань комплектної трансформаторної підстанції (КТП). У колі високої напруги встановлено роз'єднувач та запобіжники, які забезпечують можливість безпечного відключення підстанції від мережі та захисту обладнання від струмів короткого замикання.

Вентильні розрядники призначені для захисту трансформатора від атмосферних і комутаційних перенапруг як з боку високої, так і низької напруги.

Для обліку спожитої активної електричної енергії на підстанції передбачено лічильник, підключений через трансформатори струму. У зимовий період його обігрів здійснюється за допомогою дротових резисторів, які вмикаються спеціальним перемикачем.

Живлення споживачів напругою 0,38/0,22 кВ подається від шин 0,4/0,23 кВ через автоматичні вимикачі. Нульовий провід підключається через струмове реле КА, що забезпечує захист від однофазних коротких замикань на землю, автоматично відключаючи пошкоджену лінію.

Котушки незалежних електромагнітних розчіплювачів розраховані на напругу 0,38 кВ. Одна фаза подається на котушку при вмиканні автоматичного вимикача, а інша — при спрацюванні струмового реле, що відбувається у випадку однофазного короткого замикання або при перевантаженні силового трансформатора через проміжне реле.

Струмові реле КА можуть також спрацьовувати хибно, наприклад, при нерівномірному навантаженні фаз. Щоб уникнути помилкових спрацювань, необхідно:

- вирівняти навантаження між фазами;
- або збільшити струм спрацювання реле КА, попередньо перевіряючи чутливість захисту при короткому замиканні в кінці лінії.

Захист трансформатора від перевантаження реалізується за допомогою проміжного реле KV та теплового реле КК. У нормальному режимі проміжне реле не активується, оскільки його коло зашунтоване контактами теплового реле, блокуючим перемикачем і власними контактами.

Під час перевантаження контакти теплового реле розмикаються, і проміжне реле KV підключається до лінійної напруги через два паралельних резистори. Унаслідок цього реле спрацьовує й через свої контакти відключає два автоматичних вимикачі на лініях 0,38/0,22 кВ, залишаючи під напругою лише лінію з найбільш відповідальними споживачами.

Після спрацювання проміжного реле його контакти змінюють положення, і послідовно вмикається додатковий резистор, який забезпечує зниження напруги на обмотці реле до 220 В після притягування якоря. Така схема гарантує стабільну роботу реле при коливаннях напруги в мережі.

Для захисту від міжфазних коротких замикань у лініях 0,38 кВ застосовуються автоматичні вимикачі з електромагнітними та тепловими розчіплювачами.

Під час експлуатації підстанції необхідно періодично контролювати напругу на шинах фаз А, В і С. Для цього використовується вольтметр, який підключається до розетки через пакетний перемикач БАЗ, а також контрольна лампа. Для захисту контрольного кола від коротких замикань встановлено запобіжник РІ/З.

Контрольна лампа може одночасно використовуватися для підсвічування приладів розподільної шафи низької напруги. Кінцевий вимикач, встановлений у дверях шафи, виконує функцію електричного блокування — при відкриванні дверей автоматично розмикає коло живлення, запобігаючи помилковому вмиканню рубильників під навантаженням.

У положенні відкритих дверей (згідно з рис. 1.1) контакти кінцевого вимикача розімкнуті, що забезпечує додатковий рівень електробезпеки при обслуговуванні КТП.

Керування фідером вуличного освітлення в складі комплектної трансформаторної підстанції може здійснюватися вручну або автоматично. Ручне керування виконується за допомогою перемикача, а автоматичне — через фотореле, яке реагує на рівень освітленості навколишнього середовища.

Фідер вуличного освітлення комутується за допомогою магнітного пускача КМ, що забезпечує надійне вмикання та вимикання навантаження. Для автоматичного керування застосовується фотореле типу ФР-2УЗ, у комплект якого входить фоторезистор ФСК-П. Цей елемент реагує на зміну освітленості:

- вмикає освітлення при зниженні рівня освітлення до 5 лк;
- вимикає при підвищенні освітлення до 10 лк.

Захист силового трансформатора від коротких замикань у мережі вуличного освітлення забезпечується однополюсними автоматичними вимикачами або плавкими запобіжниками, які відключають пошкоджену ділянку ланцюга.

З метою підвищення надійності та електробезпеки розподільних мереж напругою 0,4 кВ у підстанціях 10/0,4 кВ застосовується комбінований пристрій захисту типу ЗТ-0,4. Цей пристрій реагує як на однофазні, так і на міжфазні короткі замикання, а також на замикання на землю. Реалізація такого захисту підвищує надійність роботи мережі 0,38/0,22 кВ, запобігає аварійним режимам і знижує ризик ураження електричним струмом.

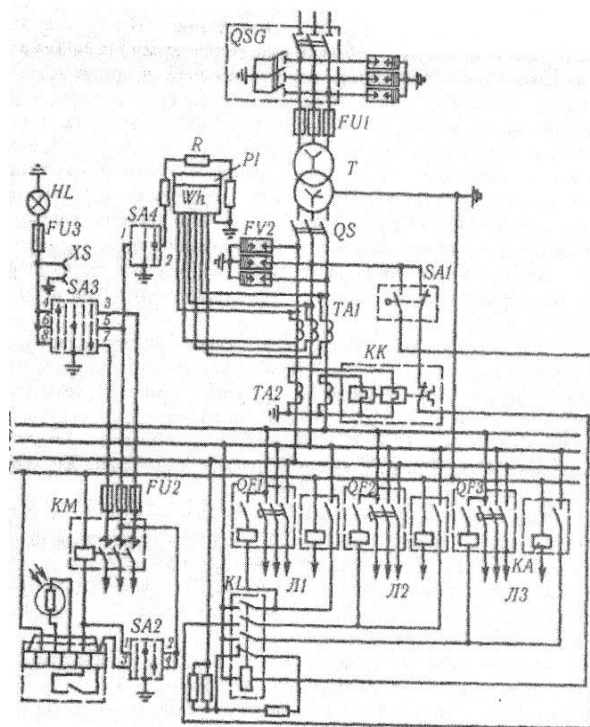


Рисунок 1.1 - Принципова електрична схема КТП напругою 10/0,4 кВ

В останні роки для електропостачання промислових об'єктів, виробничих комплексів та інших потужних і відповідальних споживачів широкого застосування набули закриті трансформаторні підстанції (ЗТП).

Такі підстанції характеризуються підвищеною надійністю, зручністю обслуговування, безпечністю експлуатації та компактністю розміщення обладнання. ЗТП виконуються у будівельному виконанні, де все обладнання розміщується у спеціально відведених приміщеннях, або у металевих контейнерних блоках.

За типом приєднання ліній живлення ЗТП поділяються на:

- ЗТП з кабельними вводами — приєднання до мережі 6(10) кВ виконується силовими кабелями;
- ЗТП з повітряними вводами — підведення здійснюється повітряними лініями електропередачі.

На стороні високої напруги (10 кВ) розподільні пристрої ЗТП зазвичай комплектуються камерними збірками КСО-272 або КСО-366, які забезпечують комутацію, захист і вимірювання. На стороні низької напруги (0,4 кВ) встановлюються шафи розподільних щитів типу ЩО-70, призначені для розподілу електроенергії між споживачами, обліку, контролю та захисту ліній.

У деяких схемах ЗТП на стороні високої напруги додатково передбачаються:

- вимикачі навантаження типів ВНП-16, ВНП-17;
- масляні вимикачі — ВМП-10, ВК-10;
- вакуумні вимикачі — ВНВ-10;
- роз'єднувачі для забезпечення видимого розриву кола під час ремонту чи технічного обслуговування.

На рисунку 1.2 наведено приклад закритої трансформаторної підстанції з кабельними вводами напругою 10 кВ. У приміщенні 1 розміщено два силові трансформатори потужністю по 630 кВА кожен; у приміщенні 4 — розподільчий пристрій напругою 10 кВ, обладнаний камерними комірками типу КСО-366; у приміщенні 2 — розподільні щити напругою 0,38/0,22 кВ, а в приміщенні 3 — конденсаторні батареї, призначені для компенсації реактивної потужності.

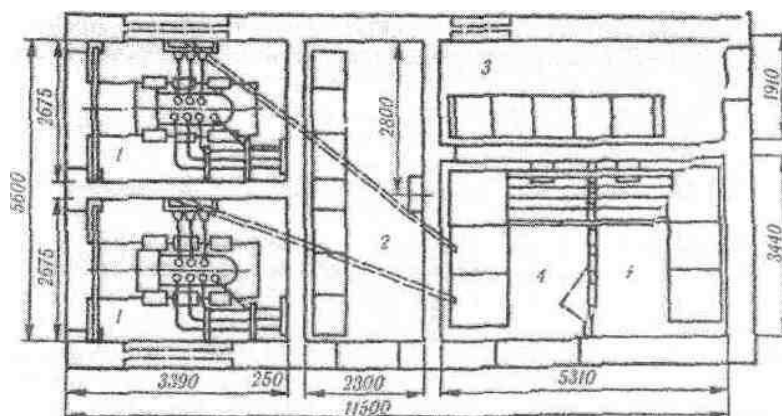


Рисунок 1.2 - План ЗТП напругою 10/0,4 кВ з трансформаторами потужністю до 630 кВА

Комплектна трансформаторна підстанція стовпова (КТПС) призначена для прийому, перетворення і розподілу електричної енергії трифазного змінного струму частотою 50 Гц в системах з глухозаземленою нейтраллю трансформатора на стороні нижчої напруги в електричних мережах.

КТПС може виконуватися в одностовповому (рис. 1.3. а) або двостовповому (рис 1.3 б) виконанні.

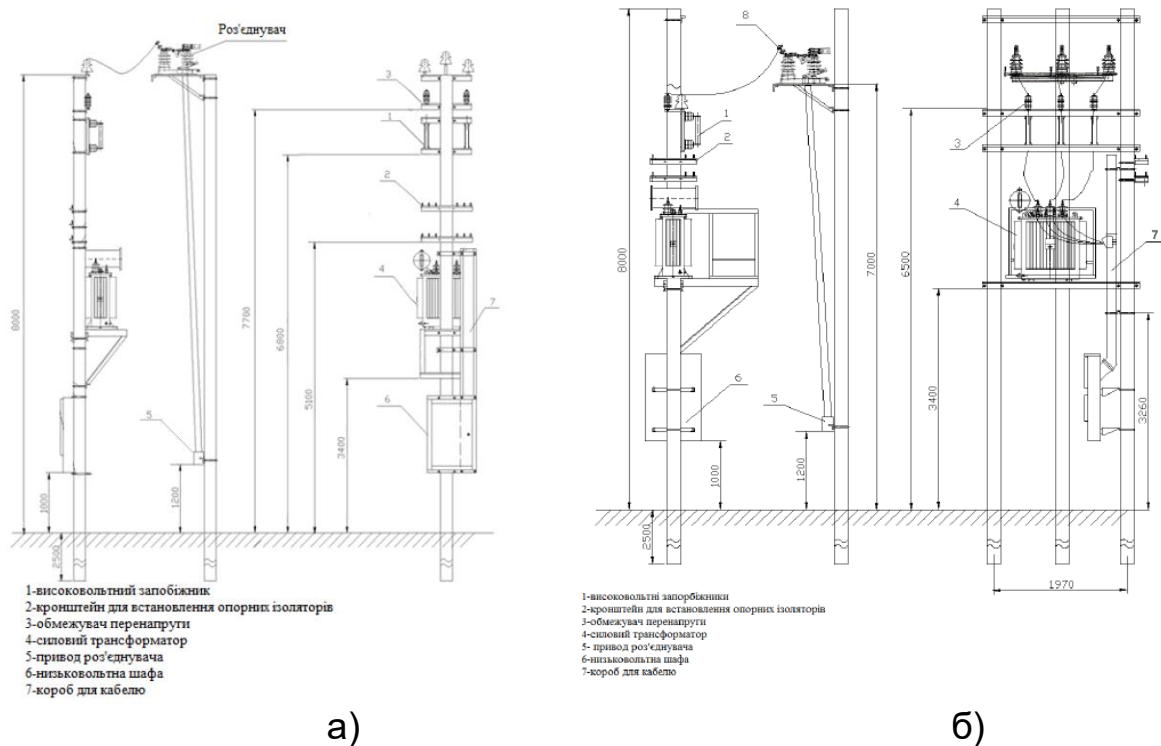


Рисунок 1.3 - Комплектна трансформаторна підстанція стовпова

Підстанція КТПС підключається до мережі через роз'єднувач з заземлюючими ножами. Роз'єднувач встановлюється на кінцевій опорі ПЛ 6 (10) кВ. Підстанція розміщується на відстані 3,5 м від кінцевої опори і являє собою залізобетонну стійку (дві залізобетонні стійки для двухстолбових КТПС на 100 і 250кВА, спарені між собою металевими конструкціями), на якій (их) розміщено основне обладнання підстанції. У верхній частині підстанції розміщуються приймальні ізолятори 6 (10) кВ, високовольтні запобіжники і обмежувачі перенапруги. У середній частині знаходяться траверси для відхідних повітряних ліній. Нижче, на несучих швелерах, розміщується силовий трансформатор (і майданчик обслуговування трансформатора для двухстолбових підстанцій на 100 і 250кВА).

При роботі КТПС забезпечує прийом електроенергії високої напруги 6 (10) кВ, перетворення її в 380 / 220В і розподіл споживачеві пе-

реважно з комунально-побутової навантаженням потужністю від 25 до 250кВА.

Конструкцією КТПС передбачено від 3-х до 4-х ліній, що відходять 0,4 кВ. Кожна лінія має три фазних проводи і один нульовий.

КТПС працює в тривалому режимі при періодичному обслуговуванні

Періодичні огляди.

Періодичні огляди КТП проводити не рідше одного разу на рік.

При цьому перевірити:

- стан кіл заземлення;
- стан ізоляції;
- наявність мастила на тертьових поверхнях. Звернути увагу на наявність мастила в з'єднаннях, що забезпечують замикання дверей шафи НН;
- цілісність лакофарбових покриттів;
- стан контактних з'єднань підключення ПЛ ВН і відхідних ліній;
- відсутність розрядів по поверхні ізоляції і коронування.

Стан комплектуючої апаратури.

При періодичних оглядах боку НН КТП перевірити зовнішнім оглядом стан комплектуючої апаратури.

1) штирьових і опорних ізоляторів - на відсутність зовнішніх механічних пошкоджень, цілісність армування, на відсутність забруднення поверхні;

2) обмежувачів перенапруги - на відсутність механічних пошкоджень і забруднення;

3) запобіжників - на відсутність механічних пошкоджень патронів запобіжників, щільність прилягання контактних скоб, справність замків контактів, на відсутність забруднення поверхні фарфорових ізоляторів та патронів запобіжників;

4) силового трансформатора - на відсутність слідів течі масла в баку маслорозширювача, цілісність лакофарбових покриттів, на відсутність механічних пошкоджень ізоляторів і забруднення їх поверхні.

5) роз'єднувача - на відсутність зовнішніх механічних пошкоджень ізоляторів і цілісність армування, на відсутність забруднення ізолюючих частин, наявність мастила на тертьових поверхнях, стан вузлів зчленування важелів і тяг приводів.

Схема КТПС

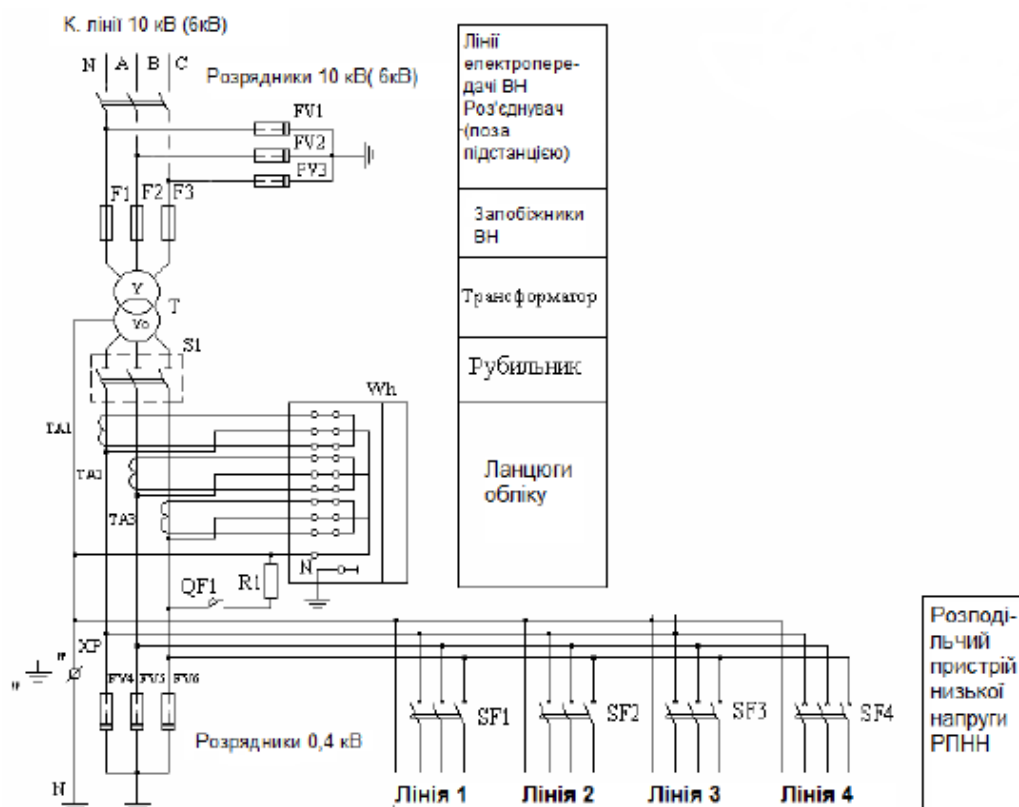


Рисунок 1.4 - Схема комплектної трансформаторної підстанції

1.2 Програма роботи

1. Ознайомитися зі схемою КТП 6(10)/0,4 кВ та визначити:
 - схему з'єднання обмоток трансформатора;
 - кількість і тип високовольтних комірок;
 - тип і потужність силового трансформатора;
 - схему розподілу на стороні 0,4 кВ (одностороннє чи двостороннє живлення).
2. Зняти з паспорта КТП або макета основні технічні дані:
 - номінальні струми, напруги, потужність;
 - масу, габарити, тип охолодження, клас нагрівостійкості ізоляції;
 - тип комутаційних апаратів.
3. Накреслити спрощену структурну схему підстанції.
4. Визначити параметри силового трансформатора:
 - коефіцієнт трансформації;
 - втрати холостого ходу та короткого замикання;
 - струм холостого ходу;

• ККД трансформатора.

5. Встановити відповідність між елементами схеми та їх призначенням (трансформатор, комірки, запобіжники, автоматичні вимикачі, апаратура захисту).

6. Зробити висновки щодо особливостей конструкції досліджуваної КТП, її галузі застосування та вимог до монтажу і експлуатації.

1.3. Завдання та вихідні данні

Таблиця 1.1.

Варіанти завдань.

№ варіанта	Тип КТП	Тип трансформатора	Потужність, кВА	Втрати (хол. / к.з.), кВт	Призначення
1	КТПН-25/6/0,4	ТМ-25/6	25	0,12 / 0,85	споживач (освітлення, насосна станція)
2	КТПН-63/10/0,4	ТМГ-63/10	63	0,22 / 1,25	Майстерня або невеликий виробничий цех
3	КТПК-100/6/0,4	ТМ-100/6	100	0,3 / 1,55	Об'єкт комунального господарства
4	КТПБ-160/10/0,4	ТМГ-160/10	160	0,38 / 2,1	Насосна станція або компресорна
5	КТПН-250/6/0,4	ТМЗ-250/6	250	0,55 / 3,2	Дільниця основного виробництва
6	КТПБ-400/10/0,4	ТМГ-400/10	400	0,85 / 4,5	Металургійний або машинобудівний цех
7	КТПК-630/6/0,4	ТМЗ-630/6	630	1,2 / 6,5	Ділянка з електроприводами середньої потужності
8	КТПБ-1000/10/0,4	ТМГ-1000/10	1000	1,8 / 9,0	Промисловий цех або мікрорайон
9	КТПН-400/6/0,4 (2×200)	2×ТМ-200/6	2×200	0,65 / 3,4	Житлово-промисловий район із резервом
10	КТПМ-100/10/0,4	ТМГ-100/10	100	0,28 / 1,5	Тимчасове живлення будівельного майданчика

Обробка результатів

Розрахувати коефіцієнт трансформації:

$$k = \frac{U_{ВН}}{U_{НН}}$$

Розрахувати номінальні струми на високій і низькій сторонах:

$$I_{ВН} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{ВН}}, \quad I_{НН} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{НН}}$$

Порівняти отримані значення з паспортними даними.

За довідковими даними визначити ККД трансформатора:

$$\eta = \frac{S - \Delta P}{S}.$$

де ΔP — сумарні втрати потужності (холостого ходу та короткого замикання).

Таблиця 1.2

Розрахункова таблиця параметрів КТП

Параметр	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення (заповнює студент)
Потужність трансформатора	S	кВА	
Напруга високої сторони	U _{ВН}	кВ	
Напруга низької сторони	U _{НН}	кВ	
Коефіцієнт трансформації	k	-	
Струм на стороні ВН	I _{ВН}	А	
Струм на стороні НН	I _{НН}	А	
Втрати холостого ходу	$\Delta P_{хх}$	кВт	
Втрати короткого замикання	$\Delta P_{кз}$	кВт	
Коефіцієнт корисної дії	η	%	

1.4. Критерії оцінювання

Звіт має бути оформлений відповідно до вимог щодо оформлення технічної документації на аркушах формату А4. До складу звіту повинні входити:

1. Титульна сторінка.
2. Назва та мета практичної роботи.
3. Постановка завдання.
4. Заповнені відповідні таблиці, виконані необхідні розрахунки.
5. Висновки

Підготовлена згідно методичних вказівок робота у форматі файлу *.docx або *.pdf розміщується у відповідному розділі дисципліни в Moodle та перевіряється протягом тижня після здачі. Оскарження оцінки може бути здійснене не пізніше двох тижнів з моменту оцінювання роботи.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт (максимум 10 балів):

- 9-10 балів – повна відповідність оцінці 8 балів, також ініціативність студента у роботі над проблемою, логічність та структурованість вербальної відповіді під час навчальної дискусії, здатність комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, у т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним;
- 7-8 бали – всі досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів повний та обґрунтований, звіт оформлений акуратно;

- 5-6 бали – дослід/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів неповний, або звіт оформлений неохайно;
- 3-4 бали – у дослід/розрахунках присутні певні помилки, або аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно;
- 1-2 бал – у дослід/розрахунках присутні певні помилки, аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно.

1.5. Питання для самоперевірки

1. Яке основне призначення комплектної трансформаторної підстанції (КТП) у системі електропостачання?
2. Які основні частини входять до складу КТП та яке їх призначення?
3. Назвіть основні типи КТП (КТПН, КТПБ, КТПК, КТПМ) та сферу їх застосування.
4. Які основні технічні параметри характеризують КТП (потужність, напруга, струм, ККД тощо)?
5. Як визначається коефіцієнт трансформації трансформатора?
6. Які бувають втрати потужності у силовому трансформаторі та від чого вони залежать?
7. Якими апаратами реалізується захист КТП на стороні 6(10) кВ?
8. Які комутаційні та захисні апарати використовуються у РУ-0,4 кВ?
9. Які пристрої та реле забезпечують захист КТП від перевантаження, однофазних і міжфазних коротких замикань?
10. У яких випадках доцільно застосовувати двотрансформаторні підстанції?
11. Які основні вимоги висуваються до монтажу, технічного обслуговування та експлуатації КТП?
12. Як здійснюється керування фідером вуличного освітлення в складі КТП (ручний та автоматичний режими)?

1.6. Перелік рекомендованої літератури

1. Василега П. О. Електропостачання : підручник. Суми : Сумський державний університет, 2019. 521 с.
2. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей . К.: «Каравела», 2018. 272 с.
3. Давиденко Л. В. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник. Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022. 244 с.

ПР №2. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ 0,4 КВ.

2.1. Основи теоретичні відомості

Системи розподілу електричної енергії в мережах напругою **0,4 кВ** є кінцевою ланкою системи електропостачання. Вони забезпечують передачу електроенергії від трансформаторних підстанцій до електроприймачів — електродвигунів, освітлювальних установок, систем автоматизації, побутових споживачів тощо. Надійність, економічність та безпечність роботи всього підприємства значною мірою залежать від конструкції та стану цих розподільних систем.

Структура систем розподілу електроенергії 0,4 кВ

Типова система розподілу 0,4 кВ складається з таких основних елементів:

- Ввідно-розподільні пристрої (ВРУ) — приймають електроенергію з трансформаторної підстанції та розподіляють її між окремими лініями.
- Головні розподільні щити (ГРЩ) — забезпечують розподіл електроенергії на великі групи споживачів або цехи.
- Щити освітлення (ЩО), щитки розподільні (ЩР), шафи керування (ШК) — використовуються для живлення локальних мереж і обладнання.
- Лінії електропередачі низької напруги — виконуються у вигляді кабельних трас, шинопроводів або повітряних ліній.

Система розподілу 0,4 кВ може будуватися за радіальною, магістральною або кільцевою схемами:

- Радіальна схема застосовується для живлення відповідальних споживачів, де потрібно обмежити зону відключення при аварії.
- Магістральна схема використовується для великої кількості рівноцінних споживачів, розташованих уздовж однієї лінії.
- Кільцева схема передбачає можливість резервного живлення, підвищує надійність, але ускладнює систему керування.

Розподільні пристрої 0,4 кВ

Розподільні пристрої (РУ) — це комплекс електричного обладнання, який призначений для прийому, розподілу та обліку електроенергії, а також для захисту електричних мереж від аварійних режимів. До складу РУ входять:

- Комірки або шафи із змонтованими апаратами;
- Збірні шини (шинопроводи), що забезпечують електричні зв'язки;

- Апаратурні блоки (вимикачі, запобіжники, контактори, реле тощо);
- Вимірювальні прилади, контрольно-вимірювальні трансформатори струму та напруги;
- Заземлювальні шини і корпуси, що забезпечують електробезпеку.

Найпоширенішими типами розподільних пристроїв є:

- ЩО-70 — для розподілу електроенергії у промислових і громадських будівлях;
- ГРЩ — головний розподільний щит для цеху або будівлі;
- ВРУ — ввідно-розподільний пристрій для прийому від трансформатора;
- ЩРН (щит розподільний навісний) та ЩРП (підлоговий) — для внутрішніх мереж освітлення.

Комутаційні та захисні апарати

Автоматичні вимикачі

Призначені для комутації електричних кіл у нормальних режимах і автоматичного відключення у разі перевантаження або короткого замикання. Основні параметри — номінальний струм (I_n), відключна здатність (I_{cu}), характеристика спрацювання (тип В, С, D).

Запобіжники

Захищають лінії від перевищення струму за рахунок плавкого елемента. Використовуються в простих схемах, часто для допоміжних кіл.

Контактори

Забезпечують часті вмикання та вимикання навантаження, головним чином електродвигунів. Оснащуються дугогасильними камерами.

Пристрої захисного відключення (ПЗВ)

Захищають людину від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції, спрацьовують при різниці струмів у фазних і нульових провідниках.

Диференційні автоматичні вимикачі (дифавтомати)

Поєднують функції ПЗВ і автоматичного вимикача. Використовуються у побутових і промислових розподільчих щитах.

Системи заземлення і захисного занулення

У мережах 0,4 кВ найчастіше застосовуються системи TN-C, TN-S та TN-C-S:

- TN-C — поєднаний нульовий і захисний провідник (PEN); проста, але менш безпечна.
- TN-S — окремі провідники N і PE; найнадійніша з точки зору електробезпеки.

- TN-C-S — комбінована система, де розділення PEN на PE та N здійснюється у ВРУ або ГРЩ.

Правильна організація системи заземлення є обов'язковою вимогою ПУЕ і суттєво впливає на надійність захисту від ураження електричним струмом.

Конструкція розподільних щитів

Розподільні щити можуть бути:

- Відкритого виконання (IP31) — для сухих приміщень, що не мають пилу і вологи;
- Закритого виконання (IP54–IP65) — для промислових або запилених середовищ.

Конструкція передбачає:

- Металевий або пластиковий корпус;
- Монтажну панель або DIN-рейки;
- Кабельні вводи (гумові ущільнення, вводи через клеми);
- Систему шин і клемних блоків;
- Оглядові вікна, блокування дверей, пломбування.

Модульна конструкція дозволяє швидко змінювати конфігурацію щита — додавати або замінювати апарати без складних механічних робіт.

Контрольно-вимірювальні прилади

Для контролю параметрів електромереж застосовуються:

- Амперметри, вольтметри, ватметри, лічильники електроенергії;
- Модульні вимірювальні прилади з цифровими дисплеями (часто з Modbus-інтерфейсом);
- Трансформатори струму (ТС) та напруги (ТН) для живлення вимірювальних кіл.

На сучасних підприємствах впроваджуються системи АСКОЕ (автоматизованого обліку споживання електроенергії), які дозволяють дистанційно моніторити параметри навантаження і формувати енергетичні звіти.

Узагальнені висновки

Конструктивні особливості обладнання систем розподілу електроенергії 0,4 кВ визначаються вимогами до:

- надійності живлення,
- електробезпеки,
- зручності обслуговування,
- стандартизації елементів,
- можливості автоматизації та дистанційного контролю.

2.2 Програма роботи

Отримати від викладача або керівника практики індивідуальний варіант завдання.

Ознайомитися з типом об'єкта, який підлягає дослідженню (ГРЩ, ЩО-70, ВРУ тощо).

Вивчення теоретичних основ побудови систем 0,4 кВ.

- Повторити структуру системи розподілу електроенергії, типи схем (радіальні, магістральні, кільцеві).
- Ознайомитися з вимогами ПУЕ та ДСТУ EN 61439 до низьковольтних розподільних пристроїв.

Огляд конструкції вибраного розподільного пристрою.

- Розглянути загальний вигляд, тип корпусу, клас захисту IP, наявність вентиляційних і оглядових елементів.
- Визначити способи встановлення: навісний, підлоговий, вбудований або модульний.

Ідентифікація складових елементів щита.


- Визначити типи і призначення апаратів:
 - автоматичні вимикачі, запобіжники, контактори, ПЗВ, дифавтомати;
 - шини PE, N, PEN;
 - клемні блоки, індикатори, вимірювальні прилади;
 - апарати керування (кнопки, вимикачі, реле контролю фаз тощо).
- Зафіксувати маркування, номінальні струми, напругу, виробника.

Аналіз схеми електричних з'єднань.

- Ознайомитися з однолінійною схемою або скласти її самостійно.
- Визначити послідовність розташування апаратів: ввід → шини → відхідні лінії.
- Встановити тип системи заземлення (TN-C, TN-S, TN-C-S) і порядок підключення провідників PE, N, PEN.

Дослідження електричних і конструктивних характеристик.

- Записати технічні дані основних апаратів: номінальний струм, відключна здатність, характеристика спрацювання.
- Визначити матеріал шин, переріз провідників, спосіб ізоляції, колірне маркування.
- Зробити ескіз або фото розташування апаратів у щиті.
- Аналіз захисних і вимірювальних пристроїв.
- Визначити, які апарати виконують функції:
 - захисту від короткого замикання;

- 
- захисту людини від ураження електричним струмом;
 - вимірювання напруги, струму, потужності.
- З'ясувати, чи відповідають ці пристрої вимогам безпеки та стандартам ІЕС / ДСТУ.

Визначення відповідності конструкції нормативам.

- Перевірити наявність обов'язкових елементів (заземлення корпусу, маркування, захист від дотику).
 - Порівняти з вимогами:
 - ПУЕ (гл. 1.7, 3.1, 3.2);
 - ДСТУ EN 60529 (ступінь IP);
 - ДСТУ EN 61439 (конструктивна безпека).

Оформлення результатів дослідження.

- Скласти таблицю основних елементів розподільного пристрою (тип, номінал, виробник).
- Побудувати ескіз або схему щита.
- Підготувати короткий опис конструкції, призначення та характеристик апаратів.
- Навести висновки щодо переваг і недоліків розглянутого рішення.

Самостійні висновки і звітність.

- Зробити висновок щодо ефективності, ергономічності та безпечності конструкції.

2.3. Завдання та вихідні данні

1. Ознайомитися з типовими схемами розподілу електроенергії у мережах 0,4 кВ (радіальні, магістральні, кільцеві).
2. Розглянути конструктивні особливості одного з видів розподільного обладнання (за варіантом).
3. Визначити призначення основних апаратів, установлених у вибраному щиті (ввідний вимикач, шинна система, відхідні лінії, захисні апарати).
4. Зібрати відомості про номінальні параметри апаратів (струм, напруга, категорія застосування, клас захисту корпусу).
5. Визначити тип системи заземлення (TN-C, TN-S, TN-C-S), порядок підключення провідників PE та N.
6. Виконати ескізну схему або структурну діаграму розподільного пристрою 0,4 кВ за власним варіантом.
7. Навести опис конструкції корпусу, системи шин, способів монтажу кабелів і апаратури.
8. Оцінити відповідність конструкції вимогам ПУЕ, ДСТУ EN 61439, ДСТУ EN 60529 (ступінь IP).

9. Зробити висновки щодо переваг та недоліків дослідженого обладнання, його придатності до використання у певних умовах виробництва.

Таблиця 2.1.

Варіанти індивідуальних завдань

№ варіанта	Об'єкт дослідження	Завдання студента
1	Ввідно-розподільний пристрій (ВРУ) промислового цеху	Виконати схему електричних з'єднань; визначити типи автоматів і шин; описати систему заземлення.
2	Головний розподільний щит (ГРЩ) виробничого корпусу	Зібрати дані про типові апарати, скласти таблицю параметрів; побудувати ескізу компоновку шафи.
3	Щит освітлення адміністративної будівлі (ЩО)	Побудувати однолінійну схему; визначити номінальні струми відхідних ліній; описати тип корпусу.
4	Щит розподільний секційний (ЩР) у	Проаналізувати послідовність підключення апаратів; визначити метод підключення нульових провідників.
5	Щит керування електродвигуном насосної установки	Визначити функції апаратів керування і захисту; побудувати структурну схему.
6	Щит живлення вентиляційної установки	Зібрати відомості про номінальні струми двигунів; обґрунтувати вибір автоматів і контакторів.
7	Щит автоматизованої ділянки (з ПЛК або частотним перетворювачем)	Описати структуру живлення, схему комутації; показати розділення кіл керування і силових кіл.
8	КТП-К-10/0,4 з шафами типу ЩО-70	Проаналізувати розподіл навантажень по секціях; виконати ескіз шинного з'єднання.
9	Розподільна шафа резервного живлення (дизель-генератор)	Навести схему вводу резервного живлення, описати АВР і міжзамикання контактів.
10	Модульний щит Smart Panel (Schneider Electric, Eaton, ABB)	Проаналізувати концепцію модульності, комунікаційні інтерфейси та функції моніторингу енергоспоживання.

Вихідні дані для виконання роботи
Для виконання завдання здобувач надаються або самостійно підбираються:

1. Каталожні матеріали виробників (Schneider Electric, Eaton, АВВ, Lovato Electric, ETI, Hager та інш.).
2. Паспорти і технічні характеристики розподільних пристроїв, вимикачів, контакторів, ПЗВ, трансформаторів струму.
3. Нормативні документи:
 - ПУЕ відповідні розділи
 - ДСТУ EN 61439-1:2017 — розподільні установки низьковольтні;
 - ДСТУ EN 60529:2019 — класи захисту IP;
 - ДСТУ EN 60947 — апаратура низьковольтна комутаційна і керувальна.
4. Зразки схем електричних з'єднань та креслення щитів, надані викладачем, підприємством-партнером, реальні об'єкти з місця роботи здобувача..
5. Дані споживачів, підключених до щита: номінальні потужності, струми, кількість фаз, характер навантаження.
6. Результати огляду реального обладнання (фото, опис, заміри маркування) по можливості..

2.4. Критерії оцінювання

Звіт про виконання практичної роботи повинен містити:

1. Титульний аркуш.
2. Мету роботи.
3. Стислі теоретичні відомості.
4. Опис об'єкта дослідження (назва, тип, призначення, технічні параметри).
5. Схему або ескіз розподільного пристрою 0,4 кВ (однолінійну або функціональну).
6. Таблицю основних апаратів з параметрами (тип, виробник, номінальний струм, категорія, IP, габарити).
7. Фото або зображення реального обладнання (за можливості).
8. Висновки щодо конструктивних особливостей і відповідності нормативним вимогам.

Підготовлена згідно методичних вказівок робота у форматі файлу *.docx або *.pdf розміщується у відповідному розділі дисципліни в Moodle та перевіряється протягом тижня після здачі. Оскарження оцінки може бути здійснене не пізніше двох тижнів з моменту оцінювання роботи.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт (максимум 10 балів):

- 9-10 балів – повна відповідність оцінці 8 балів, також ініціативність студента у роботі над проблемою, логічність та структурованість

вербальної відповіді під час навчальної дискусії, здатність комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, у т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним;

- 7-8 бали – всі дослід/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів повний та обґрунтований, звіт оформлений акуратно;

- 5-6 бали – дослід/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів неповний, або звіт оформлений неохайно;

- 3-4 бали – у дослід/розрахунках присутні певні помилки, або аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно;

- 1-2 бал – у дослід/розрахунках присутні певні помилки, аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно.

2.5. Питання для перевірки

1. Дослідити конструкцію головного розподільного щита (ГРЩ) цеху.

2. Проаналізувати модульну збірку щита освітлення адміністративної будівлі.

3. Вивчити розподільний щит трансформаторної підстанції типу КТП-К-10/0,4.

4. Розглянути схему ввідно-розподільного пристрою (ВРУ) житлового будинку.

5. Провести огляд і схематичне відображення щита живлення насосної станції.

6. Вивчити конструкцію шафи керування електродвигуном з апаратурою 0,4 кВ.

7. Проаналізувати виконання шинних з'єднань та ізоляційних елементів у ЩО-70.

8. Вивчити пристрій та схему диференційного захисту у щиті 0,4 кВ.

9. Описати систему заземлення та захисту від перенапруг у конкретній розподільній установці.

10. Порівняти конструкцію старих і сучасних щитів (модульних) 0,4 кВ.

2.6 Перелік рекомендованої літератури

1. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник / Л. В. Давиденко, Н. В. Коменда, В. А. Давиденко, М. М. Євсюк. Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.

2. Міліх В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей . К.: «Каравела», 2018. 272 с.

ПР №3. СИСТЕМИ КАНАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ ДО 1 кВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.

3.1. Основі теоретичні відомості

Системи каналізації електричної енергії забезпечують передачу та розподіл електричної потужності від джерела живлення до споживачів. У промислових мережах напругою до 1 кВ вони формують нижній рівень системи електропостачання, що безпосередньо підключає робоче обладнання, верстати, агрегати та освітлювальні установки.

Основними завданнями систем каналізації є:

- передача електричної потужності до робочих місць з мінімальними втратами;
- забезпечення електробезпеки персоналу;
- підтримання стабільного рівня напруги в допустимих межах;
- забезпечення необхідної надійності живлення відповідно до категорії споживачів;

Типові схеми каналізації енергії будуються за радіальною, магістральною або змішаною структурою.

- *Радіальна схема* забезпечує найвищу надійність та зручність захисту, оскільки кожен споживач має окрему лінію.
- *Магістральна схема* економічніша, але складніша в експлуатації.
- *Змішана схема* поєднує переваги двох попередніх і застосовується найчастіше.

При проектуванні систем каналізації необхідно враховувати:

- розташування споживачів у виробничих приміщеннях;
- потужність навантажень;
- умови навколишнього середовища;
- вимоги до надійності та резервування;
- втрати електроенергії та допустимі відхилення напруги.

Для вибору перерізів проводів і кабелів використовують критерії нагріву, допустимих втрат напруги та механічної міцності. Розрахунки ведуться відповідно до вимог ПУЕ, ДСТУ EN 60204, ДБН В.2.5-23, ІЕС 60364.

Структура системи каналізації електричної енергії

До складу систем каналізації входять такі основні елементи:

1. Головний розподільчий щит (ГРЩ) — приймає електроенергію з трансформаторної підстанції (зазвичай 0,4 кВ) і розподіляє її по секціях або розподільчих пунктах.

2. Розподільчі пункти (РП, СП) — проміжні вузли розподілу, що забезпечують живлення окремих груп споживачів або цехів.

3. Групові щити (ЩО, ЩС, ЩА) — забезпечують безпосереднє підключення технологічного обладнання, верстатів, насосів, компресорів, освітлення тощо.

4. Кабельні, шинопровідні та магістральні лінії — утворюють канали передачі енергії між вищезгаданими вузлами.

5. Апарати комутації, керування та захисту (автоматичні вимикачі, контактори, пускачі, запобіжники, реле, вимірювальні прилади).

6. Заземлювальні та нульові провідники (РЕ, N, PEN), що формують систему захисного та робочого заземлення.

Категорії надійності електропостачання

Відповідно до ПУЕ (п. 1.2.17) споживачі поділяються на три категорії за надійністю електропостачання:

- I категорія — обладнання, відмова живлення якого може призвести до аварії, загрози життю людей або значних економічних збитків. Живлення повинно бути забезпечене від двох незалежних джерел із автоматичним резервуванням (АВР).

- II категорія — технологічні установки, короточасне знеструмлення яких допускається, але небажане (живлення від двох джерел без обов'язкового АВР).

- III категорія — споживачі, відключення яких не викликає серйозних наслідків (живлення від одного джерела).

Категорія споживача визначає схему підключення, кількість ліній живлення, тип комутаційних апаратів та необхідність резервування.

Основні вимоги до проектування систем каналізації

При розробці систем розподілу до 1 кВ враховуються:

- потужність та характер навантаження (активне, реактивне, змінне, пускове);

- кількість і розташування приймачів у просторі;

- довжина ліній та допустимі втрати напруги (до 5% для живлення двигунів і 2,5–3% для освітлення);

- умови навколишнього середовища (вологість, температура, пил, вибухонебезпечність);

- спосіб прокладання проводів (відкрито, у трубах, лотках, підвісних системах);

- система заземлення (TN-C, TN-S, TN-C-S, IT або TT).

Вибір перерізів кабелів проводиться за трьома критеріями:

1. допустимим нагрівом (щоб струм не перевищував тривалий допустимий для обраного матеріалу та умов прокладання);

2. втратою напруги ($\Delta U\% \leq$ нормативного значення);

3. механічною міцністю (особливо при коротких ділянках або вібраційних зонах).

Методика розрахунку ліній системи каналізації

1. Визначення розрахункових потужностей споживачів з урахуванням коефіцієнтів попиту та одночасності.

2. Обчислення робочих струмів за формулами:

- о для трифазних споживачів:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

- о для однофазних:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

Підбір апаратів захисту за номінальним струмом, типом характеристики (B, C, D) та умовами пуску.

3. Вибір кабелів за допустимим струмом навантаження, перевірка втрат напруги за формулами:

- о для трифазних ліній:

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \cdot L/1000}{U} \cdot 100\%$$

- о для однофазних ліній:

$$\Delta U\% = \frac{2 \cdot I \cdot (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \cdot L/1000}{U} \cdot 100\%$$

4. Перевірка умов захисту від коротких замикань та захисного відключення (умова спрацювання автоматів/УЗО).

5. Розроблення однолінійної схеми, яка відображає склад, номінали та зв'язки між усіма елементами системи.

Енергоефективність та модернізація

Під час проектування або реконструкції систем каналізації електричної енергії доцільно:

- застосовувати шинопроводи замість кабельних трас у великих цехах (зменшення втрат та спрощення монтажу);

- впроваджувати автоматизований контроль енергоспоживання (АСУЕ);

- використовувати частотні перетворювачі для регулювання швидкості електроприводів;

- застосовувати енергозберігаючі джерела освітлення (LED-системи);

- використовувати системи компенсації реактивної потужності (КРП);

- здійснювати балансування навантаження по фазах для зниження втрат у нейтральних провідниках.

Нормативні документи

При розрахунку і проектуванні слід керуватися:

- ПУЕ, розділ 1.3, 1.5, 7.1 – правила улаштування розподільчих мереж напругою до 1 кВ;
- ДБН В.2.5-23:2010 – вимоги до електрообладнання будівель і споруд;
- ДСТУ EN 60204-1:2017 – безпека електрообладнання машин;
- IEC 60364 – міжнародні стандарти для електроустановок;
- ДСТУ ISO 50001:2019 – системи енергоменеджменту.

3.2 Програма роботи

1. Ознайомлення з метою та змістом роботи.

Вивчити принцип побудови систем каналізації електричної енергії у розподільчих мережах напругою до 1 кВ. Звернути увагу на відмінності між радіальними, магістральними та змішаними схемами розподілу, а також на вимоги ПУЕ до категорій надійності споживачів.

2. Аналіз вихідних даних.

Ознайомитися з індивідуальним варіантом завдання. Визначити типи електроприймачів, їхню потужність, коефіцієнти потужності, довжину ліній та категорію надійності. Зробити попередню оцінку конфігурації схеми розподілу.

3. Визначення розрахункових потужностей і струмів ліній.

- Розрахувати активну та повну потужність кожного споживача.
- Обчислити розрахункові струми за формулами для одно- та трифазних ліній.
- Визначити необхідний запас струму для пускових режимів двигунів.

4. Вибір апаратів захисту та комутації.

- Вибрати автоматичні вимикачі, запобіжники або пускачі для кожної лінії за номінальним струмом і категорією навантаження.
- Перевірити узгодженість апаратів захисту з розрахунковими струмами і допустимим нагрівом кабелів.
- Вказати тип характеристики (B, C, D) і умови спрацювання при короткому замиканні.

5. Підбір перерізів проводів (кабелів).

- Виконати вибір перерізу за умовами нагріву.
- З урахуванням довжини лінії розрахувати втрати напруги та перевірити їх відповідність нормативним вимогам ($\Delta U \leq 5\%$ для силових, $\Delta U \leq 3\%$ для освітлювальних мереж).
- При необхідності скоригувати переріз кабелю за умовами навколишнього середовища або групового прокладання.

6. Розроблення однолінійної схеми системи каналізації електричної енергії.

- Побудувати спрощену однолінійну схему з нанесенням усіх елементів: ГРЩ, розподільчих пунктів, групових щитів, споживачів, ліній живлення, апаратів захисту.
- Указати на схемі номінали струмів, типи апаратів і перерізи кабелів.
- Передбачити систему заземлення (TN-S або TN-C-S) та показати підключення захисного провідника РЕ.

7. Перевірка енергоефективності системи.

- Оцінити рівень втрат електроенергії у лініях.
- Запропонувати заходи з підвищення енергоефективності: балансування навантаження по фазах, використання шинопроводів, застосування КРП, частотних перетворювачів тощо.

8. Оформлення результатів у вигляді звіту.

Звіт повинен містити:

- титульний аркуш;
- мету роботи;
- короткий опис теоретичних відомостей;
- вихідні дані (таблиця варіанту);
- повний розрахунок струмів, вибір апаратів і кабелів;
- перевірку втрат напруги;
- однолінійну схему;
- висновки за результатами розрахунків.

9. Підготовка до усного захисту.

Здобувач повинен уміти обґрунтувати вибір схеми розподілу, пояснити принцип роботи системи каналізації, послатися на нормативні документи та пояснити, як забезпечується надійність і енергоефективність мережі.

3.3. Завдання та вихідні данні

Здобувач виконує індивідуальний варіант завдання згідно з номером у журналі або по індивідуальним даним.

Необхідно:

- розрахувати навантаження кожної лінії;
- визначити номінальні струми;
- вибрати тип і переріз кабелів;
- підібрати апарати захисту;
- виконати перевірку втрат напруги;
- побудувати однолінійну схему системи каналізації електричної енергії.

Варіант 1

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія надійності
1	Металорізальний верстат	12	0.85	380	25	II
2	Вентиляційна установка	8	0.8	380	40	II
3	Освітлення цеху	5	0.9	220	30	III

Варіант 2

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія
1	Насос охолодження	7	0.8	380	35	II
2	Підйомний механізм	15	0.85	380	20	I
3	Освітлення складу	4	0.9	220	25	III

Варіант 3

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія
1	Вентилятор охолодження	5	0.8	380	45	II
2	Токарний верстат	10	0.85	380	30	II
3	Компресор	18	0.8	380	60	I

Варіант 4

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія
1	Насос подачі мастила	6	0.9	380	25	III
2	Зварювальний апарат	12	0.8	380	35	II
3	Вентиляційний агрегат	10	0.85	380	50	II

Варіант 5

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія
1	Конвеєрна лінія	14	0.85	380	40	II
2	Прес-гідролічний	20	0.8	380	60	I
3	Освітлення дільниці	6	0.9	220	30	III

Варіант 6

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія
1	Верстат шліфувальний	8	0.9	380	25	II
2	Насос охолодження	5	0.85	380	30	II
3	Освітлення ділянки	3	0.9	220	20	III

Варіант 7

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія
1	Компресор	22	0.85	380	55	I
2	Вентилятор	6	0.9	380	25	II
3	Освітлення складу	4	0.9	220	35	III

Варіант 8

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія
1	Насос водопостачання	10	0.85	380	40	II
2	Верстат фрезерний	16	0.85	380	35	II
3	Освітлення майстерні	5	0.9	220	25	III

Варіант 9

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія
1	Вентиляційний агрегат	9	0.9	380	30	II
2	Піч електроопору	25	0.85	380	45	I
3	Освітлення приміщення	6	0.9	220	25	III

Варіант 10

№ споживача	Найменування споживача	Потужність, кВт	cos φ	Напруга, В	Відстань, м	Категорія
1	Конвеєр головний	18	0.8	380	60	II
2	Насос дренажний	12	0.85	380	35	II
3	Освітлення дільниці	5	0.9	220	30	III

3.4. Критерії оцінювання

Зміст звіту

1. **Титульний аркуш.**

2. **Мета роботи.**

3. **Теоретичні відомості (короткий виклад).**

Основні положення про структуру систем розподілу, типи схем (радіальні, магістральні, змішані), критерії вибору кабелів та апаратів.

4. **Вихідні дані**

Таблиця індивідуального варіанту із зазначенням потужностей, $\cos\phi$, напруг, довжин ліній та категорій надійності.

5. **Хід виконання роботи (розрахункова частина)**

- розрахунок розрахункових струмів;
- вибір апаратів захисту;
- вибір перерізів кабелів;
- перевірка втрат напруги;
- оформлення підсумкової таблиці результатів.

6. **Однолінійна схема системи каналізації.**

(Графічне зображення із зазначенням основних елементів, номіналів і перерізів)

7. **Висновки.**

Короткий аналіз результатів: відповідність вимогам ПУЕ, забезпечення надійності, допустимість втрат напруги, рекомендації з покращення схеми.

8. Відповіді на контрольні питання.

(за переліком у п. 3.5 методичних вказівок)

Підготовлена згідно методичних вказівок робота у форматі файлу *.docx або *.pdf розміщується у відповідному розділі дисципліни в Moodle та перевіряється протягом тижня після здачі. Оскарження оцінки може бути здійснене не пізніше двох тижнів з моменту оцінювання роботи.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт (максимум 10 балів):

- 9-10 балів – повна відповідність оцінці 8 балів, також ініціативність студента у роботі над проблемою, логічність та структурованість вербальної відповіді під час навчальної дискусії, здатність комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, у т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним;

- 7-8 бали – всі досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів повний та обґрунтований, звіт оформлений акуратно;

- 5-6 бали – досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів неповний, або звіт оформлений неохайно;

- 3-4 бали – у досліді/розрахунках присутні певні помилки, або аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно;

- 1-2 бал – у досліді/розрахунках присутні певні помилки, аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно.

3.5. Питання для перевірки

1. Що розуміють під терміном «система каналізації електричної енергії»?

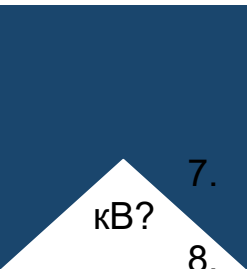
2. Які основні елементи входять до складу системи розподілу електроенергії напругою до 1 кВ?

3. Назвіть основні типи схем каналізації електричної енергії та наведіть їх переваги й недоліки.

4. У яких випадках застосовують радіальні, магістральні та змішані схеми?

5. Які фактори впливають на вибір структури системи каналізації (розміщення споживачів, потужність, категорія надійності тощо)?

6. Що таке категорії надійності електропостачання і які вимоги до кожної з них?

- 
7. Які основні критерії вибору перерізу кабелів у мережах до 1 кВ?
 8. Як визначається розрахунковий струм трифазного та однофазного споживача?
 9. Як виконують вибір автоматичних вимикачів або запобіжників для захисту ліній?
 10. Які чинники впливають на допустимий тривалий струм кабелю?
 11. Як виконується перевірка втрат напруги та які нормативні межі для силових і освітлювальних мереж?
 12. Які основні формули використовуються для розрахунку втрат напруги в одно- і трифазних лініях?
 13. Які вимоги ПУЕ до систем заземлення (TN-S, TN-C, TN-C-S) у мережах 0,4 кВ?
 14. Які заходи підвищують енергоефективність систем розподілу електроенергії?
 15. Які основні нормативні документи регламентують проектування систем каналізації електричної енергії в Україні?

3.6. Перелік рекомендованої літератури

1. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник. Л. В. Давиденко, Н. В. Коменда, В. А. Давиденко, М. М. Євсюк. Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
2. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей . К.: «Каравела», 2018. 272 с.



Навчально-методичне видання

Шрамко Юрій Юрійович

Мірошніченко Сергій Олександрович

**Елементи систем електропостачання підприємств:
методичні вказівки до виконання практичних робіт**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції