

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія
Кафедра Електротехніки та електроенергетики

До захисту допущено

кафедрою електротехніки та електроенергетики протокол № _____ від _____

завідувач кафедри _____ Артем ЧЕРНЮК
(підпис) (ім'я, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
(першого (бакалаврського) / другого (магістерського))

Проектування підстанції 10/0,4 кВ «Перемога», с. Слобожанське
(тема роботи)

Спеціальність (спеціалізація) 141 «Електроенергетика, електротехніка та
(код та найменування спеціальності; спеціалізації спеціальності)
електромеханіка»

Освітня програма Електричні станції, мережі та системи
(назва освітньої програми)

Здобувач _____ Вячеслав КРАВЧЕНКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

Науковий керівник _____ Павло ВАСЮЧЕНКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

Рецензент _____ / Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2026

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія
Кафедра Електротехніки та електроенергетики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

Артем ЧЕРНЮК

(ім'я, прізвище)

(підпис)

«__» _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
(першого (бакалаврського) / другого (магістерського))

Кравченко Вячеславу Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

Спеціальність (спеціалізація) 141 «Електроенергетика, електротехніка та
(код та найменування спеціальності; спеціалізації спеціальності)
електромеханіка»

Освітня програма Електричні станції, мережі та системи
(назва освітньої програми)

1. Тема роботи: Проектування підстанції 10/0,4 кВ «Перемога», с.
Слобожанське

керівник роботи Васюченко Павло Вікторович, к.пед.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по Університету від «15» грудня 2025 року,

№ 4801-5/4400

2. Строк подання здобувачем роботи: «20» червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи: технологічний процес, характеристика
електроприймачів, кількість та потужність електроприймачів напругою до 1 кВ

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

Розрахунок електричних навантажень, вибір електричної схеми,
розрахунок струму к.з., вибір обладнання, питання охорони праці та техніки
безпеки.

5. План роботи

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика технологічного процесу об'єкту, що проєктується	20.12-10.01	
2	ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ: розрахунок електричних навантажень в мережі напругою до 1 кВ (від силових і освітлювальних ЕП)	11.01-11.02	
3	Розрахунок потужності КУ в мережі напругою до 1 кВ	12.02-28.02	
4	Розміщення трансформаторів на площі	01.03-15.03	
5	Вибір схеми мережі	16.03-30.03	
6	Вибір типу і параметрів комутаційно-захисних апаратів у внутрішньоцехових мережах (для одного з приєднань)	01.04-20.04	
7	Вибір марки і перетини струмоведучих частин	21.04-02.05	
8	Розрахунок струмів К.З. в мережі напругою до 1 кВ. Перевірка апаратів і СВЧ на стійкість дії струмів короткого замикання	03.05-20.05	
9	Перевірка показників якості електроенергії (відхилення напруги) на шинах цехової ТП	21.05-30.05	
10	Проектування однолінійної схеми електропостачання вузла навантаження	01.06-14.06	
11	Оформлення пояснювальної записки, презентації	15.06-20.06	

6. Дата видачі завдання: «15» грудня 2025 року

Здобувач вищої освіти _____ Вячеслав КРАВЧЕНКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____ Павло ВАСЮЧЕНКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

до бакалаврської роботи на тему

«Проектування підстанції 10/0,4 кВ «Перемога», с. Слобожанське»

ВЯЧЕСЛАВ КРАВЧЕНКО

Пояснювальна записка містить 56 сторінок, 10 рисунків, 4 таблиць, 0 додатків, 50 використаних джерел.

Бакалаврська робота присвячена проектуванню трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ «Перемога», що забезпечує електропостачання споживачів с. Слобожанське. Метою роботи є розроблення технічно обґрунтованого проекту підстанції, який забезпечує надійне, безпечне та економічно ефективне електропостачання відповідно до чинних нормативних вимог.

У роботі виконано аналіз вихідних даних щодо електричних навантажень споживачів, визначено розрахункову потужність підстанції та обґрунтовано вибір силового трансформатора. Проведено розрахунок електричних навантажень, струмів короткого замикання, здійснено вибір комутаційної апаратури, струмопровідних частин, кабельних ліній та захисного обладнання. Розроблено однолінійну електричну схему підстанції, виконано перевірку вибраного обладнання за умовами тривалого режиму роботи та дії струмів короткого замикання.

Особливу увагу приділено питанням релейного захисту, автоматизації, заземлення, блискавкозахисту та електробезпеки. Проведено техніко-економічне обґрунтування прийнятих проектних рішень, що підтверджує їхню доцільність та відповідність сучасним вимогам до систем електропостачання.

Результати бакалаврської роботи можуть бути використані під час реконструкції або будівництва розподільчих трансформаторних підстанцій напругою 10/0,4 кВ, а також у навчальному процесі під час підготовки фахівців спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПІДСТАНЦІЯ 10/0,4 КВ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СИЛОВИЙ ТРАНСФОРМАТОР, ЕЛЕКТРИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ, КОМУТАЦІЙНА АПАРАТУРА, ЗАЗЕМЛЕННЯ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА, ПРОЕКТУВАННЯ.

ABSTRACT
up to bachelor's work on the topic
“Design of 10/0.4 kV substation “Peremoga”, p. Slobozhansk”
VYACHESLAV KRAVCHENKO

Explanatory note contains 56 pages, 10 figures, 4 tables, 0 addendums, 50 quick references.

The bachelor’s work is dedicated to the design of the 10/0.4 kV transformer substation “Peremoga”, which will ensure electricity supply for residents of the village. Slobozhanska. The method of work is the subdivision of a technically designed substation design, which will ensure reliable, safe and economically efficient power supply in accordance with the required regulatory requirements.

The robot has analyzed the output data for the electrical inputs of the residents, determined the load capacity of the substation and selected the power transformer. The electrical circuits, short-circuit lines were redesigned, the selection of switching equipment, power-conducting parts, cable lines and dry equipment was made. The single-line electrical circuit of the substation has been broken down, and the selected control unit has been verified to determine the operating mode and short-circuit current.

Particular attention is paid to the power supply of relay protection, automation, grounding, emergency protection and electrical safety. A technical and economical assessment of the adopted design solutions has been carried out, which confirms their usefulness and relevance to the current needs of power supply systems.

The results of the bachelor's work can be obtained during the reconstruction or construction of separate transformer substations with a voltage of 10/0.4 kV, as well as during the initial process during the preparation of facists specialties 141 “Electrical power engineering, electrical engineering and electrical mechanics.”

KEY WORDS: 10/0.4 KV SUBSTATION, ELECTRICAL, POWER TRANSFORMER, ELECTRICAL, SHORT CIRCUIT, RELAY PROTECTION, SWITCHING EQUIPMENT, GROUNDING, ELECTRICAL SAFETY, DESIGN

ЗМІСТ

с

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ	6
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	6
ВСТУП	7
1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПІДСТАНЦІЇ І ВИБІР СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ	9
1.1. Вибір типа і розрахунок потужності трансформаторів	9
1.2. Визначення втрат потужності в трансформаторах	10
2. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ ПІДСТАНЦІЇ	12
3. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	15
3.1 Загальні відомості про короткі замикання	15
3.2 Розрахунок трифазного (симетричного) короткого замикання	16
4. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ І СВЧ ДЛЯ СХЕМИ ПІДСТАНЦІЇ	20
4.1. Розрахунок максимальних робочих струмів	20
4.2. Вибір різних видів електричних апаратів вищий 1000В	21
4.2.1. Вибір вимикачів	22
4.2.2. Вибір роз'єднувачів і вимикачів навантаження	24
4.2.3. Вибір трансформаторів струму	26
4.2.4. Вибір трансформаторів напруги	28
4.3. Вибір струмоведучих частин	30
4.4. Проектування однолінійної схеми електропостачання вузла навантаження Вибір вимірювальних трансформаторів напруги	31
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	37
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	37

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Кравченко				Проектування підстанції 10/0,4 кВ «Перемога», с. Слобожанське			
Перевірив	Васюченко							
Н. контрол.								
Затв.	Васюченко							
					Лист	Лист	Листов	
					ДЕА-Е22+Е23пр ННІ УПА ХНУ ім. В.Н. Каразіна			

5.2 Заходи щодо забезпечення електробезпеки	39
5.3 Пожежна та вибухова безпека	40
5.4 Вимоги до виробничого освітлення	41
5.5 Захист навколишнього середовища	43
Висновки до розділу 5	45
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

Завдання на дипломну роботу «Проектування електричної схеми підстанції 10/0,4 кВ», містить в собі наступні показники, що характеризують проєктований об'єкт:

- рівень напруги висока сторона, кВ;
- рівень напруги низька сторона, кВ;
- максимальне навантаження підстанції, МВА;
- довжина ПЛЕП, км;
- потужність к.з. системи, МВА;

Таблиця 1.1 Початкові дані

Номер варіанту	Навантаж ення шин 10 кВ S_{max} , МВА,	Рівень напруг и висока сторон а, U_n , кВ	Рівень напруг и низька сторон а, U_n , кВ	Довжи на ПЛЕП, L_L , км	потужніст ь к.з. системи, МВА	τ_{MAX} , годин	Рн.ад „ МВт
1	2	3	4	5	6	7	8
	9,1	10	0,4	40	700	3300	0,5

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

АТ	-	автотрансформатор
ВЛ	-	високовольтна лінія
ГОСТ	-	державний стандарт
к.з.	-	коротке замикання
КІП	-	контрольно-вимірювальні прилади
ЛЕП	-	лінія електропередачі
НТД	-	нормативно-технічна документація
ВРП	-	відкритий розподільний пристрій
ПТБ	-	правила техніки безпеки
ПУЕ	-	правила пристрою електроустановок
РП	-	розподільний пристрій
РП ВН	-	розподільний пристрій високої напруги
РП СН	-	розподільний пристрій середньої напруги
В.П.	-	власні потреби
ТН	-	трансформатор напруги
ТВП	-	трансформатор власних потреб
ТС	-	трансформатор струму

ВСТУП

Розподільча, у тому числі міська та промислова, електрична мережа споруджується для електропостачання споживачів. Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), електропостачання — це забезпечення споживачів електричною енергією. Більш широким поняттям є енергопостачання, яке означає забезпечення споживачів усіма видами енергії (електричною, тепловою, газом тощо). Системою електропостачання називають сукупність електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електричною енергією.

До системи електропостачання висуваються такі основні вимоги:

- забезпечення споживачів необхідною кількістю електричної енергії;
- забезпечення необхідної якості електропостачання споживачів. Під якістю електропостачання зазвичай розуміють необхідний рівень надійності електропостачання, а також відповідність частоти та напруги на затискачах електроприймачів установленим нормам;
- економічна доцільність спорудження та експлуатації системи, тобто поєднання відносно невисокої вартості обладнання, витрат на будівництво й експлуатацію, включаючи втрати електричної енергії;
- забезпечення можливості розвитку мережі без її докорінної реконструкції;
- зручність і безпека обслуговування.

Найважливішою з перелічених вимог є перша, оскільки споживач повинен отримувати необхідну йому кількість електричної енергії.

Виконання другої вимоги регламентується Правилами улаштування електроустановок, згідно з якими за умовами надійності електропостачання всі електроприймачі поділяються на три категорії.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

До електроприймачів першої категорії належать такі, перерва в електропостачанні (перерва живлення) яких може спричинити загрозу життю людей, небезпеку для безпеки держави, значні матеріальні збитки, порушення складного технологічного процесу, а також порушення функціонування особливо важливих об'єктів комунального господарства, зв'язку та телебачення. Серед них виділяють особливу групу електроприймачів, безперебійна робота яких необхідна для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрози життю людей, вибухам і пожежам.

До електроприймачів другої категорії належать такі, перерва живлення яких призводить до масового недовипуску продукції, масових простоїв працівників, механізмів і промислового транспорту, а також до порушення нормальної життєдіяльності значної кількості міських і сільських жителів.

Електроприймачі третьої категорії — це всі інші електроприймачі, які не підпадають під визначення першої та другої категорій.

Метою даної дипломної роботи є проектування підстанції 10/0,4 кВ, з урахуванням сучасних високоефективних методів, технічних рішень, підвищення техніко-економічних показників проектного об'єкту і вимог по надійності, економічності і підтримки якості електроенергії у вузлових точках електричної мережі.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПІДСТАНЦІЇ І ВИБІР СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

1.1 Вибір типа і розрахунок потужності силових трансформаторів

Силові трансформатори призначені для перетворення електроенергії змінного струму з однієї напруги в інше. Враховуючи те, що у всіх завданнях наявності є споживачі 1-а і 2-а категорії, слід передбачати установку на проєктованих підстанціях двох трансформаторів або автотрансформаторів, допускається установка більшого числа трансформаторів або автотрансформаторів при відповідних техніко-економічних обґрунтуваннях або за наявності двох середніх напруг. Трансформатори застосовуємо трифазні, оскільки втрати в них на 12 – 15% нижчі, а витрата активних матеріалів і вартість на 20-25% менше, ніж в групі трьох однофазних трансформаторів такої ж сумарної потужності.

Номінальною потужністю трансформатора називається вказане в заводському паспорті значення повної потужності, на яку безперервно може бути навантажений трансформатор в номінальних умовах місця установки охолоджуючого середовища при номінальній частоті і напрузі.

Згідно ПУЕ потужність двох трансформаторів визначимо по формулі:

$$S_{н.тр.} = \frac{S_{П/СТ}}{K_{AB} \cdot (N - 1)},$$

де K_{AB} – коефіцієнт допустимого аварійного перевантаження для вибраного трансформатора (приймаємо 1,4);

N – кількість, встановлюваних на підстанції трансформаторів.

$$S_{н.тр.} = 9,1 / 1,4 = 6,5 \text{ МВА}$$

Виходячи з набутих значень, вибираємо два трансформатори типа ТМН–6300/10/0,4 .

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведемо характеристику даних трансформаторів: двохобмотувальний трансформатор з природною циркуляцією повітря і масла, з регулюванням напруги під навантаженням.

Параметри даного трансформатора приведені нижче:

- $S_{ном.} = 6,3 \text{ МВА};$
- Напруга короткого замикання $U_{к.з.} = 7,5 \%$
- Втрати холостого ходу $\Delta P_{х.х.} = 8 \text{ кВт};$
- Втрати короткого замикання $\Delta P_{к.з.} = 46,5 \text{ кВт}$
- Струм холостого ходу $I_{х.х.} = 0,8 \%$

Визначимо коефіцієнт завантаження силового трансформатора підстанції в аварійному режимі роботи:

$$K_z = S_{п/ст} / S_{н.тр.} = 9,1 / 6,3 = 1,4$$

$$1,4 \geq 1,4$$

Даний трансформатор задовольняє умові перевірки по роботі з допустимим аварійним перевантаженням.

1.2 Визначення втрат потужності в трансформаторах

Втрати потужності в елементах мережі є невід'ємною частиною електричних навантажень. Зниження втрат може бути досягнуте за рахунок вибору при проектуванні підстанції вищої напруги, збільшення перетину або розщеплювання дротів, тобто за рахунок здійснення низки заходів, що вимагають додаткових капіталовкладень. Їх необхідно враховувати для правильного вибору $ДЖ$ – числа і потужності трансформаторів $ПС$; потужності додаткових джерел реактивної потужності; для розрахунків за спожиту електроенергію з енергозабезпечуючою організацією; для складання

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

енергетичного балансу вузла навантаження, а також при складанні варіантів схем при техніко-економічних розрахунках.

У силових двохобмотувальних трансформаторах втрати потужності складають:

$$\Delta P_T = (\Delta P_{x.x.} + K_3^2 \Delta P_{k.з.}) \cdot N_{опт}, \text{ кВт}$$

$$\Delta P_T = (8 + 0,7^2 \cdot 46,5) \cdot 2 = 64,2 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = \frac{I_{x.x.} + K_3^2 \cdot U_{к.з.}}{100} \cdot S_{н.тр.} \cdot N_{опт}, \text{ квар}$$

$$\Delta Q_T = \frac{0,8 + 0,7^2 \cdot 75}{100} \cdot 6300 \cdot 2 = 590,68, \text{ квар}$$

де K_3 – коефіцієнт завантаження трансформатора

$$K_3 = \frac{S_p}{S_H} = \frac{9,1}{6,3 \cdot 2} = 0,7$$

$\Delta P_{x.x.}$, $U_{к.з.}$ - втрати холостого ходу, і короткого замикання трансформатора, кВт; струм холостого ходу і напруга короткого замикання в % - довідкові дані трансформатора.

2. Розробка схеми електричних з'єднань підстанції

На вибір схем електричних з'єднань підстанцій впливає ряд чинників, серед яких найістотнішими є: тип і призначення підстанції, її місцезнаходження в енергосистемі; число і потужність трансформаторів (автотрансформаторів) і ліній електропередач (ЛЕП), величина місцевого навантаження; категорійність споживачів, схеми і напруги прилеглих мереж енергосистеми, рівень струмів K_3 , наявність устаткування потрібних параметрів, величина збитку при недоотпуску електроенергії споживачам і при погіршенні якості електроенергії, наявність площ і ін. Ряд цих чинників приведений в завданні на курсовий проект.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Проте, враховуючи певну неконкретність проекрованої підстанції, також чинники, як перспектива розвитку електричних мереж району, де вона розташована, організація диспетчерського управління енергосистеми і управління даної підстанції, спеціальні вимоги до її схеми, витікаючі з розрахунків динамічної стійкості, очікувані величини кратностей внутрішніх перенапружень, динаміка зростання навантажень мережі середньої і нижчої напруги, не відомі, і тому приймати їх слід імовірно по розсуду. У всіх випадках слід припускати наявність споживачів всіх трьох категорій, причому можна прийняти, що споживачі 1-у і 2-у *категорії* складають 30% від загального об'єму споживачів, а 3-й *категорії* – 20%.

РП 10 кВ. Дане РП є пристроєм вищої напруги підстанції і призначено для здійснення введення на підстанцію. РП 10 кВ може бути зібране по схемі «два блоки трансформатор-лінія» або по схемі «містка з робочою і ремонтною перемичкою» залежно від способу підключення до проходячої мимо двохланцюгової ЛЕП. У РП 10 кВ використовуються вакуумні або повітряні вимикачі, роз'єднувачі РДЗ – 10, вимірювальні трансформатори струму типа ТФЗМ-10А і напруги ЗНОМ – 10.

Як варіанти РП 10 кВ в дипломній роботі розглянуто 2 основних: з робочою і ремонтною перемичкою (для транзитної підстанції включеної в розтин ЛЕП) і лише з ремонтною перемичкою (для підстанції харчується радіально).

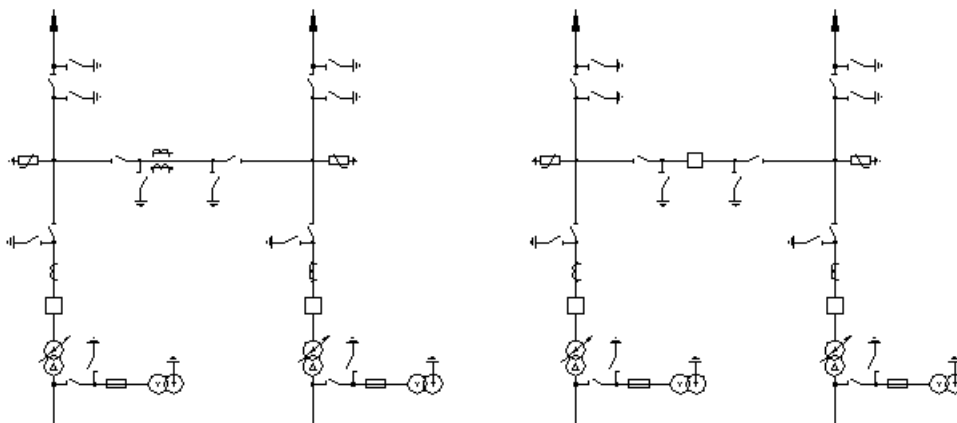


Рис. 2.1 Варіанти схем РП 10 кВ

РП 0,4 кВ. На даній підстанції цей розподільний пристрій зібраний з камер комплектного розподільного пристрою зовнішньої установки (КРПН). РП – 0,4 кВ одержує живлення від силових трансформаторів при відключеному секційному вимикачі і АВР в ньому. На РП встановлені автоматичні вимикачі з вбудованим електромагнітним приводом. Роз'єднувачі на приєднаннях не встановлені. Застосування камер КРПН зумовило установку роз'єднувачі в ланцюзі трансформатора напруги і розрядника. Для підключення захисту і приладів електровимірювань застосовують трансформатори струму ТЛМ. Всі лінії, що відходять, 0,4 кВ мають захист від замикання на землю, для живлення якої передбачений трансформатор струму нульової послідовності ТЗЛМ-1УЗ, встановлений на кабельній вставці на виході кожної лінії.

Однолінійна схема підстанції представлена на листі графічної частини.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

3.1 Загальні відомості про короткі замикання

Коротким замиканням називається порушення нормальної роботи електричної установки, викликане замиканням фаз між собою, а також замиканням фаз на землю в мережах з глухозаземленими нейтралями.

Причинами *КЗ* звичайно є порушення ізоляції, викликані її механічними пошкодженнями, старінням, набросами сторонніх тіл на провода ліній електропередачі, проїздом під лініями механізмів негабаритів, прямими ударами блискавки, перенапруженнями, незадовільним доглядом за устаткуванням. Часто причиною пошкоджень в електроустановках, що супроводжуються короткими замиканнями, є неправильні дії обслуговуючого персоналу.

При *КЗ* струми в пошкоджених фазах збільшуються у декілька разів в порівнянні з їх нормальними значеннями, а напруги знижуються, особливо поблизу місця пошкодження.

Протікання великих струмів *КЗ* викликає підвищений нагрів провідників, а це веде до збільшення втрат електроенергії, прискорює старіння і руйнування ізоляції, може привести до втрати механічної міцності струмоведучих частин і електричних апаратів.

Зменшення рівня напруги при *КЗ* в мережі веде до зменшення моменту електродвигунів, що обертається, їх гальмування, зниженню продуктивності і навіть до повного останову.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розрахунок трифазного (симетричного) короткого замикання

Для вибору електроустаткування, апаратів, шин, кабелів необхідно знати струми короткого замикання. При цьому достатньо визначити струм трифазного КЗ в місці пошкодження, а в деяких випадках – розподіли струмів в гілках схеми. При розрахунку необхідно визначити періодичну складову струму КЗ для найважчого режиму роботи мережі.

При розрахунку трифазного КЗ нам необхідно для даної установки скласти розрахункову схему, скласти електричну схему заміщення; шляхом поступового перетворення привести схему заміщення до такого вигляду, щоб кожне джерело живлення було пов'язане з крапкою КЗ одним опором; визначити початкове значення періодичної складової і ударний струм.

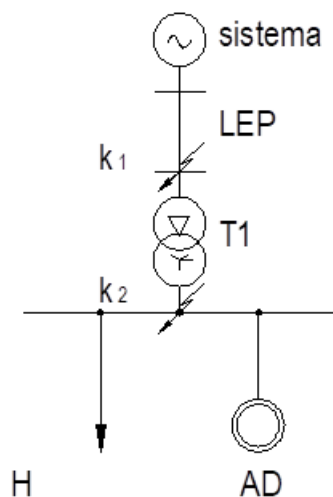


Рис. 3.2.1 Розрахункова схема струму к.з.

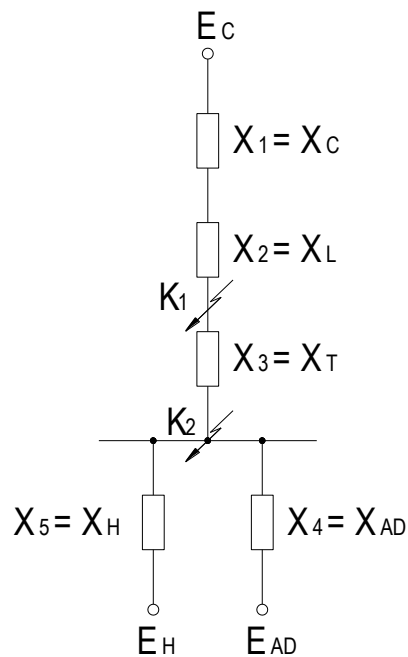


Рис. 3.2.2 Схема заміщення розрахунку струмів к.з.

Задаємося базисними умовами

$$S_{\delta} = 100 \text{ MVA}$$

$$U_{\delta 1} = 10 \text{ кВ}$$

$$U_{\delta 2} = 0,4 \text{ кВ}$$

При цьому базисний струм визначають з виразу

$$I_{\delta 1} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 37} = 1,6 (\text{кА});$$

$$I_{\delta 2} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 6,3} = 9,3 (\text{кА});$$

Опори елементів визначаються у відносних одиницях, приведених до базисних умов з використанням наближеного приведення по наступних виразах.

$$x_c = x_1 = \frac{S_{\delta}}{S_{\text{кз}}} = \frac{100}{700} = 0,14,$$

$$x_l = x_2 = x_0 \cdot l \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср.лэн}}^2} = 0,4 \cdot 40 \cdot \frac{100}{37^2} = 1,17$$

$$x_m = x_3 = \frac{U_{\kappa}}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_n} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{6,3} = 1,2$$

$$x_{a\delta} = x_4 = x_{a\delta} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_n} = 0,2 \cdot \frac{100 \times 0,8}{0,5} = 32$$

$$x_n = x_5 = x_{\delta} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_n} = 0,35 \cdot \frac{100}{9,1} = 3,8$$

Розрахунок струмів короткого замикання для крапки *KI*

Послідовне з'єднання опорів X_1 і X_2 :

$$X_6 = X_1 + X_2 = 0,14 + 1,17 = 1,31$$

Перетворимо схему заміщення – зірку опорів X_3 , X_4 і X_5 використовуючи метод коефіцієнта участі:

$$X_{PE3} = \frac{X_4 \cdot X_5}{X_4 + X_5} = X_{PE3} = \frac{32 \cdot 3,8}{32 + 3,8} = \frac{121,6}{35,8} = 3,4$$

$$C_1 = \frac{X_{PE3}}{X_4} = \frac{3,4}{32} = 0,1$$

$$C_2 = \frac{X_{PE3}}{X_5} = \frac{3,4}{3,8} = 0,9$$

$$X_{ОБЩ} = X_{PE3} + X_3 = 3,4 + 1,2 = 4,6$$

$$X_7 = \frac{X_{ОБЩ}}{C_1} = \frac{4,6}{0,1} = 46$$

$$X_8 = \frac{X_{ОБЩ}}{C_2} = \frac{4,6}{0,9} = 5,1$$

Маємо

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

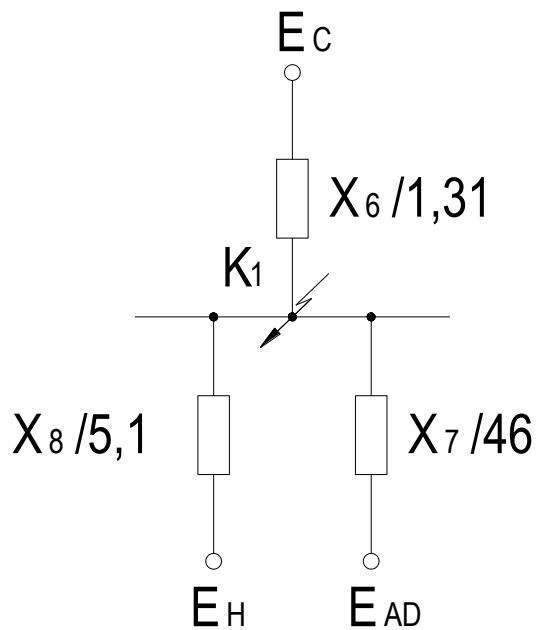


Рис. 3.2.3 Схема заміщення розрахунку струмів к.з.

Струм к.з. у точці $K1$ дорівнює

$$I_{no1} = \frac{E_c}{X_6} \cdot I_{\phi1} + \frac{E_H}{X_8} \cdot I_{\phi1} + \frac{E_{AD}}{X_7} \cdot I_{\phi1} =$$

$$= \frac{1}{1,31} \cdot 1,6 + \frac{0,85}{5,1} \cdot 1,6 + \frac{0,9}{46} \cdot 1,6 = 1,22 + 0,26 + 0,03 = 1,51 \text{ (кА)}$$

$$I_{y\partial} = \kappa_{y\partial} \sqrt{2} \cdot i_{no} = 1,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,51 = 3,6 \text{ (кА)}$$

Розрахунок струмів короткого замикання для крапки $K2$.

Послідовне з'єднання опорів $X1, X2$ і $X3$:

$$X_9 = X_1 + X_2 + X_3 = 0,14 + 1,17 + 1,2 = 2,51$$

Схема, перетворена щодо крапки к.з. має вигляд:

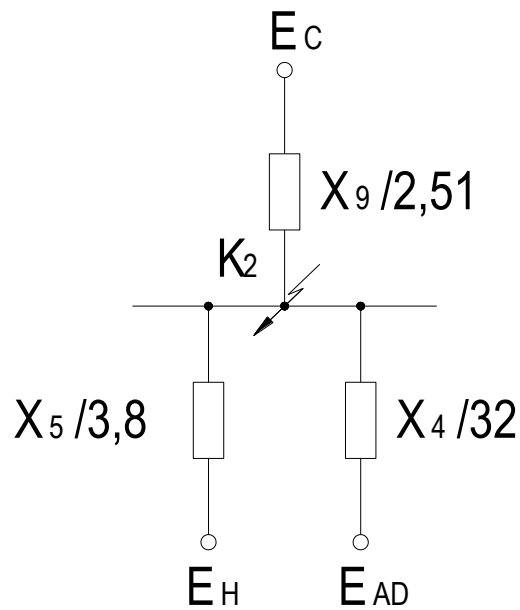


Рис. 3.2.4 Схема заміщення розрахунку струмів к.з.

Струм к.з. у точці $K2$ дорівнює

$$I_{no1} = \frac{E_c}{X_9} \cdot I_{\phi 2} + \frac{E_H}{X_5} \cdot I_{\phi 2} + \frac{E_{AD}}{X_4} \cdot I_{\phi 2} =$$

$$= \frac{1}{2,51} \cdot 9,3 + \frac{0,85}{3,8} \cdot 9,3 + \frac{0,9}{32} \cdot 9,3 = 3,7 + 2,08 + 0,26 = 6,04 \text{ (кА)}$$

$$I_{y\phi} = \kappa_{y\phi} \sqrt{2} \cdot i_{no} = 1,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,04 = 14,5 \text{ (кА)}$$

4. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ І СВЧ ДЛЯ СХЕМИ ПІДСТАНЦІЇ

Всі електричні апарати, струмоведучі частини і ізолятори на станціях і підстанціях повинні бути вибрані за умов тривалої роботи і перевірені за умов короткого замикання відповідно до вказівок "Правил пристроїв електроустановок" і "Керівних вказівок по розрахунку коротких замикань, вибору і перевірці апаратів і провідників за умов короткого замикання".

Вибір апаратів і провідників для проектованої установки починають з визначення по заданій електричній схемі розрахункових умов, а саме: розрахункових робочих струмів приєднань, розрахункових струмів короткого замикання і т.д.

При виборі апаратів необхідно враховувати рід установки (зовнішня або внутрішня), температуру навколишнього повітря, вогкість і забрудненість приміщення, а також габарити, вагу, вартість апарату, зручність його розміщення в розподільному пристрої.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.1 Розрахунок максимальних робочих струмів

Таблиця 4.1 Розрахунок максимальних робочих струмів.

№ п/п	Найменування приєднання	Розрахункова формула	Підстановка числових значень	Робочий максимальний струм, А
1	Введення в РУ 10 кВ	$I_{p.m.} = \frac{K_n S_{н.тр.}}{\sqrt{3} U_{ном.}}$	$\frac{1,4 \cdot 6300}{1,73 \cdot 10}$	510
2	Введення в РУ 0,4 кВ	$I_{p.m.} = \frac{K_n S_{н.тр.}}{\sqrt{3} U_{ном.}}$	$\frac{1,4 \cdot 6300}{1,73 \cdot 0,4}$	12 000
3	Ланцюг секційного вимикача РУ 0,4 кВ	$I_{p.m.} = \frac{K_n \cdot 0,6 \cdot S_{н.тр.}}{\sqrt{3} U_{ном.}}$	$\frac{1,4 \cdot 0,6 \cdot 6300}{1,73 \cdot 0,4}$	7 647
4	Первинна обмотка ТВП	$I_{p.m.} = \frac{K_n S_{ТСН}}{\sqrt{3} U_{ном.}}$	$\frac{1,4 \cdot 400}{1,73 \cdot 0,4}$	809

У формулах, приведених в таблиці:

K_n – коефіцієнт допустимого перевантаження силового трансформатора;

$K_{рн}$ – коефіцієнт розподілу навантаження по шинах споживачів;

$S_{н.тр.}$ – номінальна потужність силового трансформатора в kVA ;

$S_{н.тсн.}$ - номінальна потужність трансформатора власних потреб в kVA ;

$U_{ном.}$ – номінальна напруга мережі в кВ;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт активної потужності районного споживача

4.2 Вибір різних видів електричних апаратів вищий 1000В

4.2.1 Вибір вимикачів

Вимикачі є основним комутаційним апаратом і служать для відключення і включення ланцюгів в різних режимах роботи. Найвідповідальнішою операцією є відключення струмів $KЗ$ і включення на існуюче $KЗ$.

При виборі вимикачів необхідно враховувати основні вимоги, що пред'являються до них. Вимикачі повинні надійно відключати будь-які струми: нормального режиму і $KЗ$, а також малі індуктивні і місткі струми без появи при цьому небезпечних комутаційних перенапружень. Для збереження стійкої роботи системи відключення $KЗ$ повинне вироблятися щонайшвидше; вимикач повинен бути пристосований для швидкодійного АПВ. Конструкція вимикача повинна бути простою, зручною для експлуатації і транспортування, вимикач повинен володіти високою ремонтпридатністю, взриво- і пожаробезопасністю.

По конструктивних особливостях і способі гасіння дуги розрізняють наступні типи вимикачів: масляні багатооб'ємні, масляні малооб'ємні, повітряні, електромагнітні, елегазові, автогазові, вакуумні.

У мережах $6 \div 10$ кВ застосовуються в основному малооб'ємні масляні вимикачі, вимикачі з магнітним гасінням дуги і вакуумні.

Вибір апаратів виконаємо по наступних параметрах:

1. По номінальній напрузі

$$U_{ном.} \geq U_{ном.мережі},$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга апарату в кВ;

$U_{ном.мережі}$ – номінальна напруга мережі в кВ.

2. По номінальному струму

$$I_{ном.} \geq I_{р.макс.},$$

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де $I_{ном.}$ – номінальний струм апарату в A ;

$I_{р.макс}$ – робочий максимальний струм приєднання в A .

3. По номінальному струму відключення (окрім роз'єднувачів)

$$I_{ном.відкл.} \geq I_{к.з.},$$

де $I_{ном.відкл.}$ – номінальний струм відключення апарату в $кА$;

$I_{к.з.}$ – діюче значення періодичної складової струму короткого замикання в $кА$.

4. По термічній стійкості до дії струмів $к.з.$

$$I_m^2 \cdot t_m \geq B_K,$$

де I_m – струм термічної стійкості апарату в $кА$;

t_m – час термічної стійкості апарату в $з$;

B_K – тепловий імпульс струму короткого замикання в даній точці схеми в $кА^2 \cdot с$.

5. По електродинамічній стійкості до дії струмів $до. з.$

$$i_{дин.} \geq i_{уд.},$$

де $i_{дин.}$ – струм динамічної стійкості апарату в $кА$;

$i_{уд.}$ – ударний струм короткого замикання в даній точці схеми в $кА$.

Вибір вимикачів підстанції виконаємо в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 Вибір вимикачів

Найменування приєднання	<u>Уном.</u> Уном.мере жі	<u>Іном.</u> Ір.макс	<u>Іном.</u> <u>відк</u> Ік.з.	<u>Іт.2•тт.</u> ВК	<u>ідін.</u> іуд.	Тип вибраного апарату
Введення в РП 10 кВ	<u>10</u> 10	<u>1000</u> 510	<u>20</u>	<u>202•3</u>	<u>52</u>	ВВ/TEL– 10 –1000 – УЗ
Введення в РП 0,4 кВ	<u>0,4</u> 0,4	<u>16000</u> 12000	<u>20</u>	<u>202•4</u>	<u>52</u>	ABB

Запасний вимикач РП 6 кВ	<u>10</u> 10	<u>1000</u> 509,83	<u>20</u>	<u>202•4</u>	<u>52</u>	ВВ/TEL– 10 –100 – УЗ
Первинна обмотка ТВП	<u>0,4</u> 0,4	<u>16000</u> 12000	<u>20</u>	<u>202•4</u>	<u>52</u>	ABB

4.2.2 Вибір роз'єднувачів і вимикачів навантаження

Роз'єднувачі призначені для відключення і включення ланцюгів без току і для створення видимого розриву ланцюга в повітрі. У установках невеликої потужності дозволяється відключати роз'єднувачами ненавантажені трансформатори, включати і відключати струм навантаження ліній до 15 А при напрузі 10 кВ і нижче, відключати зарядний струм повітряних і кабельних ліній і струм КЗ на землю. При цьому передбачається наявність трьохполюсних роз'єднувачів.

До надійності роз'єднувачів пред'являють високі вимоги. Це пояснюється великим числом роз'єднувачів в електричних установках і важливістю їх для схем електричних з'єднань. Надійність роботи всієї установки більшою мірою залежить від надійності роботи роз'єднувачів.

Для забезпечення надійної і безпечної експлуатації роз'єднувачів слід прагнути до застосування роз'єднувачів трьохполюсного типу. Щоб виключити помилкові дії з роз'єднувачами, встановлюють блокування, які дозволяють оперувати з роз'єднувачами тільки в тому випадку, якщо пов'язаний з ним вимикач відключений.

Роз'єднувачі і вимикачі навантаження вибираються:

- по номінальній напрузі – $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- по номінальному тривалому струму – $I_{раб.утяж} \leq I_{ном}$;

- по конструкції, роду установки

Роз'єднувачі перевіряють на термічну і динамічну стійкість.

- по електродинамічній стійкості – $i_y \leq i_{np.c}; \quad I_{n.0} \leq I_{np.c},$

де $i_{np.c}, I_{np.c}$ – граничний крізний струм короткого замикання (амплітуда і діюче значення), визначувані по каталогу;

- по термічній стійкості – $B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер},$

де B_k – тепловий імпульс по розрахунку;

$I_{тер}$ – граничний струм термічної стійкості;

$t_{тер}$ – тривалість протікання граничного струму термічної стійкості, визначаються по каталогу.

При виборі вимикачів навантаження слід додати умову вибору по струму відключення:

$$I_{раб.тах} \leq I_{відк},$$

де $I_{відк}$ – номінальний струм відключення вимикача навантаження.

Таблиця 4.3 Вибір роз'єднувачів

Найменування приєднання	<u>Уном.</u> Уном.мер ежі	<u>Іном.</u> Ір.макс	<u>Іт.2•тг.</u> ВК	<u>ідин.</u> іуд.	Тип вибраного апарату
Введення в РУ 10 кВ	<u>10</u> 10	<u>1000</u> 580,9	<u>82•4</u>	<u>21</u>	РНДЗ.2 – 10/1000 – У1

4.2.3 Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму, призначені для живлення вимірювальних приладів, вибираються:

- по номінальній напрузі – $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- по номінальному струму – $I_{раб.мах} \leq I_{ном}$, причому, номінальний струм повинен бути якомога ближче до робочого струму установки, оскільки недовантаження первинної обмотки приводить до збільшення погрішностей;
- по конструкції і класу точності;

Трансформатори струму перевіряються:

- по електродинамічній стійкості;
- по термічній стійкості;
- по навантаженню вторинної сторони.

Вибір класу точності визначає призначення трансформатора струму. У відповідність з ПУЕ:

- а) трансформатори струму для включення приладів електровимірювань повинні мати клас точності не нижче 3;
- б) обмотки трансформаторів струму для приєднання лічильників, по яких ведуться грошові розрахунки, повинні мати клас точності 0,5;
- в) для технічного обліку допускається застосування трансформаторів струму класу точності 1.

Для забезпечення вибраного класу точності необхідно, щоб дійсне навантаження вторинного ланцюга Z_2 не перевершувало нормованої для даного класу точності навантаження $Z_{2ном}$, Ом, тобто

$$Z_2 \leq Z_{2ном}.$$

Умова перевірки по термічній стійкості:

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_k \leq (K_{тер} \cdot I_{1ном})^2 \cdot t_{тер} \text{ або } B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}.$$

Вибір виконаємо в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 Вибір трансформаторів струму

Найменування приєднання	<u>Уном.</u>	<u>Іном.</u>	<u>Іт.2•тг.</u>	<u>ідин.</u>	Номинальне навантаження в класі точності, Ом		Тип вибраного апарату
	Уном.ме режі	Ір.макс	ВК	іуд.			
Введення в РП 10 кВ	<u>10</u> 10	<u>1000</u> 510	<u>152•3</u>	<u>63</u>	1,2	1,2	ТФЗМ - 10Б - І
Введення в РП 0,4 кВ	<u>0,4</u> 0,4	<u>16000</u> 12000	<u>252•3</u>	<u>128</u>	2	0,6	ТВЛМ – 0,4
Запасний вимикач РП 10 кВ	<u>10</u> 10	<u>1000</u> 509,83	<u>31,52•3</u>	<u>128</u>	2	0,6	ТВЛМ-10
Первинна обмотка ТВП	<u>0,4</u> 0,4	<u>16000</u> 12000	<u>102•3</u>	<u>51</u>	2	0,6	ТВЛМ-0,4

Перевіримо трансформатор струму 10 кВ по навантаженню вторинної обмотки.

Для цього розрахуємо опір всіх приладів, під'єднаних до вторинної обмотки трансформатора струму, а так само опір сполучних дротів і перехідний опір контактів апаратів.

Перевірку виконаємо на підставі переліку приладів і схеми їх підключення до вторинної обмотки.

Одержані дані відобразимо в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 Перевірка трансформатора струму по вторинному навантаженню

Прилад	Тип	Клас точності	Навантаження А	Навантаження В	Навантаження З
1	2	3	4	5	6
Амперметр	Э-351	1	0,5	-	-
Лічильники:					
- активної енергії	U-676		2,5	-	2,5
- реактивної енергії	U-673М		2,5	-	2,5
			6	0	5,5

4.2.4 Вибір трансформаторів напруги

Трансформатори напруги для живлення приладів електровимірювань вибираються:

- по напрузі установки – $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- по конструкції і схемі з'єднання обмоток;
- по класу точності;

Трансформатори напруги перевіряються:

- по вторинному навантаженню – $S_{2\Sigma} \leq S_{2ном}$,

де $S_{2ном}$ – номінальна потужність вторинної обмотки у вибраному класі точності.

$S_{2\Sigma}$ – навантаження всіх вимірювальних приладів і реле, приєднаних до трансформатора напруги, $B \cdot A$.

Вибір здійснимо в таблиці 4.6

Таблиця 4.6 Вибір вимірювальних трансформаторів напруги

Распредустройство	Тип вимірювального трансформатора напруги	Номинальна потужність в класі точності, ВА		
		0,5	1	3
10 кВ	ЗНОМ – 10 – 65 У1	150	250	600
0,4 кВ	НАМІ – 0,4 – У3	50	75	200

Таблиця 4.7 Перевірка трансформатора напруги по вторинному навантаженню

Прилад	Тип	К-ть приладів	Потужність однієї обмотки	Число катушок	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	P, Вт	Q, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Амперметр	Э-335	2	2	1	1	0	4	-
Вольтметр	Д-335	1	1,5	2	1	0	3	-
Лічильники:								
- активної енергії	U-676	5	2	2	0,38	0,925	7,6	18,5
- реактивної енергії	U-673	5	2	2	0,38	0,92	7,6	18,5
							22,2	37,0

Сумарне вторинне навантаження

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{22,2^2 + 37^2} = 43,15 \text{ ВА}$$

$$150 > 43,15$$

Приймаємо до установки ЗНОМ – 10 – 65 У1

4.3 Вибір струмоведучих частин

При виборі струмоведучих частин необхідно забезпечити виконання ряду вимог, витікаючих з умов роботи. *СВЧ* повинні:

- тривало проводити робочі струми без надмірного підвищення температури
- протистояти короткочасній електродинамічній і тепловій дії струмів КЗ
- витримувати механічні навантаження, створювані власною масою, а також зусилля, що виникають в результаті атмосферних явищ
- задовольняти вимогам економічності електроустановки.

У розподільних пристроях 10 кВ і вище застосовуються гнучкі шини, виконані дротами АС. Перетин гнучких шин вибирається:

- по напрузі;
- за способом прокладки;
- по економічній густині струму (ошиновка)

$$S = \frac{I_{\text{раб.норм}}}{j_{\text{э}}}$$

Перевірка виробляється за наступних умов:

- по тривало допустимому струму (збірні шини)

$$I_{\text{раб. max}} \leq I_{\text{доп}}$$

- по термічній дії струму короткого замикання

$$\Theta_{\text{до}} \leq \Theta_{\text{к.доп}} \text{ або } S_{\text{min}} = \sqrt{B_{\text{к}}} / C \leq S$$

$$C=90$$

Перевірка за умов коронування виконується для гнучких провідників при напрузі 10 кВ і вище. Можна використовувати також приведені в ПУЕ

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

мінімально допустимі за умов корони перетину дротів повітряних ліній електропередач.

Вибір гнучких шин *ВРП* виконаємо в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 Вибір гнучких шин *ВРП*

№ п/п	Найменування приєднання	Робочий максимальний струм, А	Тривало допустимий струм дроту, А	Термічно стійкий перетин дроту, мм ²	Марка дроти
1	Введення в РП 10 кВ	580,9	605	244/31,7	АС – 240,32
2	Введення в РП 10 кВ	2058,8	700	700/86	АС – 700/86
4	Первинна обмотка ТВП	32,94	265	70/11	АС – 70/1,1

4.4. Проектування однолінійної схеми електропостачання вузла навантаження

У рамках дипломної роботи проведено розрахунок підстанції 10/0,4 кВ.

З урахуванням перегрузочного коефіцієнта та розрахункового навантаження вибрана кількість та потужність силових трансформаторів. Для встановлення прийняти два трансформатора типу ТМН – 6300/10/0,4.

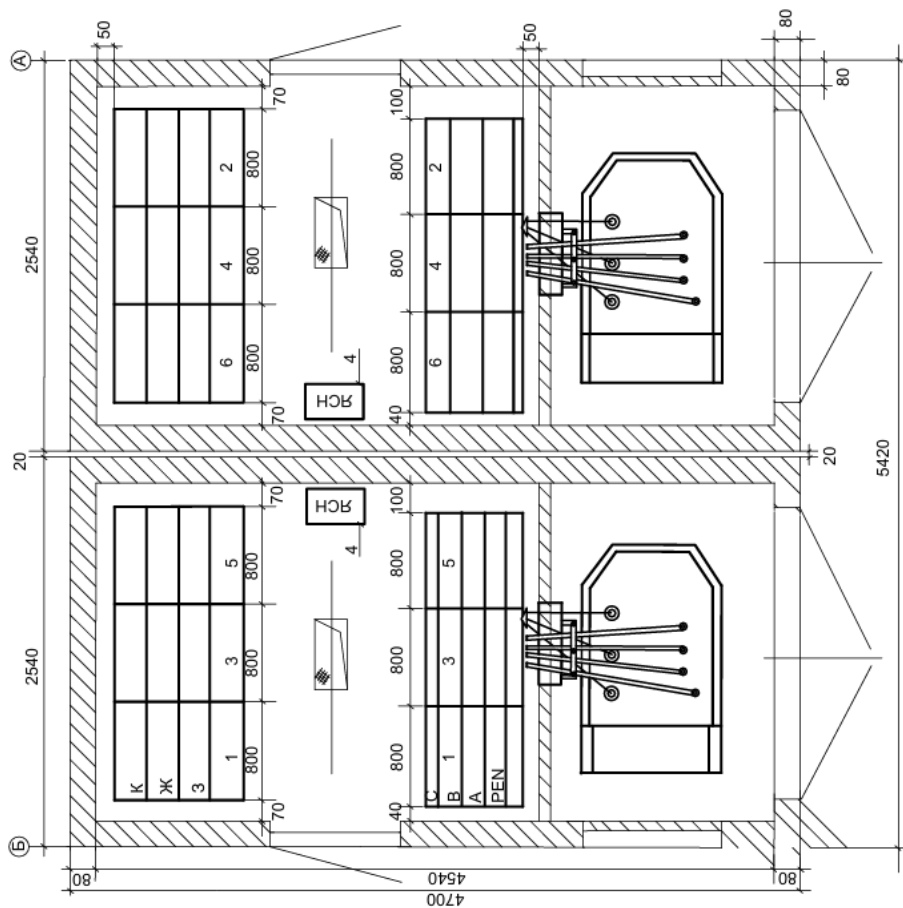
Для данної підстанції визначені втрати потужності у силових трансформаторах.

З урахуванням місця підстанції у системі проаналізовані та розглянуті схеми розподільчих пристроїв 10 кВ та 0,4 кВ.

З метою перевірки апаратів та струмоведучих частин на стійкість струму К.З. виконан розрахунок симетричного струму К.З. на стороні 10 та 0,4 кВ.

По розрахунковому навантаженню виконан вибір та перевірка вимикачів, роз'єднувачів, трансформаторів струму та напруги.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ НА ПЛАНІ

Марка, поз.	Найменування	Од. виміру.	к-ть
1	Трансформатор герметичний силовий ТМГ-6300/10У1, схема задань	шт	2
2	Комплектний розподільчий пристрій 10кВ із камер серії КСО - 366	Комплект	2
3	ЩГ 0,4кВ із панелей типу ЩО70	Комплект	1
4	Щиток освітлювальний ЯСН	шт	2

Рисунок 4.1. План підстанції

Позиція	Позначення	Найменування	Кіл-ть	Примітки
1	ТМ	Трансформатор силовий	1	
2	ЩО-70	Панель вводна	1	
3	ЩО-70	Панель лінійна	2	
4	КСО-392	Ячейка вводна	1	
5	КСО-392	Ячейка лінійна	2	
6	АДЗІТ	Шина алюмінієва (фазна)	3/	шт/м
7	АДЗІТ	Шина алюмінієва (нульова)	1/	шт/м
8	АСБ/АПВв	Кабель силовий з алюмінієвими жилами	15/	м/кг
9	КВТп	Муфта термоусаживасма	2	
10	РВН-05	Розрядник	3	См. прим.
11	ЯСН	Ящик загальних нужд	1	См. Лист №
12		Клици (дерев'яна) 40x40	3	
13	Д=100мм.	Труба асбоцементна	6/2	шт/м
14	Д=100мм.	Труба асбоцементна	4/2	шт/м
15		Місце для аварійного масло - збору		Для ТМ до 6300 кВА
16		Маслоприймач металевий	1	Для ТМ 10000 кВА

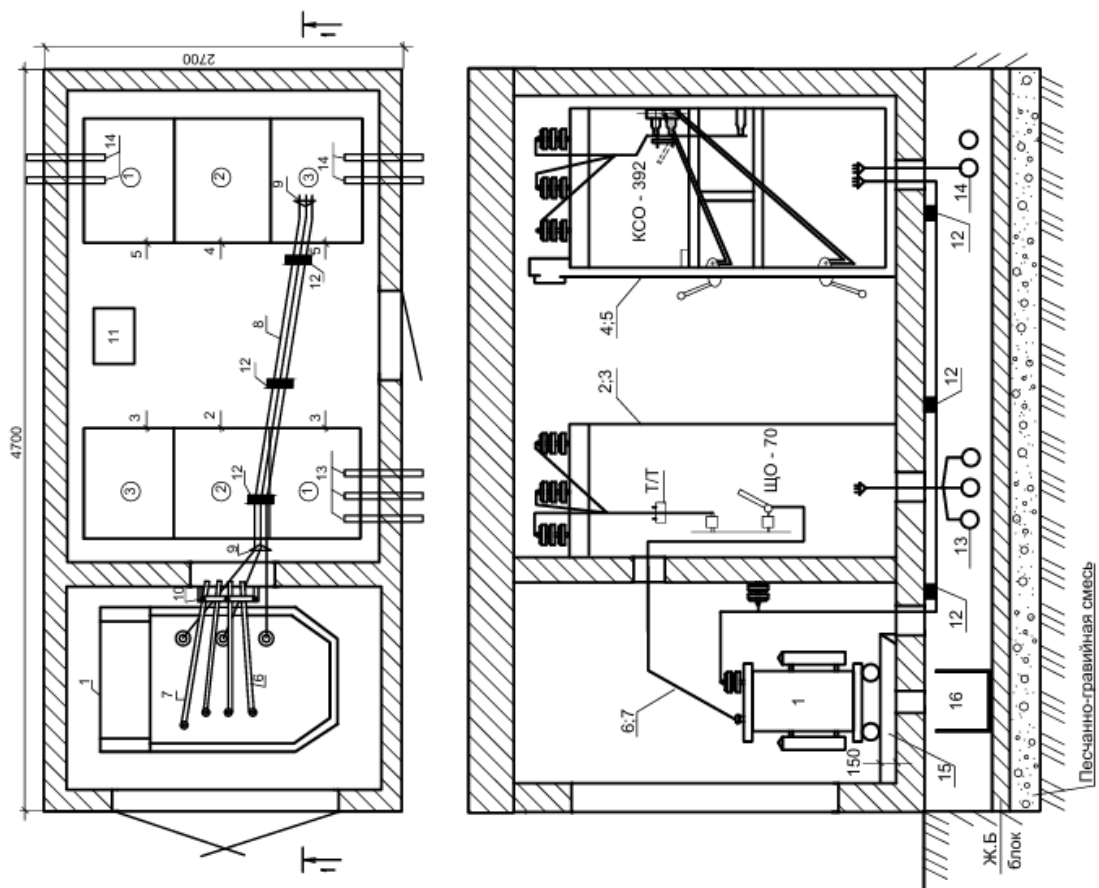


Рисунок 4.2. План та розріз підстанції

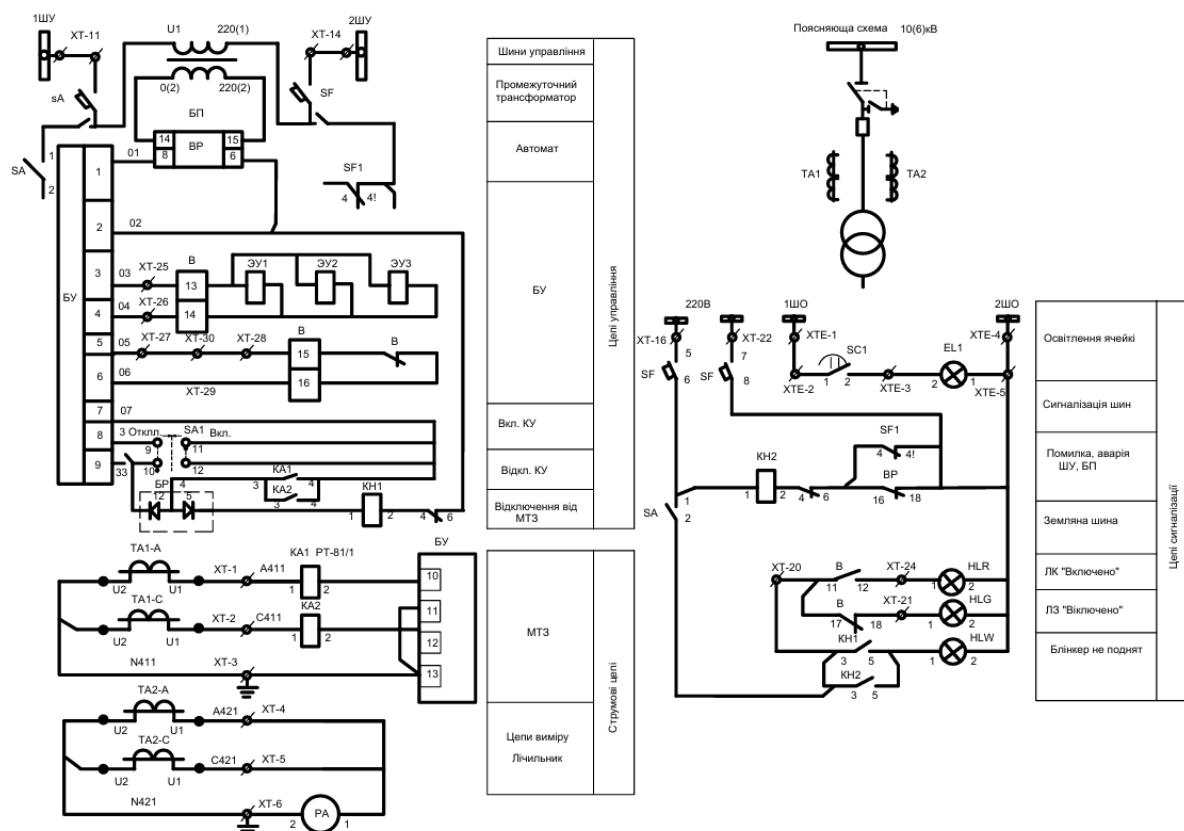


Рисунок 4.3. Принципова схема захисту трансформатора 6300 кВА

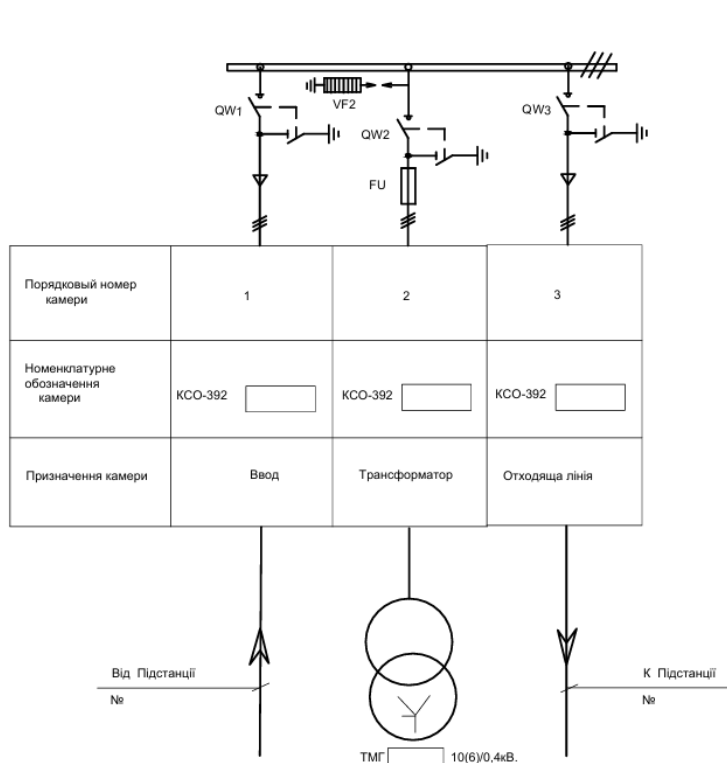


Рисунок 4.4. Схема електричних з'єднань 2БКТП на стороні 10 кВ

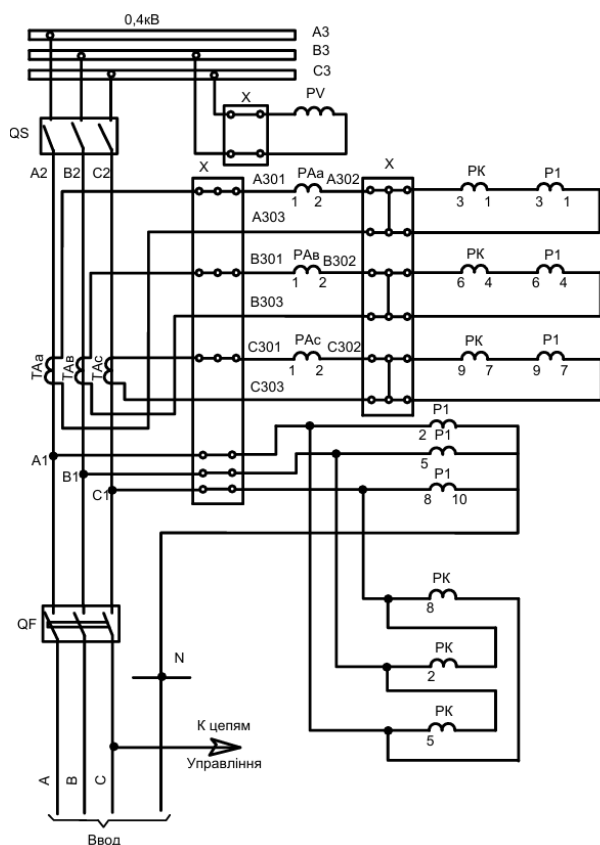
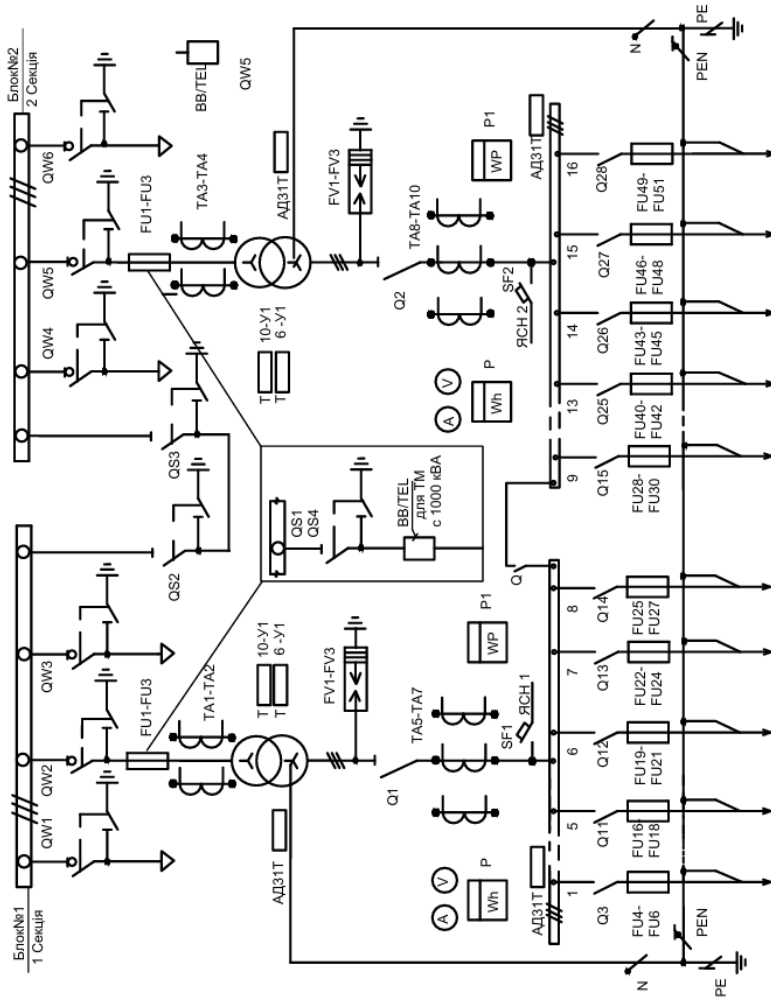


Рисунок 4.5. Схема електричних з'єднань вимірювальних пристроїв



Найменування, тип та обзначення обладнання на схемі

Обозначення	Найменування	Тип	Кіл-ть	Маса Од. кг.	Примітки
FV01-FV03	Розрядник		3		
QW1-QW6	Вимикач навантаження		4/6		
QS1; QS4	Роз'єднувач		2		Для ТМ 1000
QS2-QS3	Роз'єднувач		2		
FU1- FU3	Запобіжник		6		
TA1- TA4	Трансформатор струму		4		
T	Трансформатор		2		
FV1- FV3	Розрядник		6		
TA5- TA10	Трансформатор струму		6		
Q1- Q2	Рубильник, вимикач		2		
SF1- SF2	Автом. вимикач		2		
ЯСН1; ЯСН2	К ящику собствен. нужд		-		См. лист №
P	Лічильник актив. енергії		1		
P1	Лічильник реактив. енергії		1		
A	Амперметр		1		
V	Вольтметр		1		
Q	Рубильник секційний		1		
ABP	Автом. вимикач резерва		1		
Q3- Q28	Роз'єднувач		16		
FU4- FU51	Запобіжник		48		
AD31T	Шина (фазна)		1		
AD31T	Шина (нульова)		1		
PEN	Захисні провідники		1		
PE	Захисні провідники		1		

Рисунок Схема електричних з'єднань 2БКТ10(6)0,4кВ_

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час експлуатації систем електропостачання та електротехнічного обладнання на працівників можуть впливати різноманітні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які здатні негативно позначатися на стані здоров'я персоналу, його працездатності та безпеці виконання виробничих завдань. У зв'язку з цим важливим напрямом охорони праці є своєчасна ідентифікація таких факторів, оцінка ступеня їх впливу та впровадження ефективних заходів щодо їх усунення або зниження до допустимого рівня.

Найбільш небезпечним фактором під час обслуговування електроустановок є вплив електричного струму. Ураження може статися внаслідок випадкового контакту зі струмовідними частинами, пошкодження ізоляції електрообладнання, порушення правил його експлуатації або недотримання вимог електробезпеки. Наслідками дії електричного струму можуть бути опіки, порушення функціонування серцево-судинної та нервової систем, а також важкі травми, що інколи призводять до летальних випадків.

Суттєву небезпеку становлять також короткі замикання та виникнення електричної дуги. Під час її горіння виділяється значна кількість теплової енергії, інтенсивне світлове випромінювання та продукти згоряння матеріалів. Це може спричинити термічні опіки, пошкодження органів зору, а також стати причиною займання легкозаймистих речовин і матеріалів. Імовірність виникнення таких аварійних ситуацій особливо зростає під час виконання ремонтних, монтажних і налагоджувальних робіт.

У процесі роботи електротехнічного обладнання утворюються електромагнітні поля, джерелами яких є силові трансформатори, розподільчі

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрої, кабельні мережі та інші елементи систем електропостачання. Тривалий вплив електромагнітного випромінювання може негативно впливати на організм людини, викликаючи підвищену стомлюваність, головний біль, зниження уваги та погіршення загального самопочуття.

До шкідливих виробничих факторів належить також виробничий шум, який створюється під час роботи трансформаторів, електродвигунів, вентиляційних систем та іншого технологічного обладнання. Тривала дія шуму може призводити до погіршення слуху, розвитку професійних захворювань і зниження ефективності праці.

Під час експлуатації електрообладнання важливе значення мають параметри мікроклімату робочої зони. Значні тепловиділення від силових трансформаторів, перетворювачів та іншого обладнання можуть спричиняти підвищення температури повітря. Неприятливі температурні умови негативно впливають на фізичний стан працівників, викликають швидку втому та знижують продуктивність праці.

Певну небезпеку становлять рухомі частини механізмів, електроприводів і вентиляційних установок. Недотримання вимог безпеки під час їх обслуговування може стати причиною механічних травм різного ступеня тяжкості, включаючи забої, порізи та пошкодження кінцівок.

Особливу увагу необхідно приділяти пожежній безпеці. Основними причинами виникнення пожеж в електроустановках є короткі замикання, перевантаження електричних мереж, несправності обладнання, а також порушення вимог монтажу та експлуатації електротехнічних систем. Пожежі на об'єктах електротехнічного призначення можуть завдати значних матеріальних збитків і створити серйозну загрозу життю та здоров'ю працівників.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Заходи щодо забезпечення електробезпеки

Одним із ключових напрямів забезпечення безпечних умов праці на підприємствах електроенергетичної галузі є електробезпека. Її призначення полягає у захисті працівників від небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги та інших чинників, що виникають під час експлуатації електроустановок і електротехнічного обладнання.

Ефективне забезпечення електробезпеки досягається шляхом впровадження комплексу технічних і організаційних заходів. До основних технічних засобів захисту належать системи захисного заземлення та занулення, автоматичні вимикачі, плавкі запобіжники й пристрої захисного відключення. Зазначені пристрої призначені для своєчасного виявлення аварійних режимів роботи та оперативного відключення пошкоджених елементів електричної мережі. Важливе значення для підвищення рівня безпеки мають також якісна ізоляція струмовідних частин, застосування захисних огорожень та встановлення попереджувальних і заборонних знаків.

Під час виконання робіт в електроустановках працівники повинні бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту, до яких належать діелектричні рукавички, ізолювальні килимки, інструмент з ізольованими ручками, покажчики напруги та інші спеціальні засоби. Виконання робіт допускається лише працівниками, які пройшли професійну підготовку, інструктажі з охорони праці, перевірку знань нормативних документів та мають відповідну групу допуску з електробезпеки.

Суттєве значення для профілактики електротравматизму мають організаційні заходи. До них належать періодичний контроль технічного стану електрообладнання, перевірка працездатності захисних пристроїв, проведення вимірювань опору ізоляції та параметрів заземлювальних систем. Технічне обслуговування і ремонт електроустановок повинні виконуватися відповідно до

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлених вимог безпеки після відключення обладнання від джерел живлення та вжиття всіх необхідних захисних заходів.

Отже, комплексне дотримання вимог електробезпеки є необхідною умовою запобігання виробничому травматизму, збереження життя і здоров'я працівників, а також забезпечення надійного та безаварійного функціонування електротехнічного обладнання і систем електропостачання.

5.3 Пожежна та вибухова безпека

Пожежна та вибухова безпека є невід'ємною складовою системи охорони праці на промислових підприємствах, діяльність яких пов'язана з експлуатацією електротехнічного обладнання та електроустановок. Основною метою забезпечення пожежної та вибухової безпеки є попередження виникнення пожежонебезпечних і вибухонебезпечних ситуацій, захист працівників від їх негативних наслідків, а також збереження виробничих об'єктів, технологічного обладнання та матеріальних ресурсів підприємства.

Одними з найпоширеніших причин виникнення пожеж в електроустановках є короткі замикання, перевантаження електричних мереж, несправності електрообладнання, порушення цілісності ізоляції провідників та недотримання встановлених вимог щодо експлуатації електротехнічних систем. Додаткову небезпеку становить можливість займання горючих матеріалів під впливом високих температур нагрітих елементів обладнання або внаслідок виникнення електричної дуги.

Для запобігання аварійним ситуаціям застосовується комплекс технічних заходів, що включає використання автоматичних вимикачів, плавких запобіжників та інших захисних пристроїв, призначених для своєчасного відключення пошкоджених ділянок мережі. Важливими умовами забезпечення

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

пожежної безпеки є підтримання належного технічного стану електричних мереж, проведення планових оглядів і випробувань обладнання, а також суворе дотримання вимог нормативних документів щодо експлуатації електроустановок.

Виробничі приміщення та об'єкти електротехнічного призначення повинні бути оснащені необхідними засобами пожежогасіння, зокрема порошковими та вуглекислотними вогнегасниками, а також системами автоматичної пожежної сигналізації, оповіщення та реагування на пожежу. Особлива увага приділяється забезпеченню безперешкодного доступу до евакуаційних виходів і підтриманню шляхів евакуації у вільному стані.

До організаційних заходів належать проведення первинних, повторних та позапланових інструктажів з пожежної безпеки, навчання персоналу правилам поведінки в разі виникнення пожежі, а також систематичний контроль за виконанням встановлених вимог пожежної безпеки. Працівники повинні бути ознайомлені з місцями розташування засобів пожежогасіння, знати порядок їх застосування та вміти діяти в умовах надзвичайної ситуації.

Таким чином, реалізація комплексу технічних і організаційних заходів у сфері пожежної та вибухової безпеки сприяє зниженню ймовірності виникнення пожеж і вибухів, забезпеченню безпечних умов праці для персоналу та підвищенню надійності функціонування виробничих і електротехнічних об'єктів підприємства.

5.4 Вимоги до виробничого освітлення

Однією з важливих складових забезпечення безпечних та ефективних умов праці на виробництві є належна організація системи освітлення. Якість освітлення безпосередньо впливає на працездатність персоналу, точність

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

виконання виробничих операцій, якість продукції та загальний рівень безпеки праці. Недостатня освітленість робочих зон або нерівномірний розподіл світлового потоку можуть спричиняти підвищену втому працівників, погіршення зорового сприйняття інформації, зниження уваги та збільшення ймовірності виникнення виробничих травм.

У виробничих приміщеннях використовують як природне, так і штучне освітлення. Природне освітлення забезпечується через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях та світлові ліхтарі, розташовані в покритті будівель. Штучне освітлення реалізується за допомогою освітлювальних установок загального, місцевого або комбінованого типу. У більшості виробничих приміщень перевага надається системі загального рівномірного освітлення, яка забезпечує необхідний рівень освітленості по всій площі робочої зони.

Параметри освітлення повинні відповідати вимогам чинних нормативних документів щодо рівня освітленості, рівномірності світлового потоку, показників дискомфортої сліпучості та якості передачі кольорів. Особливе значення має забезпечення належного освітлення робочих місць операторів, зон розташування електротехнічного обладнання, щитів керування, контрольно-вимірювальних приладів, а також проходів і евакуаційних маршрутів.

Для підвищення рівня безпеки на підприємстві передбачається влаштування аварійного та евакуаційного освітлення. Такі системи забезпечують можливість безпечного завершення технологічних процесів, орієнтування персоналу в умовах відсутності основного освітлення та організованого виходу працівників із небезпечних зон у разі виникнення аварійних ситуацій.

Освітлювальне обладнання повинно відповідати умовам експлуатації конкретного виробничого середовища, мати необхідний ступінь захисту від впливу пилу, вологи та механічних пошкоджень. З метою підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат доцільним є

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

застосування сучасних світлодіодних світильників, які характеризуються високою світловою віддачею, тривалим ресурсом роботи та низьким рівнем енергоспоживання.

Отже, раціонально спроектована система виробничого освітлення є важливим фактором створення безпечного та комфортного виробничого середовища, сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню втомлюваності працівників і зниженню ризику виникнення нещасних випадків на виробництві.

5.5 Захист навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища є одним із пріоритетних напрямів діяльності сучасних промислових підприємств і передбачає реалізацію комплексу заходів, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів, мінімізацію негативного впливу виробничих процесів на довкілля та забезпечення екологічної безпеки. Під час проєктування, модернізації та експлуатації систем електропостачання необхідно враховувати вимоги чинного природоохоронного законодавства та впроваджувати сучасні екологічно орієнтовані технології.

Одним із ключових напрямів природоохоронної діяльності є підвищення енергоефективності електротехнічних систем. Скорочення втрат електричної енергії в мережах, застосування вискоелективного електрообладнання, використання сучасних систем автоматизованого керування та засобів компенсації реактивної потужності сприяють зменшенню споживання паливно-енергетичних ресурсів і підвищенню загальної ефективності функціонування енергетичних об'єктів.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі експлуатації електроустановок особлива увага приділяється контролю технічного стану трансформаторного обладнання, кабельних мереж і комутаційних апаратів. Своєчасне виявлення несправностей дозволяє запобігти витокам трансформаторного масла, виникненню аварійних ситуацій та забрудненню ґрунтів, поверхневих і підземних вод. Важливим аспектом екологічної безпеки є також правильне поводження з відпрацьованими матеріалами, електротехнічними відходами та обладнанням, що підлягає списанню або утилізації.

З метою зменшення негативного впливу на виробниче середовище здійснюються заходи щодо обмеження рівнів шуму та електромагнітного випромінювання, які створюються силовими трансформаторами, електродвигунами та іншим електротехнічним обладнанням. Для цього використовуються сучасні конструктивні рішення та технічні засоби, що забезпечують відповідність параметрів виробничого середовища встановленим санітарно-гігієнічним нормативам.

На підприємствах повинна бути організована ефективна система поводження з відходами, яка передбачає їх збирання, сортування, тимчасове зберігання та подальшу утилізацію або перероблення відповідно до вимог екологічного законодавства. Крім того, необхідно здійснювати постійний контроль за дотриманням природоохоронних вимог під час проведення монтажних, ремонтних та експлуатаційних робіт. Працівники повинні проходити відповідне навчання з питань екологічної безпеки та бути ознайомленими з відповідальністю за порушення природоохоронних норм.

Отже, впровадження комплексу організаційних і технічних природоохоронних заходів забезпечує зниження негативного впливу виробничої діяльності на довкілля, сприяє раціональному використанню природних ресурсів, підвищенню енергоефективності підприємства та створенню умов для його сталого екологічно безпечного розвитку.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 5

У даному розділі проведено комплексний аналіз умов праці під час експлуатації систем електропостачання та електротехнічного обладнання, а також розглянуто основні заходи, спрямовані на забезпечення безпечних умов виробничої діяльності. Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть негативно впливати на персонал, зокрема небезпеку ураження електричним струмом, вплив електромагнітних полів, виробничого шуму, несприятливих мікрокліматичних умов і пожежонебезпечних факторів.

У роботі проаналізовано технічні та організаційні заходи щодо забезпечення електробезпеки, які передбачають використання захисного заземлення, сучасних засобів автоматичного захисту, засобів індивідуального захисту, а також проведення навчання та інструктажів персоналу з питань охорони праці. Крім того, розглянуто вимоги пожежної та вибухової безпеки, особливості організації виробничого освітлення та основні напрямки забезпечення екологічної безпеки підприємства.

Запропонований комплекс заходів відповідає чинним нормативно-правовим вимогам у сфері охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки та захисту навколишнього середовища. Його реалізація сприяє зниженню ризику виникнення аварійних ситуацій і виробничого травматизму, підвищенню надійності роботи електротехнічного обладнання та створенню безпечних і комфортних умов праці для персоналу.

Отже, впровадження та дотримання розглянутих організаційно-технічних заходів забезпечує безпечну експлуатацію систем електропостачання, збереження життя та здоров'я працівників, підвищення рівня виробничої безпеки, а також ефективне та стабільне функціонування підприємства з урахуванням сучасних вимог охорони праці та екологічної відповідальності.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи на тему **«Проектування підстанції 10/0,4 кВ «Перемога», с. Слобожанське»** було вирішено комплекс технічних завдань, пов'язаних із розробленням сучасної та надійної системи електропостачання споживачів. Досягнуто поставленої мети – виконано проєкт підстанції, який відповідає вимогам чинних нормативних документів щодо надійності, безпеки та економічності експлуатації.

У першому розділі проведено аналіз особливостей електропостачання споживачів, розглянуто основні вимоги до побудови трансформаторних підстанцій напругою 10/0,4 кВ, проаналізовано конструктивні особливості силових трансформаторів, розподільчих пристроїв і комутаційного обладнання. На основі проведеного аналізу обґрунтовано вибір технічних рішень, що були використані під час проєктування.

У розрахунковій частині визначено електричні навантаження споживачів, виконано вибір силового трансформатора необхідної потужності, розраховано струми навантаження та короткого замикання, здійснено вибір кабельних ліній, струмопровідних елементів, комутаційної апаратури та засобів релейного захисту. Прийняті технічні рішення забезпечують необхідний рівень надійності електропостачання, селективність захисту та безпечну експлуатацію електроустановок.

Під час проєктування особливу увагу приділено питанням енергоефективності. Обране електротехнічне обладнання відповідає сучасним вимогам щодо економічності, а раціональний вибір параметрів мережі дозволяє зменшити втрати електричної енергії та підвищити ефективність роботи системи електропостачання.

У розділі з охорони праці проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для експлуатації електроустановок. Розглянуто

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

заходи із забезпечення електробезпеки, пожежної та вибухової безпеки, виробничого освітлення, а також заходи щодо охорони навколишнього середовища. Запропоновані технічні й організаційні рішення відповідають вимогам чинного законодавства України та спрямовані на створення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу.

У результаті виконання дипломної роботи розроблено проєкт підстанції 10/0,4 кВ «Перемога», який забезпечує надійне та безперебійне електропостачання споживачів села Слобожанське. Запропоновані технічні рішення є економічно обґрунтованими, забезпечують високий рівень експлуатаційної надійності, електробезпеки та енергоефективності й можуть бути використані під час нового будівництва, реконструкції або модернізації систем електропостачання аналогічних об'єктів.

Отже, поставлені в дипломній роботі завдання виконано в повному обсязі, а отримані результати підтверджують доцільність прийнятих проєктних рішень і їх практичну цінність для забезпечення надійного електропостачання споживачів та підвищення ефективності роботи електроенергетичної системи.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М.Й. Системи електропостачання. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 312 с.
2. ГОСТ 32144–2013. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення.
3. Гук Ю.Б. Теорія надійності в електроенергетиці. – Київ: НТУУ «КПІ», 2017. – 286 с.
4. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
5. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
6. ДБН В.2.5-27:2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будівель і споруд.
7. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
8. Довідник з електропостачання сільськогосподарських споживачів / За ред. В.М. Синькова. – Київ: Урожай, 2011. – 420 с.
9. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
10. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення.
11. ДСТУ EN 50522. Заземлення електроустановок напругою понад 1 кВ.
12. ДСТУ EN 60076-1:2017. Силові трансформатори. Загальні положення.
13. ДСТУ EN 61439-1:2017. Комплектні низьковольтні розподільчі пристрої.
14. ДСТУ EN 61936-1. Електроустановки напругою понад 1 кВ змінного струму.
15. ДСТУ EN 62271-200:2017. Комплектні розподільчі пристрої змінного струму напругою понад 1 кВ.
16. ДСТУ EN 62305. Блискавкозахист (комплекс стандартів).
17. ДСТУ EN 62305-1:2012. Захист від блискавки. Загальні принципи.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- 18.ДСТУ EN 62305-2:2012. Захист від блискавки. Оцінювання ризику.
- 19.ДСТУ EN 62305-3:2012. Захист від блискавки. Захист споруд від фізичних пошкоджень.
- 20.ДСТУ EN 62305-4:2012. Захист від блискавки. Електричні та електронні системи будівель.
- 21.ДСТУ EN 62305-4:2012. Захист від блискавки. Захист внутрішніх електричних систем.
22. ДСТУ ІЕС 60364. Електроустановки низьковольтні (комплекс стандартів).
- 23.ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування.
- 24.ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд.
- 25.ДСТУУ 32144-2013. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення.
- 26.Жежеленко І.В. Якість електричної енергії в системах електропостачання. – Київ: Техніка, 2016. – 208 с.
- 27.Каталоги та технічна документація на силові трансформатори ТМ, ТМГ, КТП виробництва Запоріжтрансформатор.
- 28.Кодекс систем передачі. Затверджений постановою НКРЕКП № 309 від 14.03.2018.
- 29.Кодекс систем розподілу. Затверджений постановою НКРЕКП № 310 від 14.03.2018.
- 30.Кудрін Б.І. Електропостачання промислових підприємств. – Київ: Вища школа, 2015. – 447 с.
- 31.Неклепаєв Б.М., Крючков І.П. Електрична частина електростанцій і підстанцій. – Київ: КП ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 608 с.
- 32.НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- 33.Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). – Київ, 2012.
- 34.Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). – Харків: Форт, 2017. – 760 с.
- 35.СОУ-Н МЕН 40.1-00100227-68:2012. Проектування трансформаторних підстанцій напругою 10(6)/0,4 кВ.
- 36.Технічні каталоги низьковольтного та високовольтного обладнання [Schneider Electric Україна](#), АВВ Україна та [Siemens Україна](#).
- 37.Федоров А.А., Каменєва В.В. Основи електропостачання промислових підприємств. – Київ: Либідь, 2013. – 368 с.
- 38.Шидловський А.К. Енергетичні системи та мережі. – Київ: НАН України, 2018. – 560 с.

					ЕТ і ЕЕ 4815.011.000 ПЗ	Лист
						51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		