

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. _____

І.С.Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та технології енергозбереження»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ **2022 року**

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Антонов Віктор Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи “ Реконструкція електричних мереж Миронівського комбінату хлібопродуктів. Аналіз використання вимикачів “Masterpakt “ в електричних мережах”.

керівник роботи доц. Семко Дмитро Михайлович,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 31.03.2022 року № 167-к

2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Призначення підприємства і його розміри., перелік споживачів і їх потужність. Розташування технологічного обладнання в цеху.

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

Вибір силових трансформаторів цеху.

Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів.

Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ.

Розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема електричних з'єднань підстанції .

2. Схема розташування обладнання на підстанції.

3. Схема освітлення заготівельного цеху.

4. Використання вимикача “Masterpakt “

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	доц.Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 31.03.2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	31.03.2022р	
2	Вступ	03.04.2022р	
3	Вибір напруги живлячих та розподільчих мереж	08.04.2022р	
4	Розрахунок електричних навантажень цеху.	13.04.2022р	
5	Розрахунок електричних навантажень цеху.	20.04.2022р	
6	Вибір потужності трансформатора.	25.04.2022р	
7	Розрахунок КЗ.	30.04.2022р	
8	Вибір апаратури розподільчої мережі, ШРА і СПМ.	02.05.2022р	
9	Вибір комутаційної та захисної апаратури	08.05.2022р	
10	Розрахунок розподільчої мережі.	15.05.2022р	
11	Спецпитання.	20.05.2022р	
12	Розробка заходів з охорони праці, техніки безпеки.	24.05.2022р	
13	Список літератури	28.05.2022р	
14	Здача дипломного проекту на перевірку	30.05.2022р	
15			
16			
17			

Здобувач

(підпис)

Антонов В.О.

Керівник роботи

(підпис)

Семко Д.М.

Анотація

Антонов Віктор Олександрович . Дипломний проект на тему :
« Реконструкція електричних мереж Миронівського комбінату
хлібопродуктів. Аналіз використання вимикачів “Masterpakt “
в електричних мережах.»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2022
141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 75 сторінок .

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень :
схема електричних з'єднань підстанції, схема розташування обладнання на
підстанції., схема освітлення заготівельного цеху, використання вимикача
“Masterpakt “

У проекті розглянуто характеристику підприємства і надано опис технологічного процесу. Виконано розрахунки електричних навантажень і побудовано картограму навантажень. Розраховано трансформатори головної понижувальної підстанції, а також розраховані кількість і потужність цехових трансформаторів. Виконано розрахунок робочих струмів і обрано відповідні кабелі. Для системи електропостачання заводу виконано розрахунок струмів короткого замикання. Обрано електричні апарати захисту і управління. Розраховано кількість і тип обладнання для компенсації реактивної потужності.

У розділі охорона праці розглянуто можливі аварійні ситуації та засоби техніки безпеки і захисту обслуговуючого персоналу.

Ключові слова : понижувальна підстанція, силовий трансформатор, струми короткого замикання, апарати захисту, компенсація реактивної потужності.

Abstract

Antonov_Viktor_Oleksandrovykh. Diploma project on the topic :
" Reconstruction of the electric merzh of the Mironivskyi kombinatu
khllobodekdivi. Analiz vikoristannya vimicachiv "Masterpakt"
in electric merezha."

National University of Food Technologies, Kiev -2022

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The added explanatory note consists of an introduction, 4 sections and a list of used literature. The project is 75 pages .

The description is given a graphic part, which consists of four drawings: the circuit of electrical connections of the substation, the layout of the equipment at the substation., the scheme of lighting the workpiece, the use of the switch "Masterpakt"

The project examines the characteristics of the enterprise and provides a description of the technological process. Calculations of electrical loads were performed and load cartogram was built. Transformers of the main substation are calculated, as well as the calculated number and power of the department transformers. The calculation of operating currents was performed and the corresponding cables were selected. For the power supply system of the plant, the calculation of short-circuit currents was performed. Electrical protection and control devices are selected. The number and type of equipment for reactive power compensation was calculated.

The section labor protection considers possible emergencies and safety and protection of service personnel.

Keywords : low-power substation, power transformer, short-circuit currents, protection devices, reactive power compensation.

Зміст

Вступ.....	7
1. Характеристика об'єкта та вихідні дані.	8
1.1 Обґрунтування варіанту реконструкції.	11
2. Електрична частина.	17
2.1.1 Вибір кількості силових трансформаторів та первинної електричної схеми.	17
2.1. 2. Обґрунтування первинної електричної схеми ТП.....	17
2.1. 3. Розрахунок струмів короткого замикання.	19
2.1.4. Розрахунок опорів елементів схеми заміщення.	20
2.3. Вибір електричної апаратури ТП 35/10 кВ.	26
2.3.1. Вибір електричної апаратури розподільного пристрою 0,4 кВ.	26
2.3.2. Вибір вимикачів вводу для РП 0,4 кВ.	
2.3.3 Вибір шинних прохідних і опорних ізоляторів.	38
2.3.4. Вибір трансформаторів струму..	41
2.4. Вибір електричної апаратури розподільного пристрою 35 кВ. .	43
2.4.1. Розрахунок та вибір електричних шин.	43
2.4.2. Вибір вимикачів РП 35 кВ.	45
2.4.3. Вибір роз'єднувачів 35 кВ.	48
2.4.4. Вибір обмежувачів перенапруги (розрядників) для РП 35 кВ.	49
3. СПЕЦПИТАННЯ. ВИМИКАЧІ MASTERPACT	53
4. Охорона праці.	64
Література.	75

					ДП 2022 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Антонов В.О.				Зміст		
Перевірив	Семко Д.М.						
Зав.кафедр.							
Н. Контр.							
Затвердив	Балюта С.М.						
						Літ.	Арк.
							6
						Арк.внів	
						ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого ЕЛ-4-3	

ВСТУП

Забезпечення потрібної якості електроенергії, надійності і економічності електропостачання - основні завдання електропостачання.

Якість електроенергії визначається встановленими нормами для показників частоти, напруги. Показниками якості електроенергії є відхилення та коливання частоти та напруги, несинусоїдальність напруги та несиметрія напруги, зміщення нейтралі для трифазного струму.

Всі заходи по підвищенню надійності електропостачання можна розділити на дві групи: технічні та організаційно-технічні.

До організаційно-технічних заходів відносять:

- підвищення вимог до експлуатаційно-технічного персоналу
- раціональна організація знаходження і усунення пошкоджень

До технічних заходів відносять:

- підвищення надійності окремих елементів мережі;
- зменшення радіусу дії електричних ліній;
- мережеве і місцеве резервування;
- автоматичне вимикання при аварійних режимах;
- підвищення пропускної здатності мереж шляхом реконструкції районних трансформаторних підстанцій.

Електрифікація має розвиватись шляхом удосконалення схем електропостачання, прискоренням будівництва розподільчих щитів та пунктів автоматичного вмикання резерву, автоматизації і телемеханізації електричних мереж, а також технічного переоснащення підстанцій.

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Антонов В.О.							
Перевірів	Семко Д.М.						7	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затвердив	Балюта С.М.							

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ.

“Миронівський комбінат хлібопродуктів” (“Миронівський КХП”) знаходиться в промисловій зоні м. Миронівки, Київської обл. По інженерно-геологічним даним територія “Миронівського КХП” характеризується наступним:

- рельєф місцевості - спокійний;
- ґрунт - лісовидні суглинки шаром - 3.8 м, покриті запісоченими
- лісовидними суглинками з гумусом шаром - 0.9 м, ґрунтово –
- рослинним і асфальто - щебеним прошарком - 0.1-0.3 м;
- ґрунтові води - не спостерігаються;
- глибина промерзання ґрунтів - 80 см;
- тип ґрунтів -1;
- район по ожеледі - 2;
- район по вітру - 2;
- товщина стінки ожеледі, мм - 15;
- швидкість вітру при ожеледі, м/с -15;
- середньорічна температура, °С +3,6;
- максимальна температура, °С +30;

Територія заводу знаходиться біля електрифікованої залізничної дороги і біля тягової трансформаторної підстанції 110/35/27.5 кВ. ПС “Миронівна тягова”. На території заводу знаходиться ТП 35/10 кВ потужністю 2х 4000 кВ-А, живлення якої здійснюється від I і II секцій шин 35 кВ тягової трансформаторної підстанції 110/35/27.5 кВ. ПС “Миронівка тягова”. оснащені пристроєм регулювання напруги під

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

навантаженням - це дозволяє, при малій довжині кабельних ліній, відхиленню напруги на шинах 10 кВ підстанцій 10/0,4 кВ знаходитись в допустимих межах. Апаратура автоматичного регулювання напруги розміщена в релейній шафі РШ-ХІХБ. Повітряна лінія 35 кВ виконана сталевим - алюмінієвим проводом АС-120, довжина лінії - 0.23 км. *

На вводі 35кВ встановлений блок Ровенського заводу високовольтної апаратури з вакуумними вимикачами ВБЗП-35-20/1000 У1 з пружинним приводом, управління якими здійснюється за допомогою індивідуальних перемикачів, встановлених в релейних шафах, роз'єднувачами РДЗ1- 35/1000.УХЛ1, обмежувачами перенапруги MWK-41, трансформаторами струму ТФЗМ-35А-У1. На шинах 35 кВ встановлена неавтоматична шинна перемичка на роз'єднувачах. Для контролю напруги на шинах 35кВ встановлені блоки трансформаторів напруги НОМ-35-66 У1. Автоматичне відключення вимикачів в аварійних режимах здійснюється при спрацюванні відповідного захисту:

АВР секційного вимикача 10 кВ

- двохкратне АПВ вимикачів підходящих ліній
- однократне АПВ ввідного вимикача 10 кВ.

Також на території заводу знаходяться дві закриті двотрансформаторні підстанції 10/0,4 кВ (ЗТП-3 потужністю 2х1000 кВ-А, та ЗТП-4 потужністю 2х630 кВ-А). Живлення даних підстанцій здійснюється від різних шин 10 кВ ПС "КХП" кабельними лініями по радіальній схемі окремою лінією до кожного трансформатора. Кабельні лінії 10 кВ виконані кабелем ААБВУ 3х120, довжина яких відповідно - 0.32 км і 0.26 км.

На стороні 10 кВ використані РУ 10 кВ типу КРПЗ-10, виробництва Ровенського заводу високовольтної апаратури, які комплектуються

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

шафами 10 кВ типу КУ-10Ц. Оперативний змінний струм, напругою 220 В. Захист ліній 10 кВ - струмова відсічка і максимальний струмовий захист на реле РС80М, та захист максимальний струмовий захист шин без витримки часу на реле РАС80М-6 з дією на відключення секційного вимикача. Груповий пристрій релейного захисту і автоматики. КРУ-10 кВ струмові реле блокуючи дію захисту шин 10 кВ при коротких замиканнях на відходящих лініях 10 кВ.

					ДП 2022 141	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1. ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТУ РЕКОНСТРУКЦІЇ.

1.1.1 Варіанти реконструкції

В зв'язку з розширенням “Миронівського КХП” виникає потреба у реконструкції електричних мереж електропостачання заводу. Із побудовою “Маслопресового цеху продуктивністю 620 т. на добу”, з'являється потреба у нових потужностях, а саме спорудження двох двотрансформаторних підстанцій (ТП-1 і ТП-2) потужністю відповідно 2х1600 кВ-А і 2х1000 кВ-А, а також побудова двотрансформаторної підстанції (ТП-5) потужністю 2х1000 кВ-А, яка призначена для електропостачання нового споруджуваного “Комбікормового заводу”.

Реконструкцію електричних мереж “Миронівського КХП” можна здійснити за трьома варіантами:

1-й варіант . Побудова нової двотрансформаторної підстанції 35/10 кВ потужністю 2х10000 кВА, живлення якої здійснюється повітряною лінією 35 кВ довжиною - 0.32 км, від різних секцій шин 35 кВ підстанції 110/35/27.7 кВ. ПС “ Миронівна тягова”, та спорудження двотрансформаторних підстанції 10/0,4 кВ (ЗТП-1, ЗТП-2,ЗТП-5), живлення яких здійснюється від різних шин 10 кВ підстанції 35/10 кВ кабельними лініями, окремою лінією до кожного трансформатора, довжина яких відповідно-0.69 км,0.72 км, 0.46км. Живлення існуючих ЗТП-3 і ЗТП-4 переводиться на живлення від нової ТП 35/10 кВ, а існуюча ТП 35/10 кВ залишається, як резервна.

Тариф на електроенергію буде відповідати II-му класу напруги.

					ДП 2022 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Обґрунтування варіанту реконструкції		
Розробив	Антонов В.О.						
Перевірів	Семко Д.М.						
Зав.кафедр.							
Н. Контр.							
Затвердив	Балюта С.М.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						11	
					ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого ЕЛ-4-3		

Схема реконструкції такого варіанта наведена на графічній частині №1.

II -й варіант. Побудова трьох двотрансформаторних підстанцій 35/0.4 кВ (ТП-1 потужністю 2х1600 кВА, ТП-2 потужністю 2х1000 кВА, ТП-5 потужністю 2х1000 кВ-А) , живлення яких здійснюється повітряними лініями 35 кВ довжиною відповідно - 1.010 км, 1.030 км, 0.78 км. від різних секцій шин 35 кВ підстанції Н0/35/27.7 кВ. ПС “ Миронівна тягова”. Існуючі ТП залишаються без змін. Тариф на електроенергію для ТП 35/0.4 буде відповідати 1-му класу напруги, а для ТП 10/0.4 - II-му класу напруги.

Схема реконструкції такого варіанту наведена на графічній частині №1

III -й варіант. Заміна трансформатора, на існуючій ТП 35/10 кВ, потужністю 4000 кВА на трансформатор потужністю 10000 кВА, живлення яких 35 кВ підстанції 110/35/27.7 кВ. ПС “ Миронівна тягова”, та спорудження двохтрансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ (ТП-1, ТП-2, ТП-5), живлення яких здійснюється від різних шин 10 кВ підстанції 35/10 кВ кабельними лініями, окремою лінією до кожного трансформатора, довжина яких відповідно-0.69 км, 0.72 км, 0.46 км.

Схема реконструкції такого варіанта наведена на графічній частині №1

Тариф на електроенергію буде відповідати II-му класу напруги.

Капітальні вкладення, експлуатаційні та приведені затрати на реконструкцію розраховуємо згідно укрупнених показників на будівництво ПЛ, КЛ та ТП., що наведені в таблиці 1.1.

Обчислення капітальних вкладень, експлуатаційних та приведених затрат на реконструкцію для I варіанту

Визначаємо капітальні вкладення K на реконструкцію і результати заносимо до таблиці 1.3..

Вартість електроенергії визначаємо за формулою:

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$C_{\text{ел.ен.}} = W_p * T_p ,$$

де W_p -річне споживання ел.енергії, кВт-год.

T_p - тариф на ел.енергію, для 1-го класу напруги $T_p = 17.38$ ус.од./кВт-год,

Приведені затрати на будівництво і експлуатацію визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{прив}} = K * 0,125 + Z_{\text{експ}}, \quad (2)$$

де: K - капітальні вкладення на реконструкцію;

$Z_{\text{експл}}$ - експлуатаційні затрати;

$$Z_{\text{експл}} = C_{\text{експ.}} + C_{\text{ел.ен.}} \quad (3)$$

де: $C_{\text{експ}}$ -щорічні витрати на ТО і ремонт енергообладнання, розраховуються згідно таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. - Укрупнені показники вартості будівництва

Назва	Вартість
ПС 35/0.4 2х1000	1892000 ус.од.
ПС 35/0.4 2х1600	1956000 ус.од.
ПС 35/10 2х10000	5200000 ус.од..
ТП 10/0.4 2х1000	720000 ус.од.
ТП 10/0.4 2х1600	960000 ус.од.
ПЛ 35кВ (двохцепна), 70 мм ²	200000 ус.од./км
КЛ 10 кВ 2 (кабелі 3х120 мм ²)	65000 ус.од. /км

Таблиця 1.2. Витрати на експлуатацію елементів електричних мереж згідно ГКД 340.000.002 – 97

Таблиця 2. Витрати на експлуатацію елементів електричних мереж
згідно ГКД 340.000.002 - 97

Напруга, кВ	Витрати $C_{експл}$, % від вартості ОФ	
	ПЛ, кл	ПС
10	3,8	4,3
35-110	1,2	2,4

Таблиця 3. Капітальні вкладення і споживання електричної енергії за 1
варіантом реконструкції мережі.

	Вартість ліній, грн.		Вартість ТП, грн.		Річне споживання електроенергії, кВтгод	Вартість електроенергії, грн.
	35 кВ	10 кВ	35/10 кВ	10/0.4 кВ		
ТП-1	-	44850	-	960000	8960000	2316160
ТП-2	-	46800	-	720000	5600000	1447600
ТП-5	-	29900	-	20000	8400000	2171400
ТП	70400	-	5200000	-	-	-
ТП-3	-	-	-	-	5600000	1447600
ТП-4	-	-	-	-	3528000	911988

$$Z_{експл.} = 2334637 + 8294748 = 10629385 \text{ грн..}$$

$$C_{експл} = 121550 \cdot 0,38 + 70400 \cdot 0,12 + 2400000 \cdot 0,43 + 5200000 \cdot 0,24 = 2334637 \text{ грн..}$$

$$. = 7791950 \cdot 0,125 + 10629385 = 11603378 \text{ грн..}$$

Розрахунок капітальних вкладень, експлуатаційних та приведених
затрат на реконструкцію за II варіантом проводимо аналогічно до 1-го
варіанту, результати розрахунків заносимо до таблиці 4.

$$З_{\text{експл}} = 6191200 + 145204 = 6336404 \text{ грн}$$

$$C_{\text{експл}} = 7444 \cdot 0,12 + 137760 \cdot 0,24 = 145204 \text{ грн}$$

$$= 6360400 \cdot 0,125 + 6336404 = 7099652 \text{ грн}$$

Таблиця 4 - Капітальні вкладення і споживання електричної енергії за
II варіантом реконструкції мережі

	Вартість ліній, грн	Вартість ТП, грн	Річне споживання ел.енергії кВт/год	Вартість ел. енергії, грн
	35 кВ	35/0.4 кВ		
ТП-1	222200	1956000	8960000	1557248
ТП-2	226600	1892000	5600000	973280
ТП-5	171600	1892000	8400000	1459920
ТП-3	-	-	5600000	1447600
ТП-4	-	-	3528000	911988

Розрахунок капітальних вкладень, експлуатаційних та приведених затрат на реконструкцію за III варіантом проводимо аналогічно до 1-го варіанту, результати розрахунків заносимо до таблиці 5.

	Вартість ліній, грн	Вартість ТП, грн		Річне споживання ел.енергії кВт/год	Вартість ел.енергії, грн
	10 кВ	35/10 кВ	10/0.4 кВ		
ТП-1	44850	-	960000	8960000	2316160
ТП-2	46800	-	720000	5600000	1447600
ТП-5	29900	-	720000	8400000	2171400
ТП	-	5200000	-	-	-
ТП-3	-	-	-	5600000	1447600
ТП-4	-	-	-	3528000	911988
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					15

$$З_{експл} = 232618 + 8294748 = 8527366 \text{ грн}$$

$$С_{експл} = 44850 \cdot 0,38 + 2400000 \cdot 0,43 + 5200000 \cdot 0,24 = 232618 \text{ грн}$$

$$З_{прив} = 7721550 \cdot 0,125 + 8527366 = 9492559 \text{ грн}$$

1.1.2. Аналіз результатів розрахунків, вибір силових трансформаторів

Проаналізувавши три варіанти реконструкції електричних мереж електропостачання “Миронівського КХП” і порівнявши приведені затрати (у 2-му варіанті приведені затрати найменші) на реконструкцію, приймаємо інженерне рішення - реконструкцію електричних мереж електропостачання “Миронівського КХП” будемо здійснювати відповідно до 2-го варіанту, а саме - спорудження трансформаторних підстанцій 35/0,4 кВ з трансформаторами ТМ, характеристики яких наведені в табл. 6, 7 і Рис. 2.1.

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2. Електрична частина

2.1.1 Вибір кількості силових трансформаторів та первинної електричної схеми

При виборі кількості трансформаторів слід враховувати, що спорудження одотрансформаторних підстанцій не завжди забезпечує потрібну надійність електропостачання для певної категорії споживачів. Згідно Правил влаштування електроустановок споживачі першої категорії по надійності електропостачання повинні мати живлення від двох незалежних джерел електроенергії; при цьому може забезпечуватись резервування і всіх інших споживачів. В якості двох незалежних джерел можуть виступати два трансформатори однієї двотрансформаторної ТП. В ТП яку ми розглядаємо, споживачі першої категорії, що знаходяться в зоні електропостачання даної підстанції- не можуть отримувати резервне живлення від сусідніх ТП і тому надійність електропостачання забезпечується спорудженням двотрансформаторної підстанції яка отримує живлення від двох повітряних ліній 35кВ.

2.1.2. Обґрунтування первинної електричної схеми ТП

Електропостачання РТП здійснюється від двох ліній 35 кВ, підстанція двотрансформаторна, отже з врахуванням питань надійності приймаємо відкритий розподільний пристрій 35 кВ з вимикачами та роз'єднувачами, з'єднаними за схемою, яка зображена на рисунку 2.1.

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електрична частина	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Антонов В.О.							
Перевірів	Семко Д.М.						17	
Н. Контр.						ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Затвердив	Балюта С.М.							

У нормальному режимі роботи живлення забезпечує лінія Л1 та Л2.

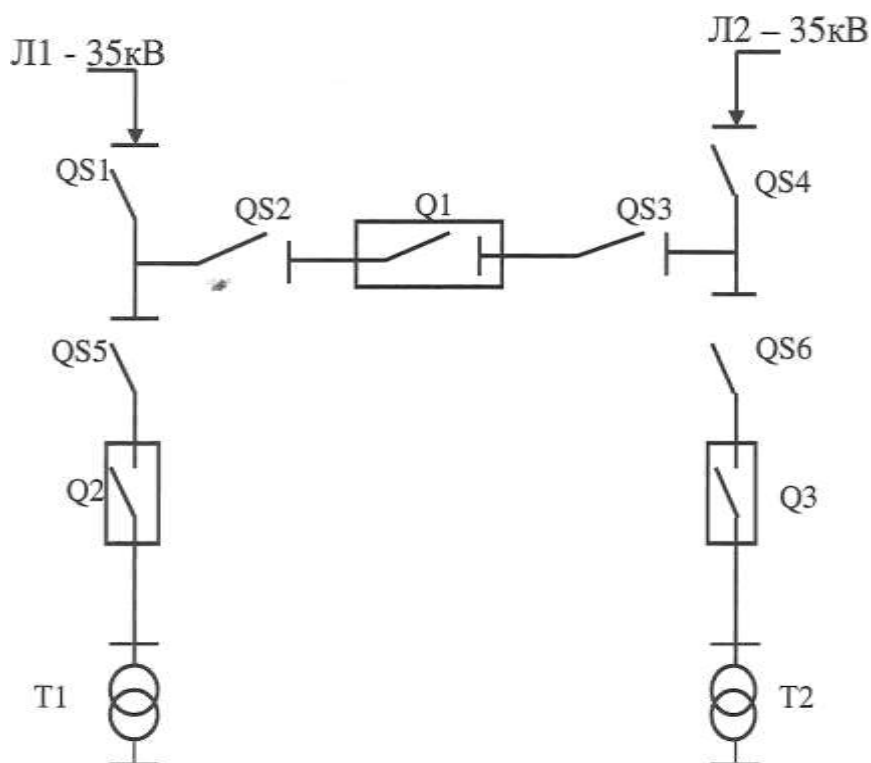


Рис 2.2. Електрична схема ТП 35/0,4 кВ.

2.1.3. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Розрахунок струмів короткого замикання необхідний для перевірки вибраної апаратури на термічну і динамічну стійкість, чутливості релейного захисту та для узгодження характеристик релейного захисту ліній.

За струмами короткого замикання розраховують і вибирають вставки релейного захисту та заземлюючі пристрої підстанції.

Розрахунок струмів короткого замикання можна виконувати у відносних або іменованих одиницях. Оскільки струми короткого замикання розраховуються у мережі одної напруги, зручніше користуватися іменованими одиницями.

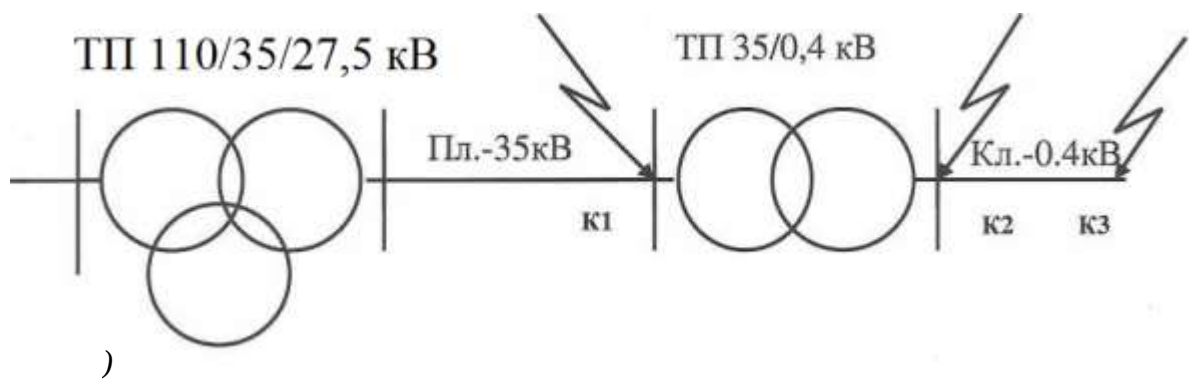


Рис. 3. Схема для розрахунку струмів короткого замикання

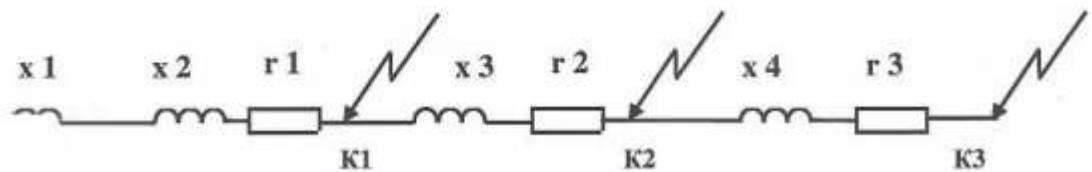


Рис.2. 3.2. Схема заміщення для розрахунку струмів КЗ

2.1.4. Розрахунок опорів елементів схеми заміщення

Визначаємо опори окремих елементів схеми заміщення:

опір трансформатора 110/35/27.5 кВ

$$X_{1*} = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{ном}}; \quad (4)$$

де $u_k \%$ - напруга короткого замикання, % ($u_k = 8.5\%$)

U_H - номінальна напруга, кВ. ($U_H = 35, кВ$)

$S_{,,}$ - потужність трансформатора, кВ-А.

$$\sigma_{розр} = 36751562,5 + 36075000 = 72826562,5 \text{ Па}$$

- опір повітряної лінії 35 кВ

$$x_2 = x_{num} \cdot l \text{ Ом} \quad (5)$$

де X_{num} - питомий індуктивний опір лінії, Ом./км. ($x_{num} = 0.4$, Ом / км).

l - довжина лінії, км. ($l = 1.01$, км)

$$X_2 = 0.4 \cdot 1.01 = 0.404 \text{ Ом}$$

$$r_1 = r_{num} \cdot l, \text{ Ом} \quad (6)$$

r_{num} – питомий активний опір лінії. Ом/км, ($r_{num} = 0.46$ Ом/км)

$$r_1 = 0.46 \cdot 1.01 = 0.4646 \text{ Ом}$$

опір трансформатора 35/0,4 кВ

$$r_2 = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_H} \cdot \frac{U_H^2}{S_H}, \text{ Ом} \quad (7)$$

де - $\Delta P_{к.з.}$ - втрати короткого замикання, кВт ($\Delta P_{к.з.} = 18$ кВт)

U_H - номінальна напруга, кВ;

S_H - потужність трансформатора. кВ·А

$$r_2 = \frac{18}{1600} \cdot \frac{0.4^2}{1600} = 0.001125, \text{ Ом}$$

$$x_3 = \sqrt{z_3^2 - r_3^2}, \text{ Ом} \quad (8)$$

де z_3 – повний опір трансформатора, Ом.

$$z_3 = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_H}, \text{ Ом} \quad (9)$$

де $u_k \%$ - напруга короткого замикання, % ($u_k = 7.2\%$)

U_H - номінальна напруга, кВ. ($U_H = 0.4$ кВ)

$$z_3 = \frac{7.2}{100} \cdot \frac{0.4^2}{1600} = 0.0072, \text{ Ом}$$

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$x_3 = \sqrt{0.0072^2 - 0.001125^2} = 0.0071, \text{ Ом}$$

- повітряної лінії 0,4 кВ

$$r_3 = r_{\text{num}} \cdot l, \quad (10)$$

$$x_4 = x_{\text{num}} \cdot l, \quad (11)$$

де $x_{\text{пит}}$ – питомий індуктивний опір лінії, Ом/км. ($x_{\text{пит}}=0,4$ Ом/км),

l – довжина лінії, км. ($l = 0,1$ км.)

$$x_4 = 0,4 \cdot 0,1 = 0,04 \text{ Ом}$$

Визначаємо струми короткого замикання в точці К1:

Струм трифазного короткого замикання, кА:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{0,38}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,001125 + 0,085)^2 + (0,0071 + 0,04)^2}} = 2,24, \text{ кА} \quad (12)$$

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,4646^2 + (3,3 + 0,404_2)^2}} = 5,421 \text{ кА}$$

Ударний струм трифазного короткого замикання, кА:

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 3}^3 \text{ кА} \quad (13)$$

$$i_y = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 5,421 = 11,49, \text{ кА}$$

Діюче значення ударного струму короткого замикання, кА:

$$I_D = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)}, \text{ кА} \quad (14)$$

де K_y - ударний коефіцієнт ($1 < K_y < 2$).

$$I_D = \sqrt{1 + 2(1,5 - 1)^2} \cdot 5,421 = 6,63 \text{ кА}$$

Струм двофазного короткого замикання, кА:

					ДП 2022 141	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)} \quad (15)$$

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 5,421 = 23,7 \text{ кА}$$

Визначаємо струми короткого замикання в точці К2:

Струм трифазного короткого замикання, кА:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_2^2 + x_3^2}}, \text{ кА} \quad (16)$$

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,001125^2 + 0,0071^2}} = 27,397 \text{ кА}$$

Ударний струм трифазного короткого замикання, кА:

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)} \text{ кА}$$

$$i_y = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 27,397 = 49,047 \text{ кА}$$

Діюче значення ударного струму короткого замикання, кА:

$$I_d = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)}, \text{ кА}$$

де K_y - ударний коефіцієнт ($1 < K_y < 2$).

$$I_d = \sqrt{1 + 2(1,5 - 1)^2} \cdot 27,397 = 33,4 \text{ кА}$$

Струм двофазного короткого замикання, кА:

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)}$$

					ДП 2022 141	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 27,397 = 23,7 \text{ кА}$$

Визначаємо струми короткого замикання в точці КЗ:

Струм трифазного короткого замикання, кА:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(r_2 + r_3)^2 + (x_3 + x_4)^2}}, \text{кА} \quad (17)$$

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{0,38}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,001125 + 0,085)^2 + (0,0071 + 0,04)^2}} = 2,24, \text{кА}$$

Ударний струм трифазного короткого замикання, кА:

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)}, \text{кА}$$

$$i_y = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,4 = 4,74 \text{ кА}$$

Діюче значення ударного струму короткого замикання, кА:

$$I_D = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)}, \text{кА}$$

$$I_D = \sqrt{1 + 2(1,5 - 1)^2} \cdot 4,74 = 5,08 \text{ кА}$$

Струм двофазного короткого замикання, кА:

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)}$$

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 4,74 = 4,1 \text{ кА}$$

Струм однофазного короткого замикання, кА:

					ДП 2022 141	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\kappa}^1 = \frac{U_{\phi}}{\frac{z_m}{3} + z_n}, \text{ кА} \quad (18)$$

де - z_m - повний опір трансформатора, ($z_m = 0.072, \text{ Ом}$)

z_n , - повний опір петлі фазний-нульовий провід лінії, Ом

$$z_n = l \cdot \sqrt{(r_{\text{нит.ф.}} + r_{\text{нит.н.}})^2 + x_{\text{нит.н.зовн.}}^2} \quad (19)$$

$r_{\text{нит.ф.}}$ - питомий опір фазного провідника, ($r_{\text{нит.ф.}} = 0.85, \text{ Ом/км}$)

$r_{\text{нит.н.}}$ - питомий опір нульового провідника, ($r_{\text{нит.н.}} = 0.85, \text{ Ом/км}$)

$x_{\text{нит.н.зовн.}}^2$ - зовнішній індуктивний опір петлі, ($x_{\text{нит.н.зовн.}}^2 = 0.6, \text{ Ом/км}$)

l - довжина лінії, ($l = 0.1, \text{ км}$)

$$z_n = 0.1 \cdot \sqrt{(0.85 + 0.85)^2 + 0.6^2} = 0.18 \text{ Ом}$$

$$I_{\kappa}^1 = \frac{220}{\frac{0.072}{3} + 0.18} = 1.1 \text{ кА}$$

Таблиця 8. Результати розрахунку струмів короткого замикання

Точка схеми	Опір до розрахунков ої точки Z_k	Трифазний струм к.з. $I_{\kappa}^{(3)}$	Ударний струм к.з. I_y кА	Двофазний струм к.з. $I_{\kappa}^{(2)}$ кА	Діюче значення ударного струму к.з. I_d , кА
K1	3,73	5,421	11,49	4,69	1,485
K2	0,0072	27,397	49,047	23,7	5,19
K3	0,0981	2,239	4,74	4,1	2,187

2.3 ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНОЇ АПАРАТУРИ ТП 35/0,4

2.3.1. Вибір електричної апаратури розподільного пристрою 0,4 кВ

В розподільних пристроях застосовують шини з алюмінію, міді прямокутного, круглого перерізу та багатополосні шини .

Електричні шини розподільного пристрою 0,4 кВ вибирають за робочим максимальним струмом:

$$I_{p.макс} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}} \quad (20)$$

де S_{ϕ} - номінальна потужність силового трансформатора (одного), кВ-А;

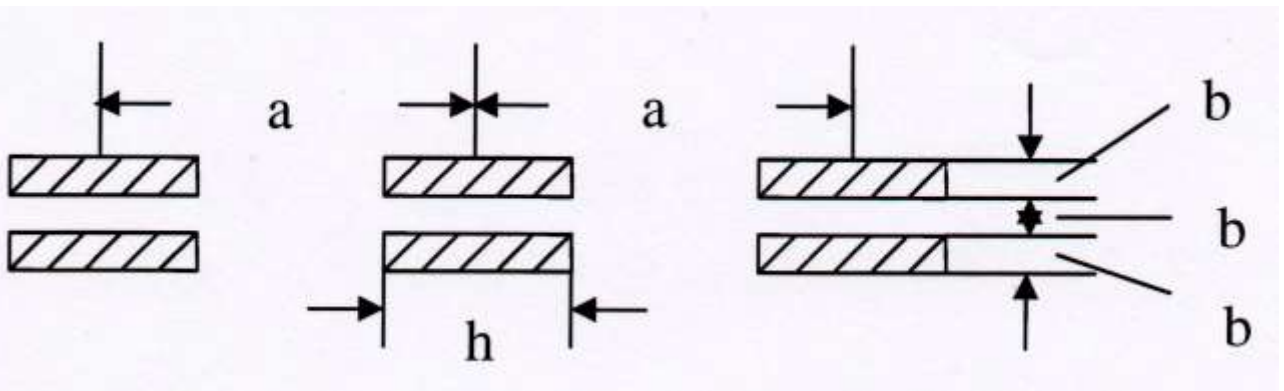
U_N - номінальна напруга, кВ;

$k = 1,4$ - коефіцієнт допустимого довготривалого навантаження;

$$I_{p.макс} = \frac{1,4 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 3150 \text{ А}$$

Вибір електричних шин здійснюється за робочим максимальним струмом і в подальшому здійснюється перевірка за умов нагрівання при довготривалому навантаженні цим струмом, на термічну і динамічну стійкість.

Розглянемо двохполосні мідні шини , що знаходяться в одній площині (розташування шин-горизонтальне) (Рис. 2.3.3.)



Відповідно до ПУЕ для даного струму при умові тривалого режиму роботи підходять шини розміром 2(100x10), для яких тривало-допустимий струм $I_{\text{доп}} = 3610$ А. Цей тривало-допустимий струм розраховано для максимальної робочої температури $\theta_0 = 25$ °С. Максимальна середньорічна температура складає $\theta_{\text{max}} = 30$ °С. Перерахуємо тривало-допустимий струм шин на максимальну температуру по формулі:

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\text{доп}} - \theta_{\text{навк}}}{\theta_{\text{доп}} - \theta_0}}, A \quad (21)$$

$\theta_{\text{доп}}$ - допустима температура шин, °С. (згідно ПУЕ $\theta_{\text{доп}} = +70$ °С)

θ_0 - температура, при якій в ПУЕ записується допустимий струм. $\theta_0 = +25$ °С $\theta_{\text{навк}}$

$\theta_{\text{навк}} = +30$ °С - температура навколишнього середовища.

$I_{\text{доп}}$ - допустимий струм, вибираємо з довідника [4] $I_{\text{доп}} = 3610$, А

$$I'_{\text{доп}} = 3610 \cdot \sqrt{\frac{70 - 30}{70 - 25}} = 3575 A$$

Як видно, умова по допустимому струму (по допустимій температурі нагріву) виконується:

$$I_{\text{доп}} = 3575 A > I_{p.\text{max}} = 3150 A ,$$

Оскільки умова виконується, шини за умов нагріву вибрано правильно.

Перевіримо вибрані шини на термічну стійкість аналітичним способом.

Перевірка шин на термічну стійкість.

При перевірці шин на термічну стійкість користуються наступним виразом:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B}}{C}, \text{мм}^2 \quad (22)$$

$F_{\min}$ - мінімальний допустимий переріз шин за умов термічної стійкості.

B_k - тепловий імпульс струму короткого замикання

$$B_k = I_{\text{кз}}^{(3)^2} \cdot t_k, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

$I_{\text{кз}}^{(3)^2} = 27,397 \text{кА}$ - усталене значення струму короткого замикання на шинах

t_k - приведений час термічної дії струму короткого замикання $t_k = 1,5 \text{с}$

C - коефіцієнт, що визначається матеріалом шин (для міді $C = 170$).

Якщо виконується умова $F_{\min} > F_{\text{мін}}$, то це означає, що шини при короткому замиканні не будуть нагріватись більше 300°C .

$$B_k = 27,397^2 \cdot 1,5 = 1125,9 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{1125,9}}{170} = 197,4 \text{мм}^2$$

Отже, умова виконується : $2000 > 197,4, \text{мм}^2$

Перевіримо на електродинамічну стійкість вибрані шини за максимального (ударного) струму к.з., який проходить по шинах трифазному к.з. на шинах.

Для перевірки шин на динамічну стійкість необхідно, щоб виконувалась наступна умова:

$$\sigma_{\text{разр}} \leq \sigma_{\text{доп}} \quad (23)$$

де $\sigma_{\text{разр}}$ - визначається на основі параметрів шинної конструкції і величини струму к.з.

$$\sigma_{разр} = \sigma_{\phi} + \sigma_n \quad (24)$$

$\sigma_{доп}$ - 140, МПа - допустиме напруження в шині (для мідних шин).

σ_{ϕ} - напруження від взаємодії між фазами, Па

σ_n - напруження від взаємодії полос пакета одної фази, Па

$$\sigma_{\phi} = \frac{f_{ед} \cdot l^2}{10 \cdot W}, \text{Па} \quad (25)$$

$$\sigma_n = \frac{f_n \cdot l_n^2}{2 \cdot b^2 \cdot h}, \text{Па} \quad (26)$$

W - момент опору шини відносно осі перпендикулярній напрямку дії сили, м^3

$$W = 0,33 \cdot h^2 \cdot b, \text{м}^3 \quad (27)$$

$$W = 0,33 \cdot 0,1^2 \cdot 0,01 = 0,0000333 \text{м}^3$$

l - відстань між осями ізоляторів вздовж фази, м. ($l=1.5$)

l_n - відстань між прокладками пакета, м. ($l_n=0.5$)

$f_{ед}$ - максимальне зусилля, що припадає на 1 см довжини шини, від взаємодії між струмами фаз, Н/м.

f_n - максимальне зусилля, що припадає на 1 м довжини полоси, від взаємодії між струмами полос пакета. Н/м.

$$f_{ед} = 1,76 \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot 10^{-7}, \text{Н/м} \quad (28)$$

$$f_n = \delta \cdot \frac{i_y^2}{b} \cdot 10^{-7}, \text{Н/м} \quad (29)$$

a - відстань між центрами шин сусідніх фаз; $a = 0,18 \text{м}$,

i_y - ударний струм короткого замикання, А.

$$f_{\phi} = 1,76 \cdot \frac{49047^2}{0,18} \cdot 10^{-7} = 2352,1 \text{ Н / м}$$

$$f_n = 0,12 \cdot \frac{49047^2}{0,01} \cdot 10^{-7} = 2886, \text{ Н / м}$$

$$\sigma_{\phi} = \frac{2352,1 \cdot 1,5^2}{10 \cdot 0,000033} = 15892567 \text{ Па}$$

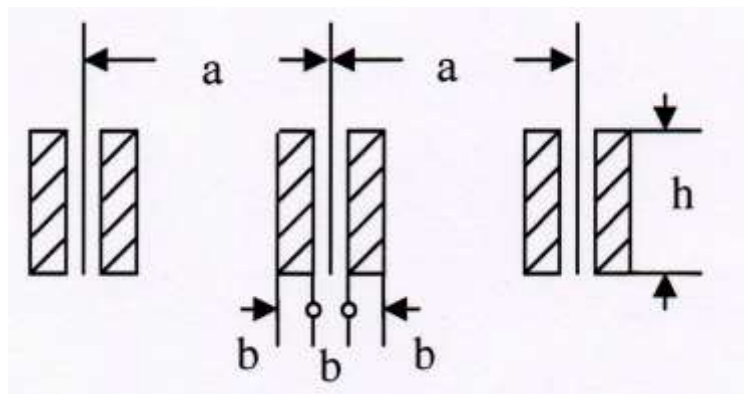
$$\sigma_n = \frac{2886 \cdot 1,5^2}{2 \cdot 0,01^2 \cdot 0,1} = 36075000 \text{ Па}$$

Отже, умова виконується: $51,967567 < 140, \text{ МПа}$.

Оскільки, виконуються всі умови, то вибір правильний.

Це мідна шина прямокутного перерізу, розміром 2(100 x 10) мм.

Розглянемо двохполосні мідні шини, що знаходяться в одній площині (розташування шин-вертикальне) (Рис 2.3.4.)



Відповідно до ПУЕ для даного струму струму при умові тривалого режиму роботи підходять шини розміром 2(100x10), для яких тривало-допустимий струм $I_{\text{доп}} = 3610 \text{ А}$. Цей тривало-допустимий струм розраховано для максимальної робочої температури $\theta_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$. Максимальна середньорічна температура складає $\theta_{\text{max}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Перерахуємо тривало-допустимий струм шин на максимальну температуру по формулі (20):

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\text{доп}} - \theta_{\text{навк}}}{\theta_{\text{доп}} - \theta_0}}, A$$

$\theta_{\text{доп}}$ - допустима температура шин, °C. (згідно ПУЕ $\theta_{\text{доп}} = +70^\circ \text{C}$)

θ_0 - температура, при якій в ПУЕ записується допустимий струм. $\theta_0 = +25^\circ \text{C}$

$\theta_{\text{навк}}$ - $+30^\circ \text{C}$ – температура навколишнього середовища;

$I_{\text{доп}}$ - допустимий струм, вибираємо з довідника [4] $I_{\text{доп}} = 3610,4$

$$I'_{\text{доп}} = 3610 \cdot \sqrt{\frac{70 - 30}{70 - 25}} = 3575 A$$

Як видно, умова по допустимому струму (по допустимій температурі нагріву) виконується:

$$I_{\text{доп}} = 3575 A > I_{p, \text{max}} = 3150 A ,$$

Оскільки умова виконується, шини за умов нагріву вибрано правильно.

Перевіримо вибрані шини на термічну стійкість аналітичним способом.

Перевірка шин на термічну стійкість,.

При перевірці шин на термічну стійкість користуються наступним виразом:

$$F_{\text{мін}} = \frac{\sqrt{B}}{C}, \text{мм}^2$$

$F_{\text{мін}}$ - мінімальний допустимий переріз шин за умов термічної стійкості.

B_k - тепловий імпульс струму короткого замикання.

$$B_k = I_{\text{кз}}^{(3)^2} \cdot t_k, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

де $I_{кз}^{(3)^2} = 27,397$ кА - усталене значення струму короткого замикання на шинах

t_K - приведений час термічної дії струму короткого замикання $t_K = 1,5c$

C - коефіцієнт, що визначається матеріалом шин (для міді $C = 170$).

Якщо виконується умова $F_{шин} > F_{мін}$, то це означає, що шини при короткому замиканні не будуть нагріватись більше $300^{\circ}C$.

$$B_K = 27,397^2 \cdot 1,5 = 1125,8934 \text{ кА}^2 \cdot c$$

$$F_{мін} = \frac{\sqrt{1125,8934}}{170} = 197,4 \text{ мм}^2$$

Отже, умова виконується : $2000 > 197.4 \text{ мм}^2$

Перевіримо на електродинамічну стійкість вибрані шини за значенням максимального (ударного) струму к.з., який проходить по шинах при трифазному к.з. на шинах.

Для перевірки шин на динамічну стійкість необхідно, щоб виконувалась наступна умова:

$$\sigma_{разр} \leq \sigma_{доп}$$

де $\sigma_{разр}$ - визначається на основі параметрів шинної конструкції і величини струму к.з.

$$\sigma_{доп} = \sigma_{\phi} + \sigma_n$$

$\sigma_{доп}$ - 140, МПа - допустиме напруження в шині (для мідних шин).

σ_{ϕ} - напруження від взаємодії між фазами , Па

σ_n - напруження від взаємодії полас пакета одної фази , Па

$$\sigma_{\phi} = \frac{f_{ед} \cdot I^2}{10 \cdot W}, \text{ Па}$$

					ДП 2022 141	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_n = \frac{f_n \cdot l_n^2}{2 \cdot b^2 \cdot h}, \text{Па}$$

W - момент опору шини відносно осі перпендикулярній напрямку дії сили, м^3

$$W = 1,44 \cdot b^2 \cdot h, \text{ м}^3 \quad (30)$$

$$W = 1,44 \cdot 0,01^2 \cdot 0,1 = 0,0000144 \text{ м}^3$$

l - відстань між осями ізоляторів вздовж фази, м. $l = 1,5$

l_n - відстань між прокладками пакета, м. $l_n = 0,5$

f_{ed} - максимальне зусилля, що припадає на 1 см довжини шини, від взаємодії між струмами фаз, Н/м.

f_n - максимальне зусилля, що припадає на 1 м довжини полоси, від взаємодії між струмами полос пакета. Н/м.

$$f_{ed} = 1,76 \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot 10^{-7}, \text{ Н / м}$$

$$f_n = \delta \cdot \frac{i_y^2}{b} \cdot 10^{-7}, \text{ Н / м}$$

a - відстань між центрами шин сусідніх фаз; $a = 0,18 \text{ м}$,

i_y - ударний струм короткого замикання, А.

$$f_{ed} = 1,76 \cdot \frac{49047^2}{0,18} \cdot 10^{-7} = 2352,1 \text{ Н / м}$$

$$f_n = 0,12 \cdot \frac{49047^2}{0,01} \cdot 10^{-7} = 2886 \text{ Н / м}$$

$$\sigma_\phi = \frac{2352,1 \cdot 1,5^2}{10 \cdot 0,0000144} = 36751562,5 \text{ Па}$$

					ДП 2022 141	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_n = \frac{2886 \cdot 0,5^2}{2 \cdot 0,01^2 \cdot 0,1} = 36075000, \text{ Па}$$

$$\sigma_{розр} = 36751562,5 + 36075000 = 72826562,5 \text{ Па}$$

Отже, умова виконується: $72,8265625 < 140 \text{ МПа}$

Оскільки, виконуються всі умови, то вибір правильний.

Це мідна шина прямокутного перерізу, розміром 2(100 x 10) мм.

Розглянемо мідні шини круглого перерізу (Рис. 2.3.5)

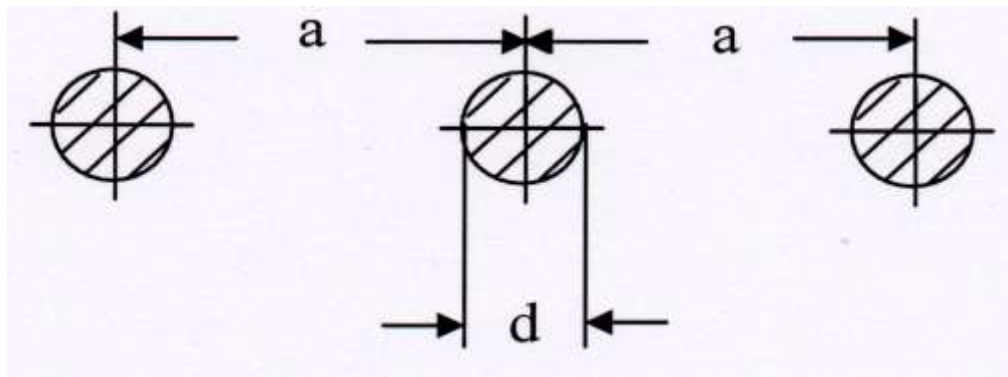


Рис. 2.3.5. Круглі мідні шини в одній площині.

Найбільший діаметр шин, які випускає промисловість, становить 45 мм на струм 2380 А. Оскільки вибір електричних шин здійснюється за робочим максимальним струмом $I_{\text{макс}}$, що рівний 3150 А, то даний вид шин не підходить, тому що немає відповідних шин на струм $< 3150, \text{ А}$

Розглянемо мідні шини трубчатого перерізу (Рис. 2.3.6)

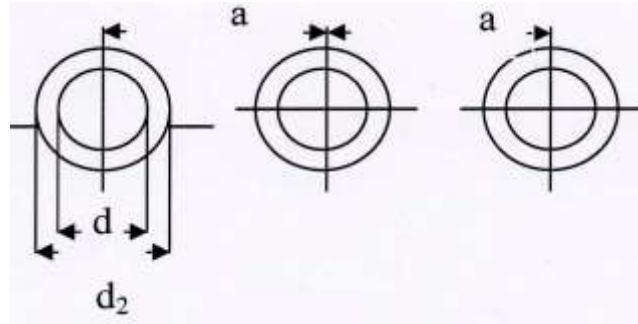


Рис.2.3.6. Мідні шини трубчатого перерізу в одній площині.

Найбільші мідні шини, які випускає промисловість, з внутрішнім і зовнішнім діаметрами становить 93/100 мм на струм 3060 А. Оскільки вибір електричних шин здійснюється за робочим максимальним струмом $I_{р.мах}$, що рівний 3150 А, то даний вид шин не підходить, тому що немає відповідних шин на струм < 3150 , А

Результати розрахунків різних варіантів шин заносимо до таблиці 9.

№ п.п.	Назва	Мідні шини			
		Двохполосні (розташування горизонтальне)	Двохполосні (розташування вертикальне)	Круглі	Трубчасті
1	Розміри: h, мм b, мм d, мм	100 10 -	100 10 -	- 45	93/100-
2	Допуст. струм. $I_{доп}$, А	3610	3610	2380	3060
3	Мінімальний переріз $F_{мін}$, мм ²	197.4	197.4	-	-
4	Розрахунковий переріз $F_{розр}$, мм ²	2000	2000	-	-
5	Момент опору W, м ³	$0,333 \cdot 10^{-3}$	$0,144 \cdot 10^{-3}$	-	-
6	Максимальне зусилля $f_{ед}$, Н/м	2352.1	2352.1	-	-
7	Максимальне зусилля між полосами, f_n , Н/м	2886	2886	-	-
8	Напруження , МПа	51,967567	72,8265625	-	-
9	Напруження між полосами, МПа	36,075000	36,075000	-	-

Проаналізувавши варіанти розглянутих мідних шин, враховуючи їхні характеристики (динамічну, термічну стійкість та нагрівання при довготривалому навантаженні робочим максимальним струмом) вибираємо найбільш оптимальний варіант - мідні двохполосні шини прямокутного перерізу 2(100x10) мм.(горизонтальне розміщення).

Вимикачі вибираємо за номінальними струмом та напругою, роду встановлення і перевіряємо на електродинамічну, термічну стійкість та відключаючу здатність при струмах к.з.

Для комірки РП-0,4 вводу трансформатора 0,4 кВ вибираємо автоматичний вимикач Masterpact NW40-H2 компанії «Шнейдер Електрик»

Перевірку проводимо в табличній формі - таблиця 10.

Таблиця 10. Вибір та перевірка вимикача вводу 0,4 кВ

Параметр	Умова вибору	Розрахункові дані (робочі)	Паспортні дані
Номінальна напруга	$U_n \geq U_p$	$U_p = 0,4$ кВ	$U = 0,44$ кВ
Номінальний струм	$I_n \geq I_{max}$	$I_p = 3150$ А	$I_d = 4000$ А
Допустимий струм вимик.	$I_{d.вим} \geq I_{p.вим}$	$I_{p.вим} = 27,397$ кА	$I_{d.вим} = 100$ кА
Струм динамічної, стійкості	$I_{max} \geq 1y$	$i_v = 49,047$ кА	$i_{max} = 220$ кА
Струм термічної стійкості	$I_t^2 \cdot t_n \geq (I_k^{(3)})^2 \cdot t_k$	$(I_k^{(3)})^2 \cdot t_k =$ $27,397^2 \cdot 1 = 750,6$ кА ² -с	$I_t^2 \cdot t_n = 75^2 \cdot 3 =$ $= 16875$ кА ² -с

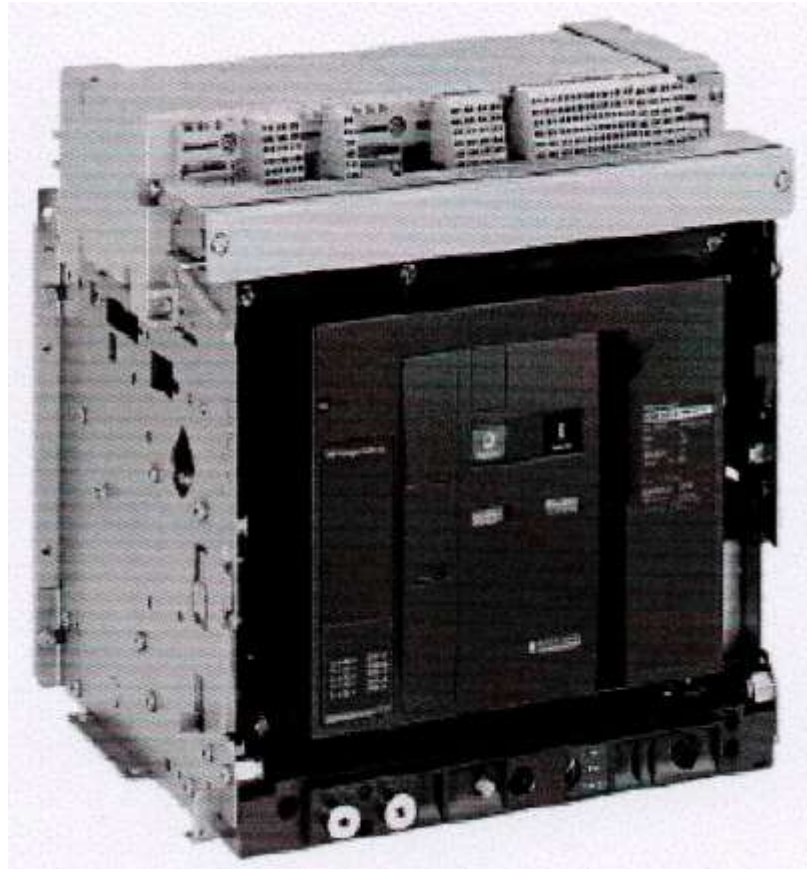


Рис. 2.3.7. Автоматичний вимикач Masterpact NW40-H2

Masterpact є одним з кращих вимикачів на великі струми в світі. Основні переваги цього апарату: принцип відключення, модульна конструкція, високотехнологічні матеріали.

Удосконаливши базову модель, компанія «Шнейдер Електрик» випустила на ринок вимикачі Masterpact NT і NW під торговою маркою Merlin Gerin.

До основних характеристик силових вимикачів -можливості викочування, селективності і зручність обслуговування - додалися вбудовані функції зв'язку і вимірювання при зменшених розмірах апаратів.

Розроблені на основі передових технологій, вимикачі Masterpact NW мають широкі технічні можливості і надійні в експлуатації.

Компанією «Шнейдер Електрик» запатентована нова концепція дугогасної камери: вона збирається з фільтрів, зроблених з нержавіючої сталі. Такий пристрій поглинає енергію, що виділяється при розриві дуги, що обмежує

теплові навантаження в установці. Пристрій фільтрує і охолоджує гази, що виділилися, радикально скорочуючи об'єм зовнішніх проявів відключення.

Розщіплювач автоматично розмикає контакти і забезпечує виняткову ефективність до 150 кА.

Швидкість обчислення, об'єм пам'яті і мініатюризація значно розширюють функції сучасних розщіплювачів: розщіплювач стає повноцінним блоком контролю і управління автоматичного вимикача. Він точно вимірює параметри мережі, миттєво обчислює значення, запам'ятовує, задає, сигналізує, передає дані.

Апарат нової серії Masterpact з блоками контролю і управління Micrologic є одночасно і наднадійний орган захисту, і точний вимірювальний прилад.

Зовнішній вид, електричні схеми та характеристики автоматичного вимикача Masterpact NW40-H2 наведене на графічній частині [аркуш 4].

2.3.3 Вибір шинних прохідних і опорних ізоляторів

Для безаварійної роботи електричної апаратури слід забезпечити надійну ізоляцію струмопроводів між собою і відносно землі. Стійкість ізоляції визначається пробивною напругою (мінімальною напругою при якій відбувається пробій ізоляції). Ізолятори, що використовуються для електричної апаратури поділяють на опорні і прохідні. Для внутрішнього встановлення випускають ізолятори, розраховані на напругу до 10 кВ. Прокідні ізолятори зовнішніх і внутрішніх установок призначені для виводу струмопровідних частин із приміщення і для прокладки шин через стіни і перекриття, для вводу електричного апарата й обладнання. Ці ізолятори проводять струмопровідні частини апаратів або розподільчих пристроїв через частини, що мають потенціал землі.

Проведемо вибір прохідних ізоляторів.

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Умови вибору прохідних ізоляторів:

$$U_{уст} \leq U_n \quad (31)$$

$U_{уст}$ - номінальна напруга установки, кВ;

U_n - номінальна напруга ізоляторів, кВ

$$I_{із} \geq I_{дт.н.} \quad (32)$$

$I_{із}$ – номінальний струм ізоляторів, А.

$I_{дт.н.}$ - довготривалий номінальний струм установки, А

$$F_{розр} \leq F_{доп} \quad (33)$$

$F_{розр}$ - розрахункове навантаження на прохідний ізолятор, Н

$F_{доп}$ - допустиме навантаження на ізолятор, Н

$$F_{доп} = 0,6 F_{руйнів} \quad (34)$$

$F_{руйнів}$ - руйнуюче навантаження на згин.

$$F_{розр} = 0,88 \cdot \frac{i_y^2 \cdot l}{a} \cdot 10^{-7}, H \quad (35)$$

Умовам вибору відповідає прохідний ізолятор ИПУ - 10/3150-12.5 УХЛ1

$$0.4 < 10, кВ$$

$$3150 = 3150, А$$

$$F_{розр} = 0,88 \cdot \frac{49047^2}{0,18} \cdot 10^{-7} = 117,6 H$$

$$F_{доп} = 0,6 \cdot 750 = 450 H$$

$$117,6 < 450 H$$

Проведемо вибір опорних ізоляторів.

					ДП 2022 141	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умови вибору опорних ізоляторів:

$$U_{уст} \leq U_n$$

де - $U_{уст}$ - номінальна напруга установки, кВ;

U_n - номінальна напруга ізоляторів, кВ

$$F_{розр} \leq F_{доп}$$

$F_{розр}$ - розрахункове навантаження на прохідний ізолятор, Н

$F_{доп}$ - допустиме навантаження на ізолятор, Н

$$F_{доп} = 0,6 F_{руйнів}$$

$F_{руйнів}$ - руйнуюче навантаження на згин:

$$F_{розр} = 0,88 \cdot \frac{i_y^2 \cdot l}{a} \cdot K_h 10^{-7}, Н$$

K_h – поправочний коефіцієнт при розміщенні шини на ізоляторі
плашмя (= 1)

Умовам вибору відповідає опорний ізолятор ОФ-Ю-375-ПУЗ

$$0,4 < 10, кВ$$

$$F_{розр} = 0,88 \cdot \frac{49047^2 \cdot 1}{0,18} \cdot 10^{-7} = 117,6 Н$$

$$F_{доп} = 0,6 \cdot 375 = 225 Н$$

$$117,6 < 225 Н$$

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

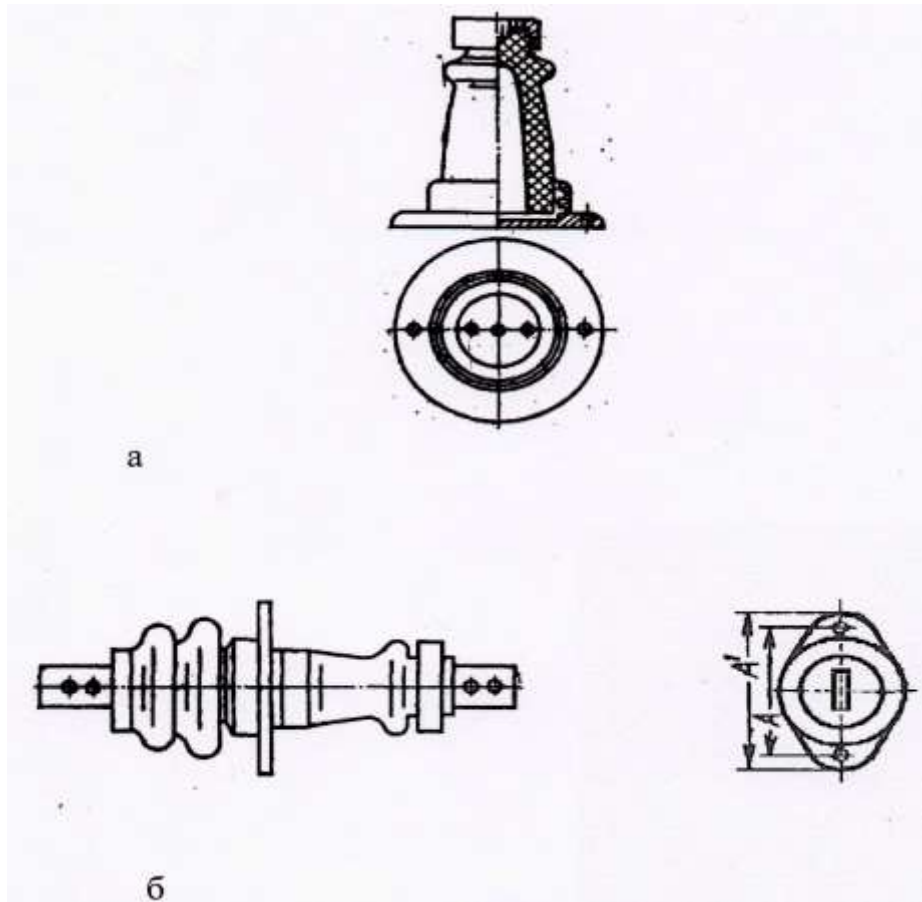


Рис. 2.3.8. Шинні ізолятори :

- а) опорний ізолятор ОФ-10-375-ПУЗ.
- б) прохідний ізолятор ИПУ-10/3150-12.5 УХЛ1.

2.3.4. Вибір трансформаторів струму

Клас точності трансформаторів струму, до яких приєднують лічильники комерційного обліку електроенергії не повинен перевищувати 0,5. Для приєднання релейних пристроїв достатніми є класи точності 3 і 5 (в деяких випадках - 10).

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Щоб забезпечити задану точність вимірювання, навантаження вторинної обмотки трансформатора S_2 , не повинно перевищувати номінальне значення вторинної потужності трансформатора S_{H2} .

Навантаження трансформаторів струму знаходимо по формулі:

$$S_2 = S_{np} + I_{H2}^2 \cdot (R_{пров} + R_{конт}) , \quad (36)$$

де S_{np} - сумарна потужність послідовно ввімкнених у вторинне коло трансформатора приладів (лічильників, амперметрів), ВА;

$I_{H2} = 5$ А - номінальний вторинний струм;

$R_{пров}$ - опір з'єднувальний проводів, Ом;

$R_{конт} = 0,1$ Ом - опір контактів.

Допустимий опір проводів обчислюємо, умовно вважаючи $S_2 = S_{H2}$:

$$R'_{пров} = \frac{S_{H2} + (\sum S_{np} + I_{H2} \cdot R_{конт})}{I_{H2}^2} = \frac{10 + (3 + 5 \cdot 0,1)}{5^2} = 0,54 \text{ Ом} \quad (37)$$

Отже, необхідний мінімальний переріз з'єднувальних проводів:

$$F'_{пров} = \frac{\rho \cdot L}{R'_{пров}} = \frac{0,02 \cdot 6}{0,54} = 0,22 \text{ мм}^2 \quad (38)$$

де $\rho = 0,02$ (Ом-мм²)/м - питомий опір мідних проводів;

$L = 6$ м - довжина з'єднувальних проводів.

Приймаємо переріз проводів $F = 2,5$ мм² і перераховуємо їх опір:

$$R'_{пров} = \frac{\rho \cdot L}{F_{ghjd}} = \frac{0,02 \cdot 6}{2,5} = 0,048 \text{ Ом} \quad (39)$$

По формулі (2.16) обчислюємо навантаження вторинної обмотки трансформатора струму:

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$S_2 = 3 + 5^2 \cdot (0,048 + 0,1) = 6,7 \text{ ВА.}$$

Перевірка трансформатора струму, вибраного для встановлення в комірці вводу трансформатора 0,4 кВ приведена в таблиці 11.

Параметр	Умова вибору	Паспортні дані	Розрахункові (робочі) дані
Ноінальна напруга	$U_H > U_P$	$U_H = 0,66 \text{ кВ}$	$U_P = 0,4 \text{ кВ}$
Номінальний первинний струм	$I_{H1} \geq I_{p.\max.}$	$I_{H1} = 4000 \text{ А}$	$I_{p.\max.} = 3150 \text{ А}$
Номінальний вторинний стру	$I_{H2} = 5 \text{ А}$	$I_{H2} = 5 \text{ А}$	
Клас точності	Відповідно приладам	0,5/P	
Номінальна вторинна потужність	$S_{H2} \geq S_2$	$S_{H2} = 10 \text{ ВА}$	$S_2 = 6,7 \text{ ВА}$
Кратність струму термічної стійкості	$(K_1 \cdot I_{H1})^2 \geq (I_k^{(3)})^2 \cdot t_k$	$(K_1 \cdot I_{H1})^2 = (90 \cdot 4,000)^2 = 129600 \text{ кА}^2\text{с}$	$(I_k^{(3)})^2 \cdot t_k = 27,397^2 \cdot 1 = 750,59 \text{ кА}^2\text{с}$
Кратність струму динамічної стійкості	$\sqrt{2} \cdot I_{H1} \cdot K_d \geq i_y$	$\sqrt{2} \cdot I_{H1} \cdot K_d = \sqrt{2} \cdot 4 \cdot 250 = 1414,21 \text{ кА}$	$i_y = 49,047 \text{ кА}$

Для встановлення в комірці вводу 0,4 кВ вибираємо трансформатор типу **ТНПІЛ - 0,66 - 4000/5 - 0,5/P, $I_{H1} = 4000 \text{ А}$.**

2.4. Вибір електричної апаратури розподільного пристрою 35 кВ

2.4.1. Розрахунок та вибір електричних шин

Шини в розподільних пристроях 35кВ вибирають круглого перерізу за умовами, аналогічними вибору шин РП-0,4 кВ.

Знайдемо максимальний робочий струм по формулі:

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$I_{p.\max} = \frac{1,4 \cdot (S_{H1} + S_{H2})}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1,4 \cdot (1600 + 1600)}{\sqrt{3} \cdot 35} = 73,9 \text{ A} \quad (40)$$

Відповідно до ПВЕ для даного робочого струму $I_{p.\max}=73,9\text{A}$ при умові тривалого режиму роботи приймаються шини круглого перерізу, алюмінієві, діаметром 10 мм ($I_{\text{дон}}= 245 \text{ A}$)..

Цей тривало-допустимий струм розраховано для максимальної робочої температури $\theta_0=25^\circ\text{C}$. Максимальна середньорічна температура складає $\theta_{\text{дон}}=30^\circ\text{C}$

Перерахуємо тривало-допустимий струм на максимальну температуру по формулі:

$$I'_{\text{дон}} = I_{\text{дон}} \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\text{дон}} - \theta_{\max}}{\theta_{\text{дон}} - \theta_0}} = 245 \cdot \sqrt{\frac{70 - 30}{70 - 25}} = 230 \text{ A}$$

де $\theta_{\text{дон}}=70^\circ\text{C}$ - тривалодопустиме значення температури для алюмінієвих шин.

Як видно, умова по допустимому струму виконується :

$$I'_{\text{дон}} = 230 \text{ A} \geq I_{\text{разр.мах}} = 73,9 \text{ A}$$

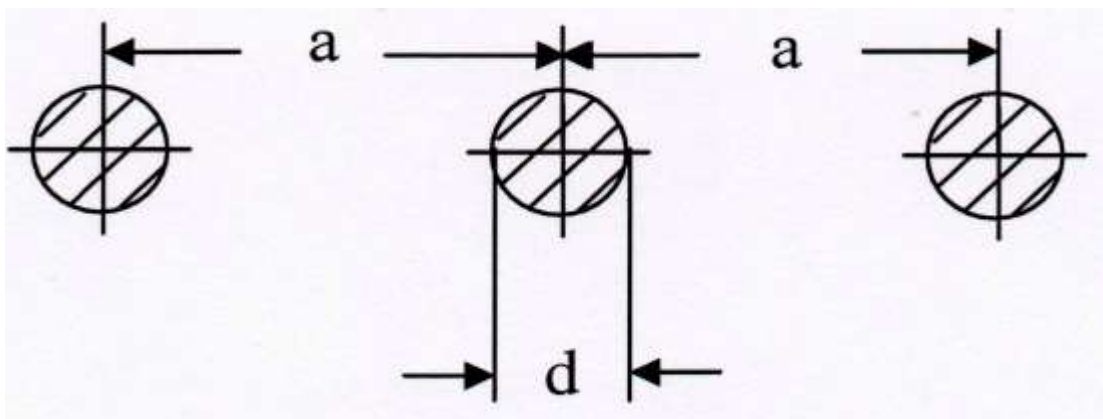


Рис 2.3.9. Круглі алюмінійові шини в одній площині

Перевірка шин на термічну стійкість.

При перевірці шин на термічну стійкість користуються наступним

виразом:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B}}{C}, \text{мм}^2$$

$F_{\min}$ - мінімальний допустимий переріз шин за умов термічної стійкості

B_K - тепловий імпульс струму короткого замикання

$$B_K = I_{K3}^{(3)^2} \cdot t_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

t_K - приведений час термічної дії струму короткого замикання $t_K = 1,5 \text{с}$

C - коефіцієнт, що визначається матеріалом шин (для алюмінія $C = 90$).

Якщо виконується умова $F_{шин} > F_{\min}$ то це означає, що шини при короткому замиканні не будуть нагріватись більше 200°C .

$$B_K = 5,421^2 \cdot 1,5 = 44,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{44,1}}{90} = 74 \text{ мм}^2$$

Отже, умова виконується : $78,5 > 74, \text{мм}^2$

Враховуючи значну відстань між шинами в РП 35 кВ перевірку на динамічну стійкість не виконуємо.

2.4.2. Вибір вимикачів РП 35 кВ

Вимикачі 35 кВ вибираються аналогічно вимикачам 0,4 кВ.

Знайдемо максимальний робочий струм вимикача по формулі (40):

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$I_{p.max} = \frac{1,4 \cdot (S_{H1} + S_{H2})}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1,4 \cdot (1600 + 1600)}{\sqrt{3} \cdot 35} = 73,9 \text{ А}$$

Для вибору та перевірки приведена таблиця 12.

Таблиця 12. Вибір та перевірка вимикача 35 кВ

Параметр	Умова вибору	Розрахункові дані (робочі)	Паспортні дані
Номінальна напруга	$U_n > U_p$	$U_p = 35 \text{ кВ}$	$U = 35 \text{ кВ}$
Номінальний струм	$I_n \geq I_{p.max}$	$I_{p.max} = 73,9 \text{ А}$	$I_n = 1600 \text{ А}$
Допустимий струм вимик.	$I_{д.вим} \geq I_{р.вим}$	$I_{р.вим} = 5,421 \text{ кА}$	$I_{д.вим} = 20 \text{ кА}$
Струм динамічної стійкості	$i_{max} \geq i_y$	$i_y = 11,49 \text{ кА}$	$i_{max} = 52 \text{ кА}$
Струм термічної стійкості	$I_t^2 \cdot t_n \geq (I_k^{(3)})^2 \cdot t_k$	$(I_k^{(3)})^2 \cdot t_k =$ $= 5,421^2 \cdot 1 = 29,387$ $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_t^2 \cdot t_n = 20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Вибираємо на стороні 35 кВ вакуумні вимикачі серії ВР35НС-35-20/1600УХЛ1, з електромагнітним приводом типу ПЕ, призначений для комутації електричних кіл з номінальною напругою 35 кВ.

Вакуумні вимикачі серії ВР35НС відповідають вимогам ГОСТ 687 ТУ У 22588376.002-96 і є комутаційними апаратами нового покоління.

Вимикач складається з вимикача вакуумного, шафи управління і тяги.

Внутрішньополіусні простори мають повітряну ізоляцію, яка в поєднанні з відповідними довжинами шляхів витоків ізоляційних поверхонь забезпечує надійну ізоляцію полюсів навіть при 100% вологості навколишнього повітря.

Вимикач захищений від атмосферних опадів і забруднень еластичними ущільненнями.

В основі принципу управління вимикачем лежить використання на кожному полюсі окремого двохпозиційного силового електромагніту з магнітними заціпками в крайніх положеннях. Електромагніт зв'язаний через ізоляційну тягу напряду з вакуумною дугогасильною камерою (ВДК).

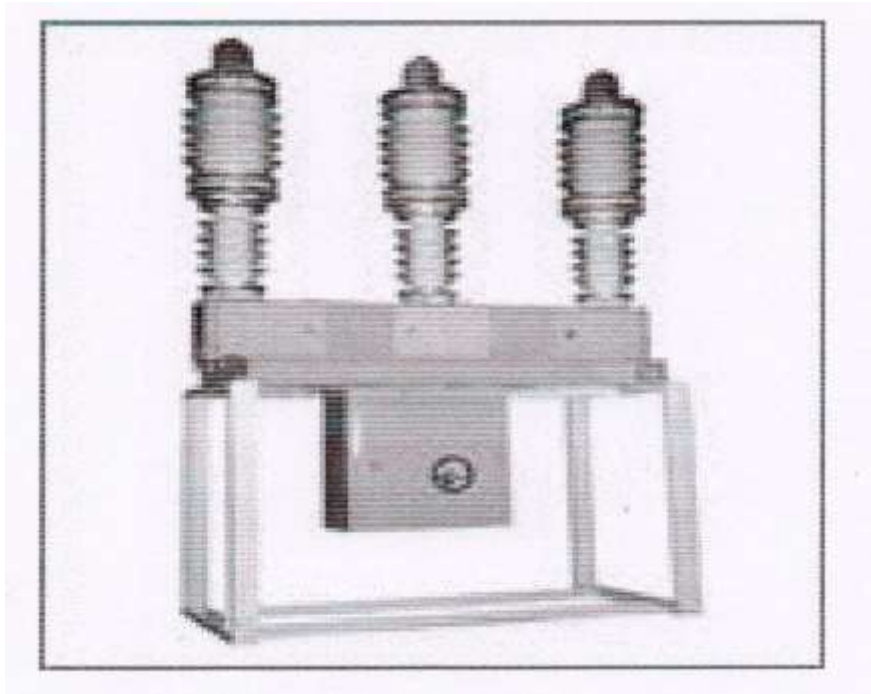


Рис. 2.3.10. Вакуумний вимикач VR35HC-35-20/1600UXL1

В електромагніт вбудовані постійні магніти високої енергоємності, що використовуються як тягові, а також для створення “магнітних заціпок” і надійної фіксації вимикача в положеннях “включено” і “відключено”.

Постійні магніти виготовлені на основі рідкоземельних металів.

Така конструкція вакуумного вимикача дозволила досягти високої надійності ізоляції полюсів, а також великого механічного ресурсу.

Повітряна ізоляція усередині полюсів забезпечує пожежобезпечність, вибухобезпечність, а також екологічну безпеку вимикачів.

					ДП 2022 141	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.3. Вибір роз'єднувачів 35 кВ.

Вибір роз'єднувачів виконується аналогічно вибору вимикача, тільки не враховується допустимий струм вимикання. Вибираємо роз'єднувач РГП-35.11/1000 УХЛ1.

Таблиця 13. Вибір та перевірка роз'єднувача 35 кВ

Параметр	Умова вибору	Розрахункові дані (робочі)	Паспортні дані
Номінальна напруга	$U_n > U_p$	$U_p = 35 \text{ кВ}$	$U_n = 35 \text{ В}$
Номінальний струм	$I_n \geq I_{p.max}$	$I_{p.max} = 73,9 \text{ А}$	$I_n = 1000 \text{ А}$
Струм динамічної стійкості	$i_{max} \geq i_y$	$i_y = 2,61 \text{ кА}$	$I_{max} = 40 \text{ кА}$
Струм термічної стійкості	$I_t^2 \cdot t_n \geq (I_k^{(3)})^2 \cdot t_k$	$(I_k^{(3)})^2 \cdot t_k = 5,421^2 \cdot 1 = 29,387 \text{ кА}^2\text{-с}$	$I_t^2 \cdot t_n = 16^2 \cdot 3 = 768 \text{ кА}^2\text{-с}$

Роз'єднувачі серії РГП на напругу 35 кВ виконані з покращеними експлуатаційними властивостями. Роз'єднувач являє собою двохколонковий апарат з поворотом контактних ножів в горизонтальній площині.

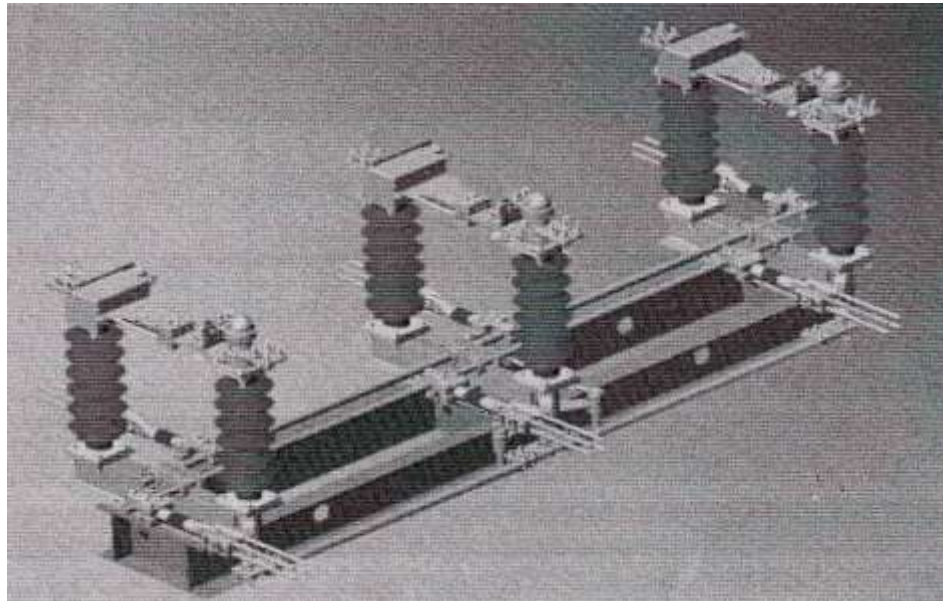


Рис. 2.3.11. Роз'єднувач РГП-35.II/1000 УХЛ1

Роз'єднувач складається із головної струмоведучої системи , опорно-поворотної ізоляції, несучої рами та заземлювачів.

Роз'єднувач укомплектований полімерними ізоляторами.

Контактні ножі виконані із мідних шин, до яких прикріплені ламелі із бронзового сплаву. Контактуючі поверхні роз'ємного і виводного контактів покриті сріблом. Виводні контакти-ковзного типу з обертанням на закритих шарикопідшипниках кочення з закладеною в них довготривалою змазкою на весь термін експлуатації.

2.4.4. Вибір обмежувачів перенапруги (розрядників) для РП 35 кВ

Найбільша допустима напруга на обмежувачі повинна бути більше або рівною максимальній робочій напрузі мережі (41):

$$U_{\text{нд}} \geq U_{\text{мах}} , \quad (41)$$

В мережах з ізольованою нейтраллю, або з компенсацією ємнісних струмів за максимальну робочу напругу приймається лінійна напруга мережі

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

і для даного випадку становить 35 кВ.

Максимальна напруга, що витримує ОПН протягом часу t повинна бути більшою рівня тимчасової перенапруги (42):

$$T \cdot U_{нд} \geq U_{пер}, \quad (42)$$

де $U_{пер}$ – рівень квазістаціонарних перенапруг,

T – допустима кратність перевищення напруги.

Для визначення рівня квазістаціонарних перенапруг користуються графіками імовірності дугових перенапруг та залежності дугових перенапруг від співвідношення активної складової струму замикання до ємнісної, які приведені у методиці вибору ОПН, розробленій Таврида Електрик. Для систем електропостачання сільського господарства приймаються наступні

вихідні дані для визначення $U_{пер}$: імовірність появи внутрішніх перенапруг - 10%; відношення активної складової струму замикання до ємнісної складає 0,5. Відповідно до зазначених графіків величина внутрішніх перенапруг для мережі 35 кВ може складати $U_{пер} = 2,6 \cdot U_{\phi} = 2,6 \cdot 20,2 = 52,54$ кВ.

Допустима кратність перевищення напруги визначається по формулі(43):

$$T = \frac{U_{пер}}{U_{нд}} \quad (43)$$

і для найбільших допустимих напруг ОПН $U_{нд} = 38,5; 40,5; 42$ кВ в класі напруги 35 кВ становить відповідно:

$$T = 52,54/38,5 = 1,365; \quad T = 52,54/40,5 = 1,297; \quad T = 52,54/42 = 1,251.$$

Найбільша тривалість внутрішніх перенапруг у системах електропостачання складає $t = (1...2)$ с. Підприємство Таврида Електрик випускає на напругу 35 кВ обмежувачі типу **ОПН-У**, які, згідно графіка залежності допустимої кратності перевищення напруги від допустимого часу прикладення напруги, який приведено у вище зазначеній методиці, задовольняють умову (5.11) при будь-якій $U_{нд}$.

Отже для захисту обладнання на стороні 35 кВ вибираємо обмежувачі типу

					ДП 2022 141	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОПН-У з найбільшою допустимою напругою $U_{нд}= 38,5$ кВ.

Як відзначалося ОПН призначені для обмеження грозових перенапруг. В реальних умовах ОПН неможливо розташувати безпосередньо поблизу обладнання, яке підлягає захисту. Наявність відстані між ОПН та обладнанням спричиняє підвищення напруги на обладнанні у порівнянні із залишковою напругою на ОПН. У зв'язку з цим рівень обмеження повинен бути на 20 - 25 % нижче випробувальної напруги повного або зрізаного грозового імпульсу. Отже обмежувач повинен забезпечувати необхідний захисний координаційний інтервал по впливам A_{zp} - формула (44):

$$A_{zp} = \frac{U_{випр} - U_{зал}}{U_{випр}} \geq (0,2...0,25), \quad (44)$$

де $U_{випр}$ - значення випробувального грозового імпульсу при випробуванні ізоляції обладнання, для класу напруги 35 кВ приймається 200 кВ;

$U_{зал}$ - залишкова напруга на ОПН при номінальному розрядному струмі, для ОПН-У - 122 кВ ($U_{нд} = 38,5$ кВ).

(0.2.. .0.25) - координаційний інтервал.

Отже для ОПН-У: $A_{zp} = (200-122)/122=0,64 > (0,2.. .0,25)$ - умова виконується.

В зв'язку з тим, що ОПН призначені ще й для обмеження комутаційних перенапруг, необхідно скоординувати його захисні характеристики при впливах комутаційних перенапруг з допустимим рівнем впливу на ізоляцію.

Випробування ізоляції на вплив внутрішніх перенапруг в мережах 6 - 35 кВ проводяться прикладанням напруги промислової частоти на протязі 1 хвилини.

В той же час комутаційні перенапруги мають імпульсний характер, як і залишкові напруги на ОПН.

Отже ОПН повинен забезпечувати захисний координаційний інтервал по внутрішнім перенапругам $A_{вн}$ (45):

$$A_{вн} = \frac{U_{випр} - U_{зал}}{U_{випр}} \geq (0,15...0,25), \quad (45)$$

де $U_{випр} = U_{дон}$ - для приведення у відповідність захисних характеристик ОПН та випробувальної напруги обладнання в розрахунку координаційного інтервалу рекомендується використовувати не значення випробувальної напруги, а значення допустимої напруги для

електрообладнання 35 кВ $U_{дон} = 140,6$ кВ.

Для ОПН-У: $A_{вн} = (140,6-122)/122=0,152 > (0,15...0,25)$ - умова виконується.

Струм короткого замикання мережі не повинен перевищувати струм вибухобезпеки ОПН (46):

$$I_n = 10 \text{ кА} \geq I_{к.з.}^3 = 5,421 \text{ кА} \quad (46)$$

де $I_{к.з.}^3 = 5,421$ кА - струм к. з. на шинах 35 кВ;

$I_n = 10$ кА - номінальний вибухобезпечний струм ОПН-У.



Рис. 2.4. Обмежувач перенапруги нелінійний ОПН-У/TEL 35 кВ

3. СПЕЦПИТАННЯ. ВИМИКАЧІ MASTERPACT

Masterpact є одним із найкращих вимикачів на великі струми у світі.

Основні переваги цього апарата: принцип відключення, модульна конструкція, високотехнологічні матеріали.



Удосконаливши базову модель, компанія «Шнейдер Електрик» випустила на ринок вимикачі Masterpact NT і NW під торговельною маркою Merlin Gerin.

До основних характеристик силових вимикачів - можливості викочування, селективності й зручності обслуговування - додалися вбудовані функції зв'язку й виміру при зменшених розмірах апаратів.

Розроблені на основі передових технологій, вимикачі Masterpact NT і NW мають широкі технічні можливості й надійні в експлуатації.

					ДП 2022 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПЕЦПИТАННЯ.	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив		Антонов В.О.							
Перевірив		Семко Д.М.					53		
Зав.кафедр.						ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого ЕЛ-4-3			
Н. Контр.									
Затвердив		Балюта С.М.							

Існує 5 варіантів вимикачів Masterpact:

N1: апарат, призначений для стандартного застосування з невеликими струмами короткого замикання.

НІ: вимикач для промислових об'єктів з підвищеним рівнем струмів короткого замикання. Може застосовуватися в електроустановках з 2 паралельно включеними трансформаторами.

Н2: високоефективний вимикач для важкої промисловості, де є небезпека виникнення дуже великих струмів короткого замикання.

Н3: апарат для експлуатації в екстремальних умовах, де високий рівень ефективності повинен сполучатися з підвищеною селективністю.

L1: струмообмежуючий вимикач, що сполучає високу струмообмежуючу здатність із найвищим рівнем селективності

(37 кА) для даного типу апаратів. Призначений для захисту кабельних ліній, що відходять, великої потужності

Інтеграція в мережу передачі даних

Masterpact інтегрується в загальну систему диспетчеризації, що оптимізує його експлуатацію й обслуговування.

Архітектура системи передачі даних характеризується відкритістю і може бути адаптована до будь-яких протоколів.

Вимикачі навантаження

Вимикачі навантаження розроблені на основі автоматичних вимикачів і успадкували якість виготовлення й ефективність. Випущено кілька моделей: НА, NA і HF.

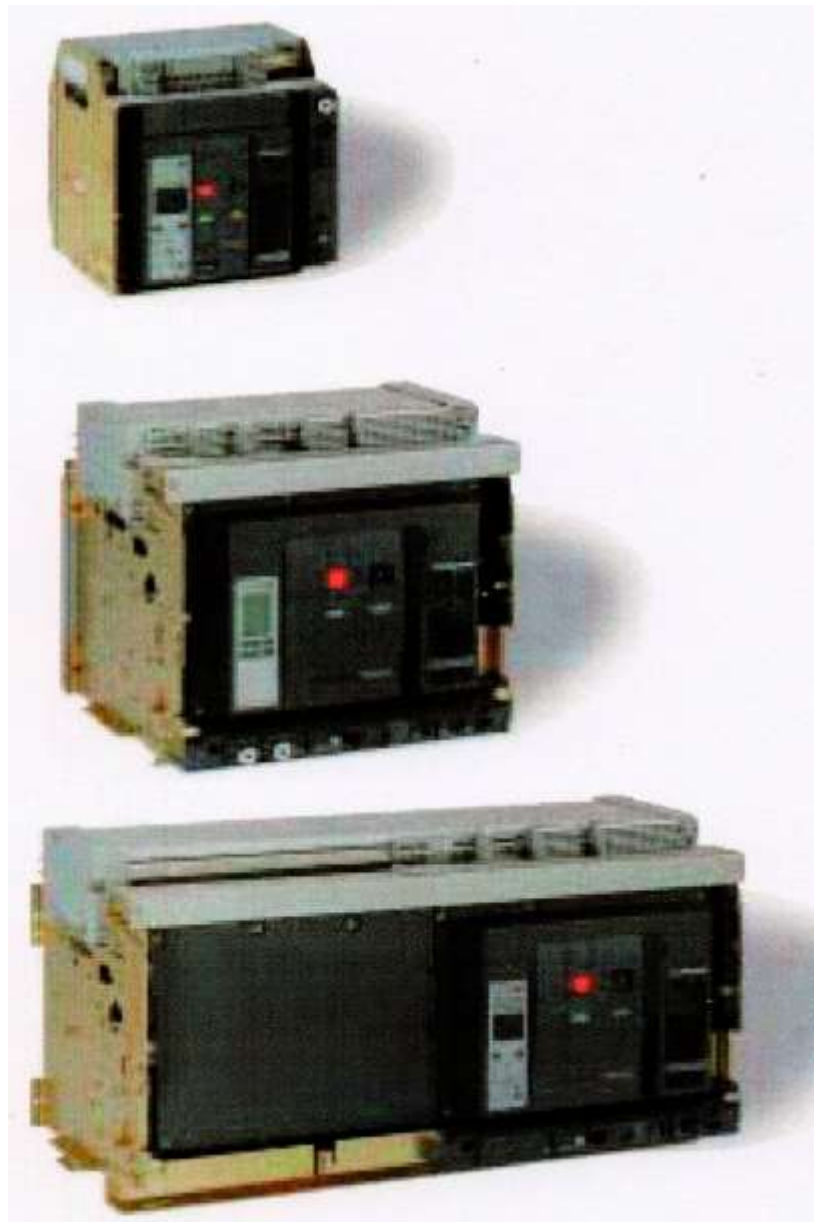
Виконання HF має струмове відсічення, що спрацьовує при включенні на коротке замикання. У включеному стані апарат не захищений і діє як

					ДП 2022 141	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

класичний вимикач навантаження. Він часто використовується як секційний вимикач збірних шин.

Нова серія апаратів Masterpact містить у собі два сімейства:

- Masterpact NT: мають найменший у світі розмір серед автоматичних силових вимикачів, розрахованих на струми 630 - 1600 А;
- Masterpact NW: пропонуються двох розмірів: один на струми 800 – 4000 А, іншої на струми 4000 - 6300 А.



					ДП 2022 141	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економія простору

Основна перевага Masterpact NT - забезпечення можливостей силового автоматичного вимикача при максимально зменшеному розмірі апарата. Особливості приєднання дозволяють установити викатний триполюсний апарат у відсіку розподільного щита розміром 400х400 мм.

Зручність монтажу

Конструкція апаратів серії Masterpact NW значно полегшує їхній монтаж:

- підведення живлення попереду або позаду;
- нульовий периметр безпеки при будь-якій конфігурації;
- приєднання:
 - заднє приєднання за допомогою горизонтальних або вертикальних контактних пластин;
 - переднє приєднання за допомогою малогабаритних контактних пластин;
 - комбіноване приєднання за допомогою задніх і передніх контактних пластин;
- єдина міжполюсна відстань при приєднанні: 115 мм;
- температура навколишнього середовища до 55 °С не впливає на номінальний струм до 4000 А.

Уніфікованість

Апарати серії Masterpact NW на струми до 4000 А мають єдиний розмір, адекватний розміру апаратів старих серій M08 - 32.

Всі вимикачі на компактними і мають струми 4000 - 6300 А стали більш к один розмір.

					ДП 2022 141	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заміна застарілих апаратів

Заміна стаціонарного або викатного апарата Masterpact M08 - 32 на Masterpact NW проводиться без заміни збірних шин і дверцят електричного щита.

Апарати серії Masterpact NT і NW не тільки мають оптимальні розміри. Їхня конструкція дозволяє спростити й стандартизувати процес монтажу автоматичних вимикачів у розподільному щиті:

- тип приєднання апаратів Masterpact NT;
- три типи приєднання апаратів Masterpact NW:

для 800 - 3200 А;

для 4000 А;

для 4000 - 6300 А;

- єдиний розмір контактних пластин для 800 - 6300 А (Masterpact NW);
- переднє приєднання за допомогою контактних пластин, що дозволяють заощаджувати місце усередині щита;
- апарат із заднім приєднанням підключається як до горизонтальних, так і до вертикальних зборень шинам одним поворотом з'єднувача на 90°



приєднання стаціонарного апарата Masterpact NT за допомогою передніх вертикальних контактних пластин



приєднання стаціонарного апарата Masterpact NT за допомогою задніх горизонтальних і вертикальних контактних пластин

Технічні нововведення

Більше безпеки

Розрив дуги з фільтрацією

Компанією «Шнейдер Електрик» запатентована нова концепція дугогасительної камери: вона збирається з фільтрів, виготовлених із нержавіючої сталі. Такий пристрій поглинає енергію, що виділяється при розриві дуги, що обмежує теплові навантаження в установці.

Пристрій фільтрує й прохолоджує гази, що виділилися, радикально скорочуючи обсяг зовнішніх проявів відключення.

Більше інтелекту

Швидкість обчислення, обсяг пам'яті й мініатюризація значно розширюють функції сучасних розщеплювачів: розщеплювач стає повноцінним блоком контролю й керування автоматичного вимикача.

Він точно вимірює параметри мережі, миттєво обчислює значення, запам'ятовує, задає, сигналізує, передає дані. Апарат нової серії Masterpact із блоками контролю й керування Micrologic являє собою одночасно й наднадійний орган захисту, і точний вимірювальний прилад.

					ДП 2022 141	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Блок контролю й керування Micrologic
оснащений рідкокристалічним дисплеєм і
простими навігаційними клавішами. Користувач
має прямий доступ до необхідних
параметрів уставкам. Навігація між екранами і
здійснюється інтуїтивно, регулювання гранично
спрощене безпосереднім зчитуванням з дисплея.
Текстова інформація
відображається обраною мовою.

Функції захисту незалежні від вимірів. Ці функції керуються
електронним елементом ASIC, загальним для всіх блоків контролю й
керування, що гарантує несприйнятливості до перешкод, що наводяться і
випромінюються, а також дуже високу надійність.

Запатентована система “подвійного регулювання” захистів дозволяє
задати:

- верхній неперевищуваний поріг за допомогою перемикачів;
- більш точне настроювання за допомогою клавіатури або дистанційно.

Таке точне регулювання уставок (до 1 ампера) і витримок часу (до 1
секунди) відображаються на дисплеї.

Пломбована засувка дозволяє заблокувати доступ до перемикачів, отже
до зміни настроювань.

Передбачання майбутнього

Дотримання вимог екологічної безпеки

Компанія «Шнейдер Електрик» приділяє особливу увагу дотриманню
екологічних вимог від розробки апарата до закінчення строку його служби:

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

- в апаратах серії Masterpact використовуються матеріали, що не представляють потенційну небезпеку для навколишнього середовища;
- заводи, що роблять цю апаратуру, не забруднюють навколишнє середовище й відповідають стандарту ISO 14001;
- розрив дуги з фільтрацією дозволяє уникнути забруднення розподільного пристрою;
- потужність, що розсіюється на полюс, невелика, тому втрати енергії незначні;
- завдяки маркуванню спрощене сортування при утилізації апаратів по закінченні терміну служби.

Простота модернізації й переоснащення електроустановки

Удосконалюються електроустановки, ростуть потужності, змінюється устаткування, збільшуються щити. Masterpact може бути адаптований до всіх цих змін:

- всі блоки контролю і керування взаємозамінні;
- є додаткова функція зв'язку із системою диспетчеризації (на замовлення);
- резервне шасі дозволяє при необхідності замінити стандартний апарат на викатний без погіршення параметрів електроустановки;
- при розробці нового обладнання враховуються всі конструкторські особливості старого, що полегшує його заміну при проведенні модернізації електроустановки.

допустимий наскрізний струм короткого замикання (кА дійсн.) зм. струм
50/60 Гц

вбудована струмова відсічка (кА удари 10%) допустимий струм
включення на кз (кА удари.) пер. струм, 50/60 Гц

					ДП 2022 141	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



кількість полюсів	3/4
номінальна напруга ізоляції (В)	Ui 1000/1250
номінальна імпульсна напруга (кВ)	Uimp 12
номінальна робоча напруга (У пров. струму, 50/60 Гц)	Ue 690/1000
можливість секціонування	МЕК 60947-
ступінь забруднення	МЕК 60664- 3

Характеристики автоматичних вимикачів за МЕК 60947-2

номінальний струм (А)	In	при 40/50 °C
номінальний струм 4-го полюса (А)		
номінальний струм трансформаторів струму (А)		
Тип автоматичного вимикача		
гранична відключаюча здатність (кА дійсн.)	Icu	220/415 В
зм. струм, 50/60 Гц		440 В
		1000 В

робоча відключаюча здатність (кА дійсн.)

Ics

%5 с.

3 с

Icm

220 В

440 В

630 В

1000 В

Характеристики автоматичних вимикачів по МЭК

60947-3 припустимий струм включення на кз (кА удари.)

пер. струм, 50/60 Гц

Icm

220 В

440 В

630 В

1000 В

допустимий наскрізний струм короткого замикання

(кА дії) пер струм 50/60 Гц

Icw

0,5 с

відключаюча здатність їси (кА дії) при наявності

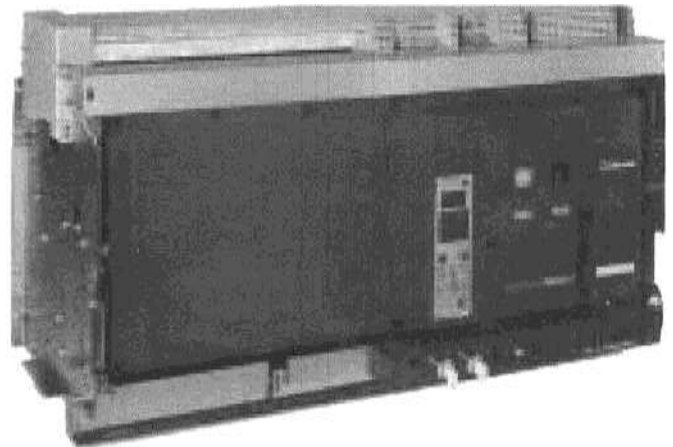
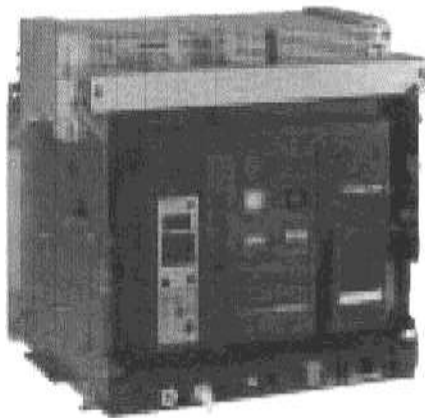
3 с

зовнішнього захисного реле, макс. витримка 350 мс

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Автоматичні вимикачі й вимикачі навантаження

Masterpact NW08 - NW063



кількість полюсів	3/4
номінальна напруга ізоляції (В)	Ui 1000/1250
номінальна імпульсна напруга (кВ)	Uimp 12
номінальна робоча напруга (У пров. струму, 50/60 Гц)	Це 690/1150
можливість секціонування	МЭК 60947-2

ступінь забруднення	МЭК 60664-1	4
---------------------	-------------	---

Характеристики автоматичних вимикачів по МЭК 60947-2

номінальний струм (А)	In	при 40/50 °С
номінальний струм 4-го полюса (А)		
трансформаторів струму (А)		

Тип автоматичного вимикача

гранична відключаюча здатність (кА дійсн.)	Icu	220/415 В
зм. струм, 50/60 Гц		440 В
		525 В
		690 В
		1150В
робоча відключаюча здатність (кА дійсн.)	Ics	%Ic

4. Охорона праці

4.1. Обґрунтування рішення щодо розміщення електричного обладнання

4.1.1. Розміщення асинхронних двигунів на об'єкті та кваліфікаційні вимоги до персоналу, який обслуговує електротехнічне обладнання.

Асинхронні двигуни АІР застосовуються у всіх галузях промисловості та виробництва. Ними комплектуються електропривод обладнання різного призначення: промислові вентилятори, насоси, верстати, конвеєри, транспортери та багато іншого. Пристрої перетворюють електричну енергію на механічну для обертання приводного валу. Асинхронний двигун — електрична машина змінного струму, у якій швидкість обертання ротора не дорівнює швидкості обертання магнітного поля статора (асинхронна)

АІР - асинхронні трифазні двигуни загальнопромислового призначення. Пристрої призначені до умов помірного клімату. Категорія розміщення – 1-3. Це означає, що їх можна розміщувати на вулиці, під навісом або у приміщеннях без штучного регулювання клімату. Ступінь волого- та пилозахисту електродвигунів – IP54, IP55. Потужність – 0,12-315 кВт. Пристрої можуть працювати від мережі з напругою 220, 380 або 660 В. Частота обертання – від 750 до 3000 об/хв. Корпус електродвигунів виготовляється з чавуну або силуміну та фарбується порошковим методом.

Залежно від поставленого завдання та умов експлуатації можна вибрати один із варіантів монтажного виконання електродвигунів АІР:

- ІМ 1081 – на лапах. Пристрій встановлюється паралельно кріпильній поверхні;
- ІМ 2081 – з фланцем та лапами. Можливе встановлення як паралельно, так і перпендикулярно кріпильної поверхні;

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис					
Розробив	Антонов В.О.				Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Сірик А.О.						64	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Н. Контр.	Семко Д.М.							
Затвердив	Балюта С.М.							

-ІМ 3081 – з фланцем. Установка перпендикулярно кріпильній поверхні.

Завдяки різним монтажним виконанням двигуни АІР можуть використовуватись у різних галузях промисловості. Асинхронні двигуни АІР приваблюють споживачів численними технічними перевагами. Пристрої мають просту конструкцію. Їх легко виготовляти, тому вартість двигунів невисока. Обслуговування та ремонт також не вимагають великих витрат. Для електродвигунів АІР характерний високий ККД, який може досягати 85%. Ними можна оснащувати обладнання безперервного циклу, наприклад транспортери та конвеєри. Пристрої легко переносять короткочасні навантаження і рідко виходять із ладу. Сукупність всіх переваг (доступна вартість, надійність, проста експлуатація) роблять двигуни АІР незамінними для автоматизації виробничих процесів.

4.1.2 Кваліфікаційні вимоги до персоналу, який обслуговує електротехнічне обладнання

Кваліфікаційні вимоги до персоналу, який обслуговує електроустановки, позначені групами кваліфікації. Зараз існує сім груп кваліфікацій, а на ремонт обладнання електростанцій і мереж - це шестирозрядна сітка. Передбачається, що кваліфікація професій робітників, яка подана в групах кваліфікації, відповідає кваліфікації професій робітників, поданій у розрядах. Групи кваліфікації і розряди встановлено за їх складністю, як правило, без урахування умов праці. Інколи роботи, що виконуються, здійснюються під керівництвом робітника вищої кваліфікації. У цих випадках робітники вищої кваліфікації повинні вміти керувати робітниками нижчих груп кваліфікації (розрядів) тієї ж професії. Крім того, робітники вищої кваліфікації, здійснюють і керівництво процесом роботи. За умови обслуговування різного устаткування група кваліфікації встановлюється за найбільш складним устаткуванням, що обслуговується.

У тих випадках, коли для професії передбачено декілька груп кваліфікації (розрядів), робітник вищої кваліфікації, окрім робіт, перерахованих

					ДП 2021 141	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у кваліфікаційній характеристиці присвоєної групи кваліфікації (розряду), повинен володіти знаннями і навичками для їх виконання і в разі необхідності виконувати роботи, які передбачені кваліфікаційними характеристиками робітників нижчої кваліфікації цієї ж професії.

Окрім робіт, які передбачені кваліфікаційними характеристиками, робітники повинні також виконувати роботи, які пов'язані з прийманням і здаванням зміни, роботи, які пов'язані з підготовкою до роботи свого робочого місця, устаткування, інструменту, пристроїв і утриманням їх в належному стані, веденням встановленої технічної документації, а також повинні знати види аварійних ситуацій, причини їх виникнення і способи запобігання та усунення. Робітники, які безпосередньо зайняті в обслуговуванні агрегатів, машин і механізмів, повинні володіти знаннями і навичками в обсязі, необхідному для виявлення і усунення пошкоджень, та виконувати ці роботи. Крім теоретичних і спеціальних знань, вимоги до яких викладено у кваліфікаційних характеристиках, працівники також повинні знати:

- посадову (робочу) інструкцію;
- технологічні карти;
- Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж (ПТЕ);
- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів;
- Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж;
- Правила безпеки (ПБ);
- Правила безпечної експлуатації електроустановок;
- Правила влаштування електроустановок (ПВЕ);
- Правила влаштування та безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води;
- Правила радіаційної безпеки;
- Правила протипожежної безпеки (ППБ);
- Правила Держнаглядохоронпраці;
- Положення системи управління охорони праці в Міненерго України;

					ДП 2021 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

- нормативно-технічну документацію, що діє в енергетиці України;
- правила охорони праці у відповідності до Закону України "Про охорону праці";
- Правила безпеки в газовому господарстві;
- Правила влаштування і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском;
- Правила організації технічного обслуговування і ремонту устаткування, будівель і споруд електростанцій і мереж Міністерства енергетики України;
- Положення про інструктаж, навчання і перевірку знань робітників підприємств, установ і організацій галузі з питань охорони праці і експлуатації устаткування;
- Правила внутрішнього трудового розпорядку підприємства;
- Правила й норми виробничої санітарії;
- основи економіки енергетики;
- інші нормативні акти в обсязі знань за своєю професією.

4.2. Організаційні та технічні заходи з охорони праці

4.2.1 Плакати та знаки безпеки, що вивішуються на приводах комутаційних апаратів, щоб уникнути подачі напруги на робоче місце при проведенні ремонту або планового огляду електрообладнання.

Обслуговування електроустановок вимагає відповідальності, підвищеної уваги, виконання правил, викладених у нормативній документації. Велика увага, при роботі з електроустановками, повинна приділятися засобам захисту, серед яких знаки та плакати з електробезпеки.

Плакати як засоби захисту

Плакатами або знаками безпеки називаються яскраві написи з пояснювальними символами, які вивішуються на приводах комутаційних апаратів. Знаки та плакати мають певну геометричну форму: прямокутну, трикутну, квадратну.

					ДП 2021 141	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плакати потрібні, щоб попередити як працівників, так і випадкових людей про потенційну небезпеку, яку представляє собою електроустановки та їх обладнання. Існують плакати, які забороняють виконувати ті чи інші дії, другі несуть інформаційне навантаження, треті дозволяють виконувати роботи.

Для того щоб плакати та знаки кидалися в очі, для написів використовують контрастні або сигнальні кольори та їх поєднання: червоний/білий, синій/білий, чорний/білий, чорний/жовтий.

Робочий персонал, який виконує роботи на електроустановках, необхідно забезпечити необхідними засобами захисту, у тому числі і плакатами, розяснити, як і де їх потрібно використовувати, щоб забезпечити безпечні умови праці. Переносні знаки та плакати повинні входити до оснащення виїзних бригад. Слід пам'ятати, що знаки і плакати потребують правильного зберігання, транспортування, та постійні повинні бути в належному стані, тобто чистими, сухими, без пошкоджень, з необхідними написами. Плакати і знаки виготовляють відповідно до Держстандарту. На відміну від інструментів та одягу їх не потрібно нумерувати або позначати якимось іншим способом, вони не вимагають маркування. Всього налічується 13 плакатів і знаків. Згідно інструкції, за призначенням вони поділяються на 4 види:

- заборонні – для заборони включення/вимкнення комутаційних апаратів, щоб усунути ризик подачі напруги в робочу зону;
- попереджувальні – для попередження робітників про те, що поблизу знаходяться струмоведучі частини і потрібні засоби захисту;
- розпорядчі – для дозволу працювати, але з урахуванням виконання вимог ТБ;
- вказівні – для зазначення місць, де розташовані пристрої чи об'єкти (зокрема, пов'язані з заземленням).

Попереджувальна група плакатів – найбільша. Вона включає в себе 4 плаката і 2 знаки. Розміри знаків, як і плакатів, регламентуються державними стандартами. В залежності від місця їх розміщення (на двері, на стіні або на електроприладі) розміри можуть бути різними.

					ДП 2021 141	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За порядком використання плакати поділяються на 2 групи: -постійні (сюди відносяться і знаки); -переносні.

Всі види плакатів виготовляють виключно з електроізоляційних матеріалів, але постійні знаки можна наносити фарбою з пульверизатора або пензлем на металеві та бетонні поверхні – стіни, частини конструкцій. Металеві частини з нанесеними знаками повинні знаходитися вдалині від струмопровідних ланцюгів і пристроїв. Забороняючий вид плакатів включає чотири знаки, вони об'єднані однаковим призначенням, прямокутної формою і використовують червоно-білі кольори(НЕ ВКЛЮЧАТИ працюють люди.).

Прямокутний плакат переносного типу, який використовують на будівництвах і в місцях розташування електроустановок (до 1000 В і вище) для того, щоб забезпечити робоче місце від подачі напруги.

Фон знаку – білий, букви – червоні. По периметру прямокутника, на відстані 1,25 мм від краю, проведено червона смуга шириною 5 мм для плаката 100х50 мм і 10 мм для плаката 200х100 мм. Місця встановлення: -дроти вимикачів, роз'єднувачів; -рубильники і автомати до 1000 В;-регулюючі кнопки дистанційного управління.

Якщо електроустановки з напругою до 1000 В не мають комутаційних пристроїв, перед початком роботи знімають запобіжники, а вивішують плакат поруч з місцем їх установки:

Схожий по оформленню переносний плакат, який повідомляє, що на лінії працюють люди, тому подача напруги заборонена(НЕ ВКЛЮЧАТИ-робота на лінії). Фон – червоний, букви – білі. По периметру прямокутника розташована біла рамка шириною 1,25мм від краю, розмір плакатів 100х50 мм або 200х100 мм
Призначення те ж, що і у першого плаката в групі – заборона дій з комутаційними пристроями: кнопками і важелями включення, приводами, що подають напругу на силовий кабель, з яким працюють монтажники.

					ДП 2021 141	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Працівникам, які працюють з електроустановками, слід пам'ятати, що після зникнення напруги з електроустановки вона може знову бути подана без попередження.

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії:

- зі зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмоводних частинах;
- без зняття напруги на струмоводних частинах, що розміщені поблизу місця виконання робіт.

При виконанні робіт зі зняттям напруги на комутаційній апаратурі до 1000 В (автоматичні та інші вимикачі, рубильники), під час ввімкнення яких може бути подана напруга на робоче місце, треба вивісити плакати «Не вмикати ! працюють люди».

У роз'єднувачів, які скеровуються оперативною штангою, плакати вивішуються на огорожах, а у однополюсних роз'єднувачів – на приводі кожного полюсу. В КРУ плакати вивішуються на ключах дистанційного керування. На засувках, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи комутаційної апаратури, вивішується плакат «Не відкривати! Працюють люди!».

На приєднаннях напругою до 1000 В, які не мають автоматичних та інших вимикачів або рубильників, плакати вивішуються біля знятих запобіжників, під час встановлення яких може бути подана напруга на місце роботи.

На приводах роз'єднувачів, якими відключено обладнання незалежно від кількості бригад, що працюють, має бути вивішений один плакат «Не вмикати! Робота на лінії». Цей плакат вивішується і знімається за вказівкою працівника, який віддає розпорядження на підготовку робочих місць і веде облік кількості бригад, що працюють на лінії. В разі одночасного виконання робіт на лінії і лінійному роз'єднувачі в тій електроустановці, до якої належить лінійний роз'єднувач, плакати «Не вмикати! Робота на лінії» вивішуються на приводах тих найближчих по схемі роз'єднувачів, котрими може бути подана напруга на лінійний роз'єднувач.

					ДП 2021 141	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струмоводні частини, які доступні для випадкового доторкання, мають бути на час роботи обгороджені. Для тимчасового обгороджування струмоводних частин, що залишилися під напругою, можуть застосовуватися щити, ширми, екрани тощо, які виготовлені з ізоляційних матеріалів. Необхідність встановлення тимчасових огорож, їх вид, спосіб встановлення визначаються особою, яка виконує підготовку робочого місця. На тимчасовій огорожі слід написати перебувають під напругою «Стій! Напруга» або прикріпити відповідні плакати безпеки.

4.3. Практичний розрахунок

Людина доторкнулась до фази трифазної трипровідної мережі з ізолюваною нейтраллю (частота 50 Гц) напругою 380 В. Накреслити схеми і визначити напругу дотику ($U_{\text{дот}}$) та силу струму, що проходить через людину ($I_{\text{л}}$) для двох режимів роботи електроустановки: нормальному та аварійному (людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю $R_{\text{зам}}$, Ом).

Покажіть, в яких випадках доторкання небезпечніше. В розрахунках прийняти опір тіла людини $R_{\text{л}}$, Ом; опір заземлення нейтралі R_0 , Ом; опір ізоляції провідників $R_A = R_B = R_C = R_N = R$, Ом ; ємність провідників $C_A = C_B = C_C = C_N = C$; мкФ. Вихідні дані для розрахунку:

$$R_{\text{л}}=1000 \text{ Ом}; R_0=2 \text{ Ом}; R=45 \text{ Ом}; C=0,09 \text{ мкФ}; R_{\text{зам}} = 140; 70; 4; 0,5; \text{ Ом}.$$

Визначимо величину напруги дотику для нормального режиму:

$$U_{\text{дот}} = U_{\text{ф}} * \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_0} = 220 * \frac{1000}{1000 + 2} = 219,56 \text{ В}.$$

Струм який пройде через людину:

					ДП 2021 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220}{1000 + 2} = 0,22 \text{ A.}$$

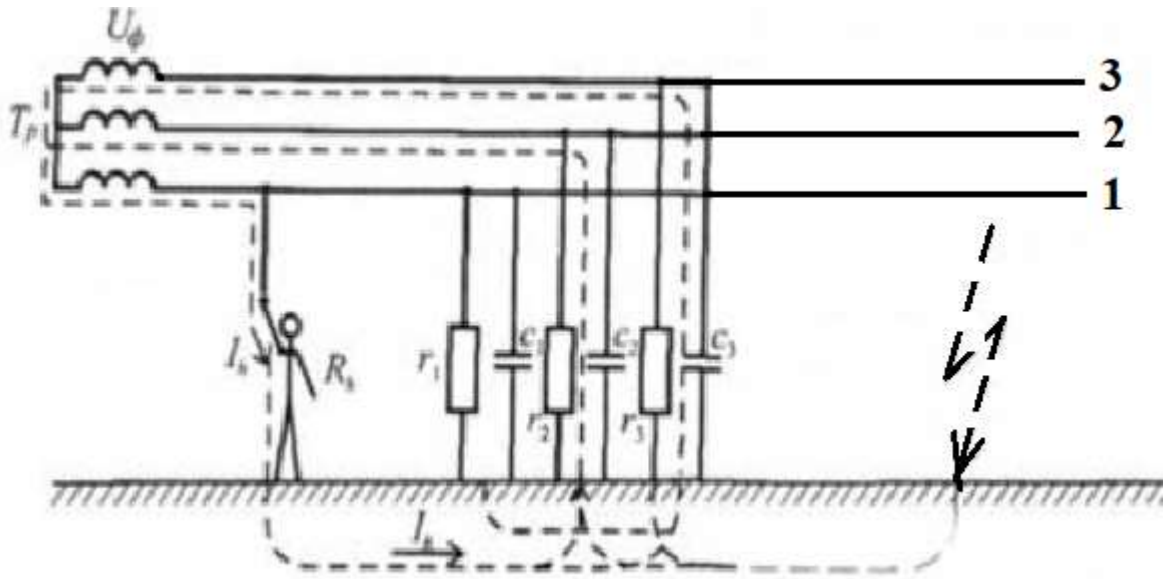


Рис. 4.1. Однофазний дотик людини до проводу

Розрахуємо величину напруги дотику в аварійному режимі:

$$U_{\text{дот}} = U_{\text{ф}} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)};$$

розрахунок будемо проводити при значеннях опорів замикання фази

на землю: $R_{\text{зам}} = 140; 70; 4; 0,5 \text{ Ом.}$

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\text{ф}} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\ &= 220 * 1000 * \frac{140 + 2 * \sqrt{3}}{140 * 2 + 1000 * (140 + 2)} = 221,8 \text{ В;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\text{ф}} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\ &= 220 * 1000 * \frac{70 + 2 * \sqrt{3}}{70 * 2 + 1000 * (70 + 2)} = 223,79 \text{ В;} \end{aligned}$$

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)}$$

$$= 220 * 1000 * \frac{4 + 2 * \sqrt{3}}{4 * 2 + 1000 * (4 + 2)} = 273.53 \text{ В};$$

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)}$$

$$= 220 * 1000 * \frac{0.5 + 2 * \sqrt{3}}{0.5 * 2 + 1000 * (0.5 + 2)} = 348.34 \text{ В.}$$

Розрахуємо значення струму, що проходить через людини при тих же значеннях опору замикання фази на землю:

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{140 + 2 * \sqrt{3}}{140 * 2 + 1000 * (140 + 2)}$$

$$= 0.22 \text{ А};$$

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{70 + 2 * \sqrt{3}}{70 * 2 + 1000 * (70 + 2)}$$

$$= 0.223 \text{ А};$$

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{4 + 2 * \sqrt{3}}{4 * 2 + 1000 * (4 + 2)} =$$

$$= 0.273 \text{ А};$$

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{0,5 + 2 * \sqrt{3}}{0,5 * 2 + 1000 * (0,5 + 2)}$$

$$= 0.348 \text{ А.}$$

В мережі з ізольованою нейтралю, вона заземлена через великий опір трансформаторів або вимірювальних приладів.

Згідно з отриманими значеннями можу зробити наступний висновок:

в аварійному режимі значення струму, що проходить крізь тіло людини має більшу величину ніж при нормальному режимі, і зі зменшенням опору замикання фази на землю, збільшується як напруга дотику так і струм, що пройде через людину у разі доторкання до фази.

					ДП2022 141	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Розрахунки при проектуванні та реконструкції системи електропостачання промислових підприємств : Навч.посібник / О.М. Сірий, В.Є. Шестеренко,- К.: ІСДО, 1993 .-592с.
2. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П.Электрическая часть электростанций и для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов.-4-е издание, перераб. и доп.-М: Энергоатомиздат., 1989.-608с.
3. Айзенберг В.И. Осветительные установки М. : Энергия, 1985-360с.
4. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Под ред.. Б.А. Князевскоо. 3-є узд., перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат., 1983-336с.
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / Под.ред. А.А. Федорова. -М.: Энергоатомиздат., 1887.-Т.1-580с.; Т.2.-591с.
6. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий.- М.: Высшая школа, 1979.-510 с.
7. Прайс лист ТОВ «Електросфера» офіційного представника в Україні фірми ZEZ S1LKO Zamberk.
8. Правила устройства электроустановок-М.: Энергоатомиздат, 1987.-648с.
9. Рожкова Л.Д., Козупин В.С. Электрооборудование станций и подстанций.- М.. Энергоиздат., 1987 -646с.
10. Электротехнический справочник.В 3-з т. Т.1.Общие вопросы. Электротехнические материалы/ Под общ. Ред. Профессоров В.Г.Герасимова, П.Г. Грудинского, Л.А. Жукова и др.-6-е изд.,испр. и доп, - М.: Энергия, 1980.-520с.

					ДП 2022 141		
Змн./	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Антонов В.О				Список літератури	Літ.	Арк.
Перевірив	Семко Д.М.						75
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3	
Н. Контр.							
Затвердив	Балюта С.М						