

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

«Реконструкція понижувальної підстанції 35/10 кВ «Василівка»

зі спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконала

студентка гр. ЕТ-61

Нора К.О.

Керівник

Лебедка С.М.

Сумський державний університет

Факультет ЕлІТ Кафедра електроенергетики
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри електроенергетики
І.Л. Лебединський
“ ” 20 р.

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу бакалавра

Нора К.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи:

«Реконструкція понижувальної підстанції 35/10 кВ «Василівка»

затверджена наказом по університету № від

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 01.06.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: графік навантажень у режимні дні, схема з'єднань підстанції із зазначенням встановлених комутаційних та електротехнічних апаратів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити):

Вступ

1. Аналіз електричних навантажень

2. Вибір основного обладнання КРУЗ-10кВ

3. Основні монтажні рішення реконструкції КРУЗ-10 кВ

4. Питання з охорони праці та техніки безпеки

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень: схема однолінійна підстанції до реконструкції, схема однолінійна підстанції після реконструкції, план та види КРУЗ 10 кВ, креслення розрізів комірок з розташуванням в них обладнання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 73, рис. 16, табл. 12.

Бібліографічний опис: Нора К.О. Реконструкція понижувальної підстанції 35/10 кВ «Василівка» [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавр; напрям: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / К.О. Нора; керівник С.М. Лебедка. – Суми: СумДУ, 2020. – 73 с.

Ключові слова:

Трансформаторна підстанція, комплектний розподільчий пристрій, вакуумний вимикач, роз'єднувач, струм, напруга, коротке замикання, обмеження перенапруг, розрахунок, ізолятор;

Трансформаторная подстанция, комплектное распределительное устройство, вакуумный выключатель, разъединитель, ток, напряжение, короткое замыкание, ограничения перенапряжений, расчет, изолятор;

Transformer substation, complete switchgear, vacuum switch, disconnecter, current, voltage, short circuit, overvoltage limitation, calculation, insulator.

Об'єкт дослідження: КРУЗ-10кВ ПС 35/10кВ «Василівка».

Короткий огляд.

Проведено розрахунок електричних параметрів розподільчого пристроюї. Проаналізовано графіки добових навантажень у режимний день. Розраховано струми короткого замикання в характерних точках. Проведено вибір електротехнічної апаратури КРУЗ-10 кВ: вакуумних вимикачів, роз'єднувачів жорсткого ошинування, опорних та прохідних ізоляторів, вимірювальних трансформаторів струму та напруги, обмежувачів перенапруг. Розглянуто елементну базу системи РЗА. Розроблено креслення: схеми однолінійні та види і розрізи комірок КРУЗ-10кВ з встановленням проектного обладнання.

Перелік умовних скорочень

ВВ – високовольтний вимикач
ВН – сторона високої напруги
КЗ – коротке замикання
ККД – коефіцієнт корисної дії
КТП – комплектна трансформаторна підстанція
КУ – конденсаторна установка
НН – сторона низької напруги
ПЗ – пристрій заземлення
ПС – підстанція
СРШ – силова розподільна шафа
ТП – трансформаторна підстанція
ТС – трансформатор струму
ВРП – відкритий розподільчий пристрій
ЗРП – закритий розподільчий пристрій
АВР – автоматичний ввід резерву
ГОСТ – державний стандарт
ШОС – шафа оперативного струму
ГЩУ – головний щит управління
ПУЕ – Правила улаштування електроустановок
СНиП – будівельні норми і правила
РЗА – релейний захист автоматики
РП – розподільчий пристрій
РПН – регулювання напруги під навантаженням
ЛЕП – лінія електропередач

Зміст

Вступ	6
1	Розрахункова частина. Аналіз навантажень	7
1.1	Електричні навантаження і формування мережі	7
1.2	Характеристика підстанції	8
1.3	Обсяг реконструкції ПС «Василівка»	9
1.4	Розрахунок струмів короткого замикання	11
2	Вибір обладнання КРУЗ-10 кВ	16
2.1	Вибір вакуумних вимикачів	16
2.2	Вибір роз'єднувачів 10 кВ	23
2.3	Вибір жорсткого ошинування КРУЗ-10 кВ	26
2.4	Вибір ізоляторів в КРУЗ10 кВ	28
2.5	Вибір трансформаторів струму 10 кВ	31
2.6	Вибір трансформаторів напруги 10 кВ	38
2.7	Вибір обмежувачів перенапруги 10 кВ	41
2.8	Релейний захист та автоматика	43
3	Основні монтажні-технологічні рішення по реконструкції КРУЗ-10 кВ ПС «Василівка»	54
4	Охорона праці	60
4.1	Загальні умови будівництва	60
4.2	Заходи з охорони праці, техніки безпеки і охорони навколишнього середовища	61
4.3	Виробництво основних будівельно-монтажних робіт	62
4.4	Кадрове забезпечення будівельно-монтажних робіт	64
4.5	Розрахунок заземлюючого пристрою ПС «Василівка»	64
Висновок	73
Список використаної літератури	74

					БР 3.6.141.357 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат	Зміст			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Нюра						4	83	
Керівник		Лебедка						СумДУ ЕТ-61		
Консульт.										
Н. Контр.		Никифоров								
Зав. Каф.		Лебединська								

ВСТУП

У сучасному світі енергетика є основою розвитку базових галузей промисловості, що визначають прогрес суспільного виробництва. Роль електричної енергії пояснюється універсальністю її використання; можливістю передавати на великі відстані, концентрації в чималих масштабах; величезними швидкостями протікання електромагнітних процесів та здатністю до ділення енергії і утворення її параметрів (зміна напруги, частоти).

Уявити собі життя без електричної енергії вже неможливо. Електроенергетика використовується в усіх сферах діяльності людини: промисловість і сільське господарство, науку і космос, наш побут. Настільки широке поширення пояснюється її специфічними властивостями: можливістю перетворюватися практично в усі інші види енергії (теплову, механічну, звукову, світлову і т.п.).

Важливим завданням електроенергетики є економічне використання існуючого електричного обладнання та розробка нового з поліпшеними параметрами.

Останнім часом все ширше почали застосовуватися нові види електротехнічної апаратури: вакуумні і елегазові вимикачі замість масляних, мікропроцесорні пристрої релейного захисту замість релейно-лампових і т.д. Ці пристрої при більшій вартості, забезпечують однак і більшу надійність, гнучкість і в цілому найчастіше виявляються кращими у роботі та використанні їх на підстанціях.

Тому одним з найголовніших завдань сьогодні є заміна застарілого обладнання на сучасне з кращими технічними параметрами та надійністю роботи, а отже тема даного дипломного проекту є актуальною та вартою уваги.

					БР 3.6.141.357 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Нюра</i>				<i>Реконструкція понижувальної підстанції 35/10 кВ «Василівка» Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Лебедка</i>						5	83
<i>Консульт.</i>						<i>СумДУ ЕТ-61</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Никифоров</i>							
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Лебединьски</i>							

1 Розрахункова частина. Аналіз навантажень

1.1 Електричні навантаження і формування мережі

Електричні навантаження є вихідними даними для вирішення складного комплексу технічних і економічних завдань. Визначення електричних навантажень становить перший етап проектування будь-якої системи електропостачання і проводиться з метою вибору і перевірки струмоведучих елементів (шин, кабелів, проводів), силових трансформаторів і перетворювачів по пропускній здатності (нагрівання) і економічними параметрами, розрахунку втрат, відхилень і коливань напруги, вибору компенсуючих установок, захисних пристроїв і т.д. Від правильної оцінки очікуваних електричних навантажень залежить раціональність вибору схеми і всіх елементів системи електропостачання та її техніко-економічні показники.

Споживачами електроенергії ПС Василівка є: с.Грабине, с.Руно, с.Липняк, с.Озерне, с.Іванки та два трансформатори власних потреб 40 кВА.

Графік навантажень (вимірювань у режимні дні) приведений в табл.1.1.

Таблиця 1.1 Графік навантажень по приєднанням 10 кВ ПС «Василівка»

Режимний день	Години	Навантаження, А				
		фідер Грабине	фідер Руно	фідер Липняк	фідер Озерне	фідер Іванки
Зима Грудень	3-00	10	11	9	16	7
	9-00	12	13	10	18	8
	13-00	12	13	11	18	9
	17-00	12	12	9	17	7
Літо Липень	3-00	9	10	8	14	6
	9-00	11	12	9	17	7
	13-00	11	12	10	18	9
	17-00	11	11	8	16	7

					БР 3.6.141.357 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат				
Розроб.	Нюра				Реконструкція понижувальної підстанції 35/10 кВ «Василівка» Розрахункова частина	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Лебедка						6	83
Консульт.						СумДУ ЕТ-61		
Н. Контр.	Никифоров							
Зав. Каф.	Лебединьски							

1.2 Характеристика підстанції.

Трансформаторна підстанція ПС 35/10 кВ "Василівка" знаходиться за адресою Сумська область, Лебединський район, с. Василівка. На відстані 40 км знаходиться залізнична станція "Лебединська".

На діючій ПС 35/10кВ на даний час встановлено 2 силових трансформатори 1Т і 2Т типу: ТМ-1600/35.

Схеми електричних з'єднань існуючих розподільчих пристроїв такі:

- 1) на напрузі 35кВ – типова, транзитна, з секціонуванням. Кількість ліній 35 кВ – 2;
- 2) на напрузі 10 кВ – «двохсекційна система шин, секціонована вимикачем». Кількість приєднань – 5.

Розподіл електроенергії від підстанції здійснюється від КРУЗ-10 кВ повітряними ЛЕП.

Загальна площа ВРП-35 кВ за генпланом –0,072 га.

Існуючі розподільчі комірки розташовані в КРУЗ-10 кВ, що складається з 16 комірок типу КРН-III-10 встановлених в ряд на рамі з металоконструкцій та опорах УСО. Згідно до технічного завдання на проектування від експлуатуючої організації, даним проектом не передбачається заміна металевих корпусів існуючих комірок КРН-III-10.

Схема КРУЗ-10 кВ - двухсекційна система шин, секціонована масляним вимикачем. З метою обмеження струмів короткого замикання застосовується роздільна робота секцій. В схемі передбачено секційний масляний вимикач з пристроєм автоматичного введення резерву (АВР). Для живлення власних потреб встановлені два трансформатори ТМ - 40/10/0,4 приєднані до різних секцій шин 10 кВ, ТВП-1 – приєднано до ввідної комірки 10кВ I с.ш. КРУЗ-10 кВ, для забезпечення живлення споживачів власних потреб при відключеному вводі 10 кВ.

У колах ліній встановлені апарати, необхідні для експлуатаційних включень і відключень ліній, для їх відключень при надмірних перевантаженнях

						Арк.
					БР 3.6.141.357 ПЗ	7
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

і коротких замиканнях, а також для від'єднання апаратів ліній від збірних шин або від мережі при їх ремонтах.

Силові та контрольні кабелі по території ПС прокладені в кабельних лотках.

Блискавкозахист підстанції, виконаний блискавковідводами на лінійних та шинних порталах.

Демонтоване обладнання та матеріали перевозяться на місце зберігання на відстань 40 км.

Демонтовані залізобетонні конструкції та сміття перевозяться на полігон ТПВ Сумської області на відстань 45 км.

За час експлуатації все електротехнічне обладнання практично виробило свій ресурс. Тому необхідна реконструкція діючої підстанції, метою якого є заміна застарілого обладнання та автоматики.

На наступних етапах реконструкції, що виходить за межі данної роботи бакалавра, буде проведено цілий ряд інших важливих завдань: заміна силових трансформаторів, гнучкого ошинування ВРП-35кВ, лінійних, шинних та секційних роз'єднувачів 35 кВ, лінійних та шинних вимикачів 35кВ, шинних мостів 10 кВ від трансформаторів до КРУЗ-10 кВ, а також повна реконструкція систем РЗА, з конфігуруванням зазначених в цій частині проекту систем РЗА, що встановлюються у комірках КРУЗ-10 кВ.

1.3 Технічні рішення реконструкції ПС 35/10 «Василівка»

Дана бакалаврська робота передбачає реконструкцію розподільчого пристрою КРУЗ-10 кВ ПС-35/10 кВ «Василівка», а саме:

- Демонтаж існуючих трансформаторів струму 10 кВ по усім приєднанням;
- Демонтаж існуючих трансформаторів напруги 10 кВ по I с.ш. та по II с.ш.;
- Демонтаж існуючих вимикачів 10 кВ по усім приєднанням;

						БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			8

- Демонтаж існуючих розрядників у комірках трансформаторів напруги 10 кВ по I с.ш. та по II с.ш.;
- Демонтаж шинних та лінійних роз'єднувачів 10 кВ по I с.ш. та по II с.ш.
- Демонтаж жорсткого ошикування КРУЗ-10кВ;
- Демонтаж запобіжників 10 кВ у комірках трансформаторів напруги 10 кВ по I с.ш. та по II с.ш.;
- Демонтаж вторинних кіл РЗА включно з шинками живлення, управління та сигналізації, що проходять через всі комірочки КРУЗ-10кВ;
- Монтаж нових трансформаторів струму 10 кВ по усім приєднанням;
- Монтаж нових трансформаторів напруги 10 кВ по I с.ш. та по II с.ш.;
- Монтаж нових вакуумних вимикачів 10 кВ по усім приєднанням;
- Монтаж нових ОПН-10кВ у комірках трансформаторів напруги 10 кВ по I с.ш. та по II с.ш.;
- Монтаж нових шинних та лінійних роз'єднувачів 10 кВ по I с.ш. та по II с.ш.;
- Монтаж нового ошикування у комірках КРУЗ-10 кВ;
- Монтаж нових запобіжників 10 кВ у комірках трансформаторів напруги 10 кВ по I с.ш. та по II с.ш.;
- Організація шинок живлення, управління та сигналізації по коміркам КРУЗ-10 кВ;
- Монтаж мікропроцесорних пристроїв РЗА з організацією вторинних кіл управління та сигналізації.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

1.4 Розрахунок струмів короткого замикання

Коротким замиканням (КЗ) є будь-яке непередбачене нормальними умовами роботи з'єднання двох точок електричного кола (безпосередньо або через зневажливо малий опір). Причинами КЗ є механічні пошкодження ізоляції, її пробою через перенапруження і старіння, обриви, накиди і з'єднання проводів повітряних ліній (ПЛ), помилкові дії персоналу тощо. У слідстві КЗ в мережах виникають небезпечні для елементів мережі струми, які можуть вивести їх з ладу. Тому для забезпечення надійної роботи електрообладнання, пристроїв релейного захисту та автоматики (РЗА), електричної мережі в цілому проводиться розрахунок струмів КЗ.

Для вибору електроапаратури та обладнання підстанції необхідно визначити вимоги до них по електродинамічній міцності і термічному дії струму. Ці дані можна отримати при розрахунку струмів короткого замикання в системі. Досить розрахувати струм трифазного КЗ.

При розрахунках струмів КЗ приймаються допущення:

- 1) всі джерела, що беруть участь в живленні розглянутої точки КЗ, працюють одночасно і з номінальним навантаженням;
- 2) розрахункова напруга кожного ступеня схеми електропостачання приймається на 5% вище номінального значення;
- 3) коротке замикання настає в момент часу, при якому ударний струм КЗ матиме найбільше значення;
- 4) опір місця КЗ вважається рівним нулю;
- 5) не враховується зсув по фазі ЕРС різних джерел живлення, що входять в розрахункову схему;
- 6) не враховуються ємності, а отже, і ємнісні струми в повітряних і кабельних мережах;
- 7) не враховуються струми намагнічування трансформаторів;
- 8) напруга джерел живлення залишаються незмінними.

						Арк.
					БР 3.6.141.357 ПЗ	10
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема заміщення для розрахунків струмів КЗ представлена на рис. 1.1.

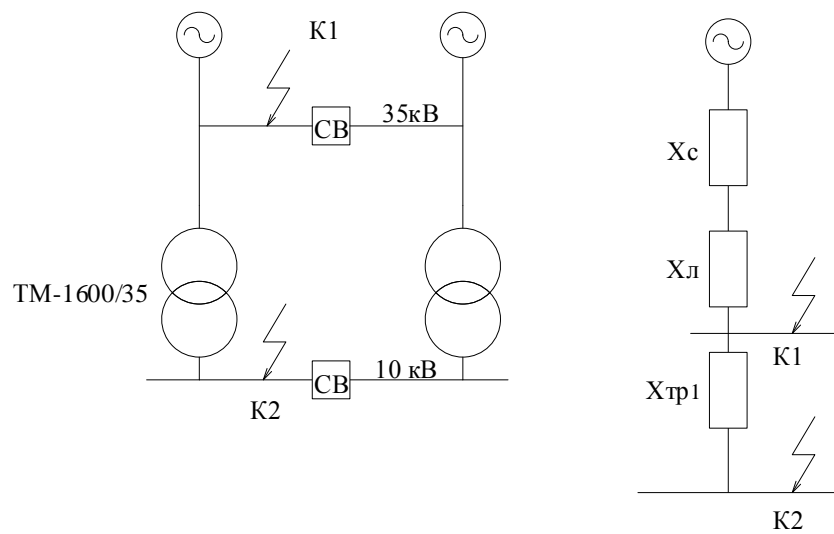


Рис. 1.1 - Схема заміщення системи електропостачання для розрахунку струмів КЗ

Розрахунок струмів КЗ проводиться у відносних базисних одиницях.

Приймаємо базисну потужність: $S_6 = 100$ МВА, $S_{кз} = 2000$ МВА.

Обираємо за базисні такі умови в кожній точці:

$$K1: S_H = 1600 \text{ кВА}; U_{61} = 37 \text{ кВ}; K_{уд} = 1,6; U_{кз} = 7,2\%.$$

$$K2: S_H = 20 \text{ кВА}; U_{62} = 10,5 \text{ кВ}; L = 14,2 \text{ км}; x_0 = 0,425 \text{ Ом/км};$$

$$r_0 = 0,46 \text{ Ом/км}; K_{уд} = 1,37; E_c = 1.$$

Базисний струм розраховується за формулою 17.10 [4]:

$$I = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad (1.1)$$

Знайдемо базисний струм в кожній точці КЗ:

$$K1: I_{61} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 37 \cdot 10^3} = 1,56 \text{ кА} .$$

$$K2: I_{62} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3} = 5,5 \text{ кА} .$$

Визначимо опори схеми заміщення у відносних одиницях.

Опір системи:

$$X_c = \frac{S_6}{S_k} = \frac{100}{2000} = 0,05$$

Опір ЛЕП:

Активний опір ПЛ-35 кВ знаходимо за формулою 17.20 [4]

$$R_{л} = r_0 \cdot L_{с1} \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,428 \cdot 14,2 \cdot \frac{100 \cdot 10^6}{(35 \cdot 10^3)^2} = 0,533$$

де $r_0 = 0,428$ Ом/км – активний опір проводу АС-70 (Таблиця П4 [7]);

$L = 14,2$ км – довжина ПЛ-35 кВ.

Індуктивний опір ПЛ-35 кВ знаходиться аналогічно:

$$X_{л} = x_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,425 \cdot 14,2 \cdot \frac{100 \cdot 10^6}{(35 \cdot 10^3)^2} = 0,493$$

де $x_0 = 0,425$ Ом/км – індуктивний опір проводу АС-70 (Таблиця П4 [7]);

Опір трансформатора ТМ-1600/35 визначається за формулою 17.19 [4]:

$$X_{тр} = \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_n} = \frac{7,2 \cdot 100}{100 \cdot 1,6} = 4,5$$

Результуючий опір до точки K_1 визначається підсумовуванням опору системи та опору ПЛ-35 кВ за формулою 17.31 [4]:

$$Z_{K1} = \sqrt{(X_c + X_{л})^2 + R_{л}^2} = \sqrt{(0,05 + 0,493)^2 + 0,533^2} = 0,761$$

Результуючий опір до точки K_2 визначається підсумовуванням опору системи та опору ПЛ-35 кВ з урахуванням опору обмоток трансформатора:

$$Z_{K2} = \sqrt{(X_c + X_{л} + X_{тр})^2 + R_{л}^2} = \sqrt{(0,05 + 0,493 + 4,5)^2 + 0,533^2} = 5,071$$

Розраховуємо періодичну складову струму короткого замикання в кожній точці за формулою 17.23 [4]:

$$I_{кз}^3 = \frac{E_c \cdot I_6}{Z}. \quad (1.2)$$

$$K1: I_{к1}^3 = \frac{1 \cdot 1,56}{0,761} = 2,049 \text{ кА.}$$

$$K2: I_{к2}^3 = \frac{1 \cdot 5,5}{5,071} = 1,085 \text{ кА.}$$

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Так як потужність системи необмежено велика, то

$$I_{K1}^3 = I''^3 = I^3,$$

де I''^3 - діюче значення періодичної складової струму к.з.;

I^3 - сталий струм к.з.

Ударний струм к.з. для розрахункових точок знаходиться за формулою 17.25 [4]:

$$i_{yK1}^3 = 1,982 \cdot I_{K1}''^3 = 1,99 \cdot 2,049 = 4,078 \text{ кА}$$

$$i_{yK2}^3 = 1,982 \cdot I_{K2}''^3 = 1,99 \cdot 1,085 = 2,159 \text{ кА}$$

де $k_y = 1 + e^{-\left(\frac{0,01}{T_A}\right)}$ – ударний коефіцієнт згідно до 17.25 [4];

T_A – постійна часу затухання аперіодичної складової струму к.з.;

$$T_A \approx \tau = t_{p3a} + t_{вл.вим}$$

τ - найменший час від початку короткого замикання до моменту розбіжності дугогасних контактів;

$t_{p3a} = 1,0$ с – час спрацювання захисту РЗА;

$t_{вл.вим} = 0,042$ с – власний час відключення вимикача;

Згідно до вищенаведених формул:

$$T_A \approx \tau = 1,0 + 0,042 = 1,042 \text{ с}$$

$$k_y = 1 + e^{-\left(\frac{0,01}{1,042}\right)} = 1,99$$

Діюче значення струму к.з. для розрахункових точок знаходиться за формулою 17.26 [4]:

$$I_{yK1}^3 = k_y \cdot I_{K1}''^3 = 1,5 \cdot 2,049 = 3,074 \text{ кА}$$

$$I_{yK2}^3 = k_y \cdot I_{K2}''^3 = 1,5 \cdot 1,085 = 1,628 \text{ кА}$$

де $k_y = 1,5$ – ударний коефіцієнт згідно до пояснень до вказаної формули, а саме: в практичних розрахунках струмів к.з. сільських електричних установок рекомендовано приймати наступні значення ударного коефіцієнта – при к.з. на шинах 35 та 10 кВ підстанцій з вищою напругою 35 кВ – $k_y = 1,5$.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Двохфазні струми к.з. для розрахункової точки К1 за формулою 17.33

[4]: відповідно дорівнюють:

$$I''_{K1}{}^2 = I^2 = 0,87 \cdot I''_{K1}{}^3 = 0,87 \cdot 2,049 = 1,783 \text{ кА}$$

$$i''_{yK1}{}^2 = 0,87 \cdot i''_{yK1}{}^3 = 0,87 \cdot 4,078 = 3,548 \text{ кА}$$

$$I''_{yK1}{}^2 = 0,87 \cdot I''_{yK1}{}^3 = 0,87 \cdot 3,074 = 2,674 \text{ кА}$$

Відповідно для розрахункової точки К2:

$$I''_{K2}{}^2 = I^2 = 0,87 \cdot I''_{K2}{}^3 = 0,87 \cdot 1,085 = 0,934 \text{ кА}$$

$$i''_{yK2}{}^2 = 0,87 \cdot i''_{yK2}{}^3 = 0,87 \cdot 2,159 = 1,878 \text{ кА}$$

$$I''_{yK2}{}^2 = 0,87 \cdot I''_{yK2}{}^3 = 0,87 \cdot 1,628 = 1,416 \text{ кА}$$

Отримані результати струмів трифазного короткого замикання в розрахункових точках К1, К2 наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Розрахункові струми трифазного короткого замикання

Місце КЗ	Струм К.З., кА					
	I''^3	i''_y^3	I''_y^3	I''^2	i''_y^2	I''_y^2
К1	2,049	4,078	3,074	1,783	3,548	2,674
К2	1,085	2,159	1,628	0,934	1,878	1,416

2 Вибір комутаційних апаратів та інших пристроїв КРУЗ-10 кВ

Правильний вибір обладнання забезпечить надійну роботу підстанції при нормальному та аварійному режимах, тобто первинні ланцюги підстанції повинні задовільняти не тільки умовам нормального режима роботи, а й умовам аварійного режиму при короткому замиканні.

Вибір комутаційної апаратури проводиться за номінальними значеннями струму та напруги, струму (потужності) відключення з перевіркою на динамічну та термічну стійкість при короткому замиканні. Для перевірки обладнання, що планується встановлювати в комірках КРУЗ-10 кВ будемо використовувати отримані значення струмів короткого замикання в розрахунковій точці К2 – на шинах 10 кВ.

2.1 Вибір вакуумних вимикачів

Вимикач є основним комутаційним апаратом в електричних установках, він служить для відключення і включення кола живлення в будь-яких режимах. Найбільш важкою і відповідальною операцією є відключення струмів короткого замикання.

Вакуумними вимикачами типу ВРС-10 (з пружинним та електромагнітним приводом) планується замінити існуючі вимикачі у ввідних комірках 10 кВ «1В-1Т» та «1В-2Т», а також в комірці секційного вимикача «СВВ-10».

Вакуумними вимикачами типу ВР1 (з електромагнітним приводом) планується замінити існуючі вимикачі у лінійних комірках.

Всі високовольтні апарати повинні довго витримувати номінальний струм I_n і номінальну напругу U_n .

										Арк.
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Вибір вакуумних вимикачів, згідно з рекомендаціями п.18.4 [4] проводиться за такими параметрами:

1) по номінальній напрузі

$$U_{ном} \geq U_{мережі},$$

де $U_{ном}$ - номінальна напруга вимикача;

$U_{мережі}$ - номінальна напруга електроустановки, що дорівнює 10 кВ.

2) за номінальним струмом

$$I_{ном} \geq I_{робМАХ},$$

де $I_{ном}$ - номінальний струм вимикача,

$I_{робМАХ}$ - максимальний робочий струм ланцюга.

Максимальний робочий струм в лінії визначається за формулою 1.13:

$$I_{робМАХ} = \frac{S}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi},$$

Коефіцієнт потужності $\cos\varphi$ – приймається 0,75 (згідно до ДБН В.2.5-23:2010).

Прийmemo за номінальний струм найбільший можливий – по повній потужності двох трансформаторів

$$I_{робМАХ} = \frac{3,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,75} = 246,336 \approx 250 \text{ А.}$$

3) за струмом відключення

$$I_{н.відкл} \geq I_{відкл},$$

де $I_{н.відкл}$ - номінальний струм відключення вимикача,

$I_{відкл}$ - розрахунковий струм відключення.

Згідно з рекомендаціями п.18.4 [4], а саме: з достатньою точністю для практичних розрахунків можна приймати при:

$$t_B \leq 0,1 \text{ с} - I_{відкл} = I''^3 = 1,085 \text{ кА},$$

$$t_B > 0,1 \text{ с} - I_{відкл} = 1,1 \cdot I''^3 = 1,194 \text{ кА};$$

4) перевірку вимикачів на електродинамічну стійкість проводять за формулою 18.22 [4]:

$$i_{МАХ} \geq i_y^3,$$

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

5) на термічну стійкість вимикач перевіряється по тепловому імпульсу за формулою 18.23 [4]:

$$B_k \leq I_m^2 t_m,$$

$$B_k = (I''^3)^2 (t_{відк} + T_a), \quad \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

де B_k - тепловий імпульс з розрахунку, згідно до формули 18.25 [4] для сільських мереж з достатньою точністю можна визначити як

$$B_k = (I''^3)^2 \cdot t_{відк},$$

де $t_{відк} = t_{рза} + t_{вл.вим}$

$t_{відк}$ - найменший час від початку короткого замикання до моменту розбіжності дугогасних контактів;

$t_{рза} = 1,0$ с – час спрацювання захисту РЗА;

$t_{вл.вим} = 0,042$ с – власний час відключення вимикача;

I_m - граничний струм термічної стійкості за каталогом;

t_m - тривалість протікання струму термічної стійкості, с.

$$B_k = 1,194^2 \cdot 1,042 = 1,486 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Розрахункові та каталожні значення величин та їх порівняння зведено в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 Вибір та перевірка вимикачів

Тип обладнання	Каталожні дані	Розрахункові дані	Умова вибору
Вакуумний вимикач ВРС-10-20/1000	Уном = 10 кВ	Умереж = 10 кВ	10 = 10
	Умах = 12 кВ	Умереж = 10 кВ	12 > 10
	Іном = 1000 А	ІробМАХ = 250 А	1000 > 250
	Ін.відкл=20 кА	Івідкл = 1,194 кА	20 > 1,194
	Ітерм = 20 кА tтерм = 3 с	tкз = 1,042 с Вк = 1,486 (кА)2*с	1200 > 1,486
	Ідин = 52 кА	іу = 2,159 А	52 > 2,159
Вакуумний вимикач ВР1-10-20/630	Уном = 10 кВ	Умереж = 10 кВ	10 = 10
	Умах = 12 кВ	Умереж = 10 кВ	12 > 10
	Іном = 630 А	ІробМАХ = 250 А	630 > 250
	Ін.відкл=20 кА	Івідкл = 1,194 кА	20 > 1,194
	Ітерм = 20 кА tтерм = 3 с	tкз = 1,042 с Вк = 1,486 (кА)2*с	1200 > 1,486
	Ідин = 52 кА	іу = 2,159 А	52 > 2,159

Як видно з результатів – обрані вакуумні вимикачі задовольняють умовам вибору.

Окрім визначених раніше характеристик, вакуумні вимикачі мають достатньо великий обсяг різноманітних важливих параметрів, що визначаються при детальному виборі.

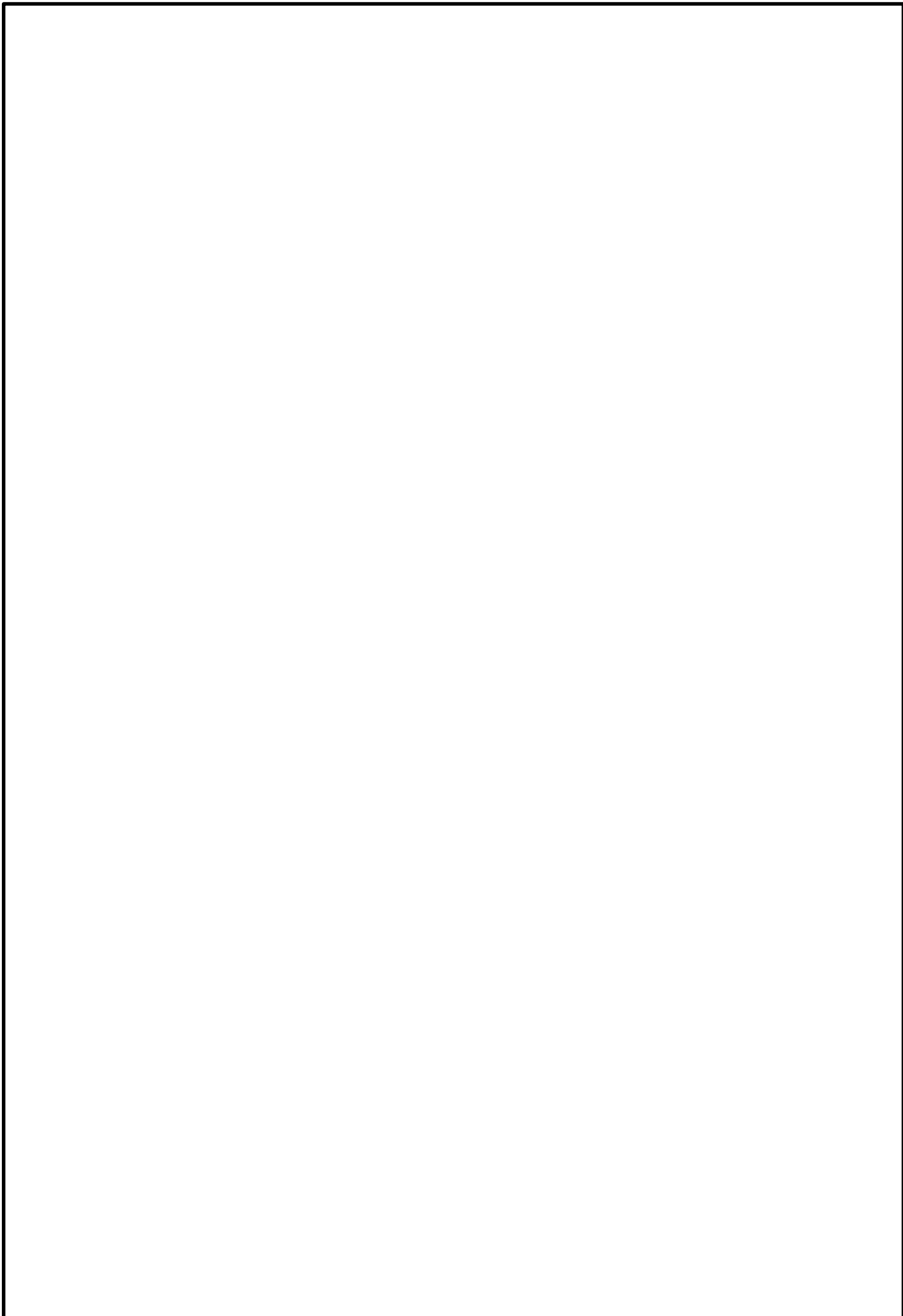
До таких відносяться: електричні параметри кіл керування, тип використовуваного оператиного струму та напруги, параметри соленоїдів включення та відключення, наявність достатньої кількості сигнальних контактів для передачі у схеми РЗА та керування. Деякі особливі параметри пов'язані з типом використовуваних схемних рішень РЗА, наприклад якщо використовується підключення трансформаторів струму до пристрою РЗА та вимикача по схемі з дешунтуванням, важливо вказати в замовленні вимикача струм спрацювання для таких схем.

Також дуже важливим являється спосіб монтажу вакуумного вимикача всередині комірки КРУЗ-10 кВ. Дуже часто, майже завжди, при заміні застарілого обладнання без заміни корпусу КРУЗ-10 кВ, для монтажу нового обладнання необхідно вносити зміни в конструктивну частину металокопункції комірки, так як габарити та розміри для кріплення старих масляних вимикачів не співпадають з новими.

Для запобігання значних проблем при проведенні монтажних робіт, виробники реалізують вакуумні вимикачі з так званими монтажними комплектами. Виробниками розроблено велика кількість варіантів металокопункції монтажних рам, що відповідають широкому асортименту застосовуваних раніше серійних виробів комірок КРУЗ-10 кВ, наприклад КРН-III-10, К-47, К-59, К-61М, К-63 та ін.

Для правильного замовлення необхідного обладнання, виробники надають опитувальні аркуші, в яких зазначена більшість з необхідних характеристик. Приклади заповнення опитувальних аркушів на обрані вимикачі приведено на рис.2.1 та рис.2.2, зовнішній вид вимикачів – на рис.2.3 та рис.2.4.

						БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			18



					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Рис. 2.2 – Опитувальний аркуш на монтажний комплект з вакуумним

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

ООО «Высоковольтный союз - РЗВА», ул. Белая, 16, г. Ровно, 33001, Украина
 Тел: +38 (0362) 617-261, 611-911, 617-324 Факс: +38 (0362) 617-210,
 office@rzva.com.ua, www.rzva.ua

34704105

Опросный лист для заказа вакуумного выключателя серии ВР
 с комплектом адаптации по программе ретрофит (кмч, модуль, выкатной элемент)

Информация объекта:

Название объекта (пол. лс. ПЗаданко №3): "Технічне переоснащення трансформаторної підстанції 35 кВ"

Технические данные ячейки подлежащего реконструкции				Технические данные выключателя, подлежащего замене:			
Серия:		КРН-III-10		Номенклатурное обозначение (ВМГЛ(П)-10, ВМП-10К, ВМГ-133, или другое):		ВМГ-133	
Структурное обозначение РП (КРУ2-10, К-ХИ, КСО-272, К-IIIу или другое):				Номинальное напряжение РП:			
КРН-III-10				6кВ <input type="checkbox"/> 10кВ <input checked="" type="checkbox"/>			
Номинальный ток А:		630 <input checked="" type="checkbox"/> 800 <input type="checkbox"/> 1000 <input type="checkbox"/> 1250 <input type="checkbox"/>		Номинальный ток А:		630 <input checked="" type="checkbox"/> 800 <input type="checkbox"/> 1000 <input type="checkbox"/> 1250 <input type="checkbox"/>	
1600 <input type="checkbox"/> 2000 <input type="checkbox"/> 2500 <input type="checkbox"/> 3150 <input type="checkbox"/>		1600 <input type="checkbox"/> 2000 <input type="checkbox"/> 2500 <input type="checkbox"/> 3150 <input type="checkbox"/>		Номинальный ток А:		1600 <input type="checkbox"/> 2000 <input type="checkbox"/> 2500 <input type="checkbox"/> 3150 <input type="checkbox"/>	
Ном. ток отключения:		12,5кА <input type="checkbox"/> 20кА <input checked="" type="checkbox"/> 31,5кА <input type="checkbox"/> 40кА <input type="checkbox"/>		Ном. ток отключения:		12,5кА <input type="checkbox"/> 20кА <input checked="" type="checkbox"/> 31,5кА <input type="checkbox"/> 40кА <input type="checkbox"/>	

Технические данные выкатного элемента			
Тип механизма выкатывания:		Червячный <input type="checkbox"/> Рычажный <input type="checkbox"/>	
Расстояние от пола до оси вала доводки:		<input type="text"/> мм	
Для ячеек типа КРУ2-10		Расстояние от торца втычные контактов до оси вала доводки: <input type="text"/> мм	
Для ячеек типа К-ХИ, К-ХХVI		Расстояние от торца втычные контактов до оси фиксатора <input type="text"/> мм	
Для ячеек типа К-IIIу, К-VIу		Расстояние от торца втычные контакты до рамы выкатного элемента: L=254мм <input type="checkbox"/> L=294мм <input type="checkbox"/> другое <input type="text"/> мм	
Ширина по колесам:		B=64мм <input type="checkbox"/> B=78мм <input type="checkbox"/> другое <input type="text"/> мм	
Для ячеек с выключателями ВК-10, ВК3-10		Диаметр стержня 24мм <input type="checkbox"/> 26мм <input type="checkbox"/>	
Количество пар ламелей на один контакт (для ячеек КРУ2-10, К-ХИ, К-IIIИУ и т.д.)		<input type="text"/> шт.	

Технические данные для заказа выключателя			
Тип вакуумного выключателя: (ВР1.../ВР2.../ВР3.../по инв. Напряжение, ВР1-10-20/630)		ВР1-10-20/630	
Климатическое исполнение:		У2 <input checked="" type="checkbox"/> Т3 <input type="checkbox"/>	
Номинальный ток А:		630 <input checked="" type="checkbox"/> 800 <input type="checkbox"/> 1000 <input type="checkbox"/> 1250 <input type="checkbox"/> 1600 <input type="checkbox"/> 2000 <input type="checkbox"/> 2500 <input type="checkbox"/> 3150 <input type="checkbox"/>	
Ном. ток отключения:		12,5кА <input type="checkbox"/> 20кА <input checked="" type="checkbox"/> 31,5кА <input type="checkbox"/> 40кА <input type="checkbox"/>	
Вариант принципиальной электрической схемы согласно ТИ / РЕ:			
Разъемы вторичных цепей СШР48 <input type="checkbox"/> СШР55 <input type="checkbox"/> Иные:			

Род тока для:		Ток срабатывания цепей отключения, для схем с десинхронизацией		3А <input type="checkbox"/> 5А <input checked="" type="checkbox"/>	
Цепей электродвигателя или электромагнита (ШП)		~110В <input type="checkbox"/> ~220В <input type="checkbox"/> ~220В <input checked="" type="checkbox"/>		Кол-во Блок контактов фактическое, шт: н.в. <input type="checkbox"/> н.з. <input type="checkbox"/>	
Цепей включения и отключения (ШУ)		~110В <input type="checkbox"/> ~220В <input type="checkbox"/> ~220В <input checked="" type="checkbox"/>		необходимое, шт: н.в. <input type="checkbox"/> н.з. <input type="checkbox"/>	
Цепей отключения от независимого питания		~110В <input type="checkbox"/> ~220В <input checked="" type="checkbox"/> ~220В <input type="checkbox"/>			
Тип комплекта адаптации, для модернизации ячейки, количество однотипных комплектов:		КМЧ 5 шт.		Выкатной элемент шт. Модуль шт.	

Заказ дополнительного оборудования:	
Комплектация заказа ограничителями перенапряжений _____ (указать марку)	
Блок первого включения: Устройство ручного включения (только для ВР1, ВР2)	
Блок первого включения: Шкаф неоперативного включения (питание от аккумуляторной батареи)	
Защита (РНВ) на реле ВЛ103А	
Защита (РТМ, РТВ) на реле тока РС80М2М - _____ (указать тип исполнения)	
Реализация функции БКА на реле ПЗ-4Б (устанавливается в рел. Шкаф РП)	
Дополнительные требования Заказчика, условия эксплуатации, перечень дополнительного оборудования и т.д.:	

Информация о представителе заказчика	
Ф.И.О. и должность ответственного за заказ:	
Контактная информация (тел./e-mail):	
Дата заполнения опросного листа:	Подпись лица, ответственного за заказ

вимикачем ВР1

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

БР 3.6.141.357 ПЗ

Арк.
22



Рис. 2.3 –Зовнішній вид вакуумного вимикача ВРС з пружинним та електромагнітним приводами



Рис. 2.4 –Зовнішній вид вакуумного вимикача VP1 з електромагнітним приводом

2.2. Вибір роз'єднувачів 10 кВ

Вибір роз'єднувачів проводиться згідно до рекомендацій [4]:

- 1) по напрузі $U_{ном} \geq U_{мережі}$;
- 2) по робочому струму $I_{ном} \geq I_{робМАХ}$;
- 3) по конструкції, роду установки;
- 4) по електродинамічній стійкості $i_{МАХ} \geq i_y^3$;
- 5) по термічній стійкості $B_k \leq I_m^2 t_m$.

Вказані величини були розраховані при виборі вимикачів 10 кВ.

Каталожні та розрахункові дані з порівнянням зведено в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 Вибір та перевірка роз'єднувачів

Тип обладнання	Каталожні дані	Розрахункові дані	Умова вибору
Роз'єднувач 10 кВ РВЗ-10/1000 УХЛ2 (в комірках вводів 10кВ та секційних)	Uном = 10 кВ	Uмереж = 10 кВ	10 = 10
	Uмах = 12 кВ	Uмереж = 10 кВ	12 > 10
	Iном = 1000 А	IробМАХ = 250 А	1000 > 250
	Iтерм = 31,5 кА tтерм = 3 с	tkз = 1,042 с Bк = 1,486 (кА)2*с	2976,75 > 1,486
	Iдин = 80 кА	iy = 2,159 А	80 > 2,159
Роз'єднувач 10 кВ РВЗ-10/630 УХЛ2	Uном = 10 кВ	Uмереж = 10 кВ	10 = 10
	Uмах = 12 кВ	Uмереж = 10 кВ	12 > 10
	Iном = 630 А	IробМАХ = 250 А	630 > 250
	Iтерм = 20 кА tтерм = 3 с	tkз = 1,042 с Bк = 1,486 (кА)2*с	1200 > 1,486
	Iдин = 50 кА	iy = 2,159 А	50 > 2,159

Як видно з результатів – обрані роз'єднувачі задовольняють вимогам.

У комірках КРУЗ-10 кВ по усім приєднанням передбачається заміна шинних та лінійних роз'єднувачів на роз'єднувачі 10 кВ виробництва ТОВ ПТК «Енергомаш».

Роз'єднувачі змінного струму високої напруги серій РВЗ-10/400, РВЗ-10/630 і РВЗ-10/1000 призначені:

-для відключення і включення під напругою ділянок електричного кола високої напруги при відсутності навантажувального струму або для зміни схеми з'єднання;

-для забезпечення безпечного проведення робіт на відключеній ділянці;

-для включення і відключення зарядних струмів повітряних і кабельних ліній, струму холостого ходу трансформаторів і струмів невеликих навантажень.

Роз'єднувачі встановлюються в мережах змінного струму, частотою 50 і 60 Гц напругою 10 кВ.

Структура умовного позначення РВЗ-10 / X₁ X₂ XX

Р - роз'єднувач;

В - внутрішньої установки;

З - з заземлюючими ножами;

10 - номінальна напруга, кВ;

X₁ - номінальний струм, А (400, 630, 1000, 1600);

X₂ – визначення конструкції заземлювальних ножів

I - заземлювальні ножі з боку роз'ємних контактів;

II - заземлювальні ножі з боку шарнірних контактів;

III - заземлювальні ножі з двох сторін;

XX - кліматичне виконання і категорія розміщення.

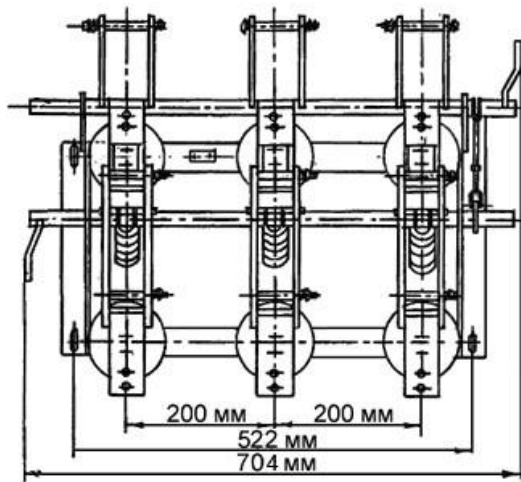
Роз'єднувачі серії РВЗ на відміну від РВ, в залежності від варіанту виконання, мають один або два вали з заземлюючими ножами.

Для управління кожним заземлюючим валом необхідний окремий привід. У роз'єднувачах РВЗ передбачене механічне блокування між валом основних ножів і валом заземлюючих ножів, що виключає помилкові операції між заземлювальними і основними ножами.

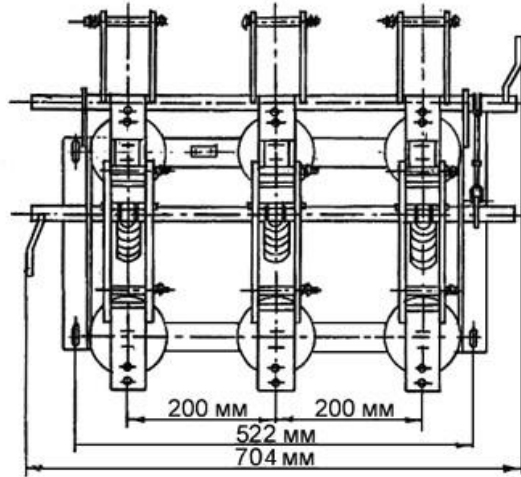
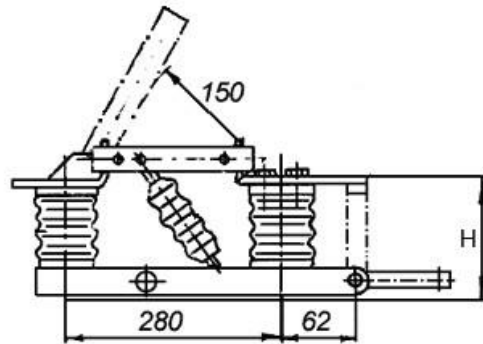
Управління роз'єднувачами проводиться за допомогою важільних приводів серії ПР.

Габаритні креслення роз'єднувачів РВЗ-10 наведені на рис. 2.5.

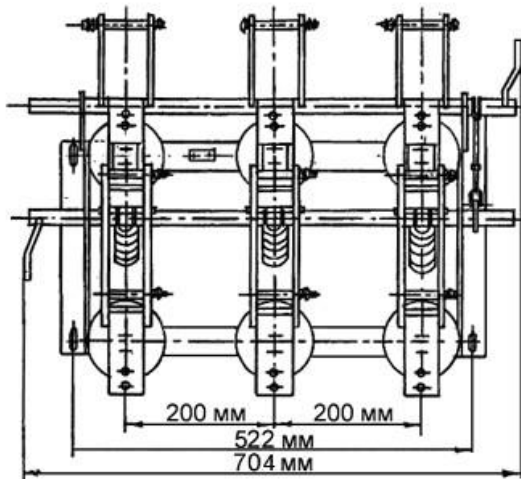
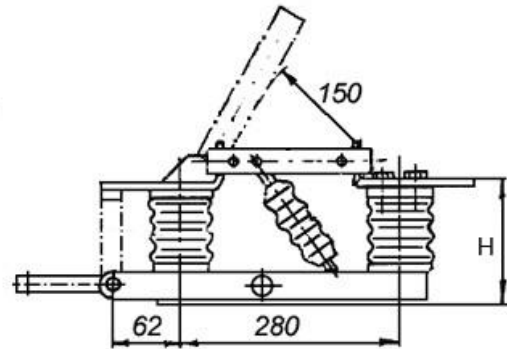
										Арк.
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						



ИСПОЛНЕНИЕ I



ИСПОЛНЕНИЕ II



ИСПОЛНЕНИЕ III

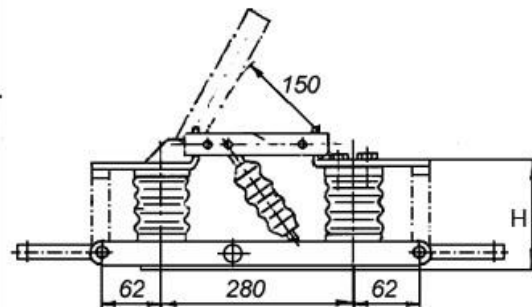


Рис. 2.5 – Габаритні креслення роз'єднувачів РВ3-10

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2.3. Вибір жорсткого ошикування КРУЗ-10 кВ

Вибір жорсткого ошикування КРУЗ-10 кВ проводять відповідно до методики, викладеної в п.18.3 [4].

За таблицею 18.1 [4] обираємо алюмінієві шини зі сплаву АД31Т, прямокутного перерізу 40x4мм з тривало допустимим струмом 280 А.

Розрахунковий час дії струму к.з. при міжфазних к.з. приймаємо рівним $t_{кз} = 0,542$ с. Вважаємо також, що шини встановлюються в одній горизонтальній площині з прогоном $L_{ш} = 150$ см та відстанню між осями шин $a_{ш} = 25$ см.

Перевірка шин на електродинамічну стійкість.

Необхідно, щоб виконувалась умова $\sigma_{роз} \leq \sigma_{дон}$,

де $\sigma_{роз}$ – розрахункове механічне навантаження на згин, що виникає в матеріалі шин при протіканні ударного струму трифазного к.з.;

$\sigma_{дон}$ – допустиме механічне навантаження на згин для матеріалу шин;

$\sigma_{дон} = 70$ МПа для шин з алюмінієвого сплаву АД31Т (стор.195 [4]).

Спочатку необхідно знайти силу, що діє на шини при протіканні по ним ударного струму к.з. за формулою 18.10 [4]:

$$F^{(3)} = \frac{1,76 \cdot k_{\phi} \cdot (i_y^3)^2 \cdot l \cdot 10^{-1}}{a},$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт форми шин;

i_y^3 – ударний струм трифазного к.з., кА;

l – довжина прогону, м;

a – відстань між центрами шин, м;

Коефіцієнт форми знаходять за кривими, спочатку розраховуючи значення виразу:

$$\frac{a-b}{b+h} = \frac{0,25-0,04}{0,04+0,004} = \frac{0,21}{0,044} = 4,773,$$

Згідно рекомендацій п.18.3 [4], якщо $\frac{a-b}{b+h} \geq 2$, то $k_{\phi} = 1$.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже знаходимо силу:

$$F^{(3)} = \frac{1,76 \cdot 1 \cdot (2,159)^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-1}}{0,25} = 4,922 \text{ Н}$$

Наступним кроком знаходять момент опору при прокладанні шин плазом за формулою 18.12 [4]:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,04 \cdot 0,004^2}{6} = 0,106 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Далі знаходять розрахункове механічне навантаження на згин, що виникає в матеріалі шин при протіканні ударного струму трифазного к.з. за формулою 18.15 [4]:

$$\sigma_{\text{роз}} = \frac{F^{(3)} \cdot l}{10 \cdot W} = \frac{4,922 \cdot 1,5}{10 \cdot 0,106 \cdot 10^{-6}} = \frac{7,383}{1,06 \cdot 10^{-6}} = 6,965 \text{ МПа}$$

Враховуючи, що $\sigma_{\text{доп}} = 70 \text{ МПа} > \sigma_{\text{роз}} = 6,965 \text{ МПа}$ робимо висновок, що шини з алюмінієвого сплаву АД31Т перерізом 40x4мм задовольняють вимогам електродинамічної стійкості.

Перевірка шин на термічну стійкість.

Так як $t_{\text{кз}} = 1,042 > 1 \text{ с}$, то приймаємо фіктивний час к.з. рівний фіктивному часу періодичної складової струму к.з., що дорівнює 1,042 с (згідно раніше зробленому розрахунку).

Визначається температура шин до моменту к.з. за формулою 18.8 [4]:

$$\vartheta_p = \vartheta_0 + (\vartheta_{\text{доп}} - \vartheta_0) \cdot \left(\frac{I_{\text{робМАХ}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2,$$

де ϑ_0 – розрахункова температура навколишнього середовища, $\vartheta_0 = 25^\circ\text{C}$;

$\vartheta_{\text{доп}}$ – гранично допустима температура нагрівання шин при тривалому режимі роботи, $\vartheta_{\text{доп}} = 70^\circ\text{C}$;

$I_{\text{доп}}$ – тривалодопустимий струм шин, $I_{\text{доп}} = 280 \text{ А}$;

$$\vartheta_p = 25 + (70 - 25) \cdot \left(\frac{0,25}{0,28} \right)^2 = 60,87^\circ\text{C}$$

За кривими рис.18.2 [4] визначаємо, що при $\vartheta_p = 60,87^\circ\text{C}$

$$A_p = 0,412 \cdot 10^4 \text{ А}^2\text{с/мм}^4$$

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

Після цього проводимо розрахунки за формулою 18.7 [4]:

$$A_{\vartheta_k} = A_p + \left(\frac{I^{(3)}}{F}\right)^2 \cdot t_{кз} = 0,412 \cdot 10^4 + \left(\frac{1085}{160}\right)^2 \cdot 1,042 = 0,418 \cdot 10^4 \text{ А}^2\text{с/мм}^4$$

За кривими рис.18.2 [4] значенню $A_{\vartheta_k} = 0,418 \cdot 10^4$ відповідає значення температури $\vartheta_{п} = 78,85 \text{ }^\circ\text{C}$, що значно менше допустимої температури $\vartheta_{доп} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ для шин 4x40мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, отже, шини термічно стійкі.

Таким чином можна зробити висновок, що алюмінієві шини перерізом 4x40мм з алюмінієвого сплаву АД31Т задовольняють усім умовам перевірки.

2.4. Вибір ізоляторів в КРУЗ-10 кВ

При виборі ізоляторів повинна бути проведена перевірка з придатності за рядом параметрів: за номінальною напругою, за допустимим механічним навантаженням, а для прохідних ізоляторів за номінальним струмом.

З широкого асортименту ізоляторів на ринку країни зупинимо вибір на полімерних опорних ізоляторах типу ІО-8-80 (рис.2.6) та прохідних ізоляторах ППЦ-10/1000-12,5УХЛ1 (рис.2.7) виробництва ПТК «Енергомаш» Україна.

Проведемо перевірку по вище зазначеним параметрам:

а) номінальна напруга $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$;

б) за допустимим механічним навантаженням обрані ізолятори повинні відповідати умовам (згідно формулі 18.18 [4]):

$$F_{роз} \leq 0,6 \cdot F_{доп} ,$$

де $F_{роз} = F^{(3)} = 4,922 \text{ Н}$ - розрахункова сила, що діє на шини при протіканні по ним ударного струму к.з. (знайдена раніше);

$F_{доп}$ - гранично допустима руйнівна сила на згин для обраного ізолятора (з каталогу).

Підставляючи значення величин для опорних ізоляторів, отримаємо

$$4,922 \leq 0,6 \cdot 8000 = 4800$$

Для прохідних ізоляторів ця умова тим більше виконується, так як

									Арк.
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$F_{\text{роз}} = \frac{F^{(3)}}{2} = 2,461 \text{ Н}, \text{ а для обраних ізоляторів ППЦ-10/1000-12,5УХЛ1}$$

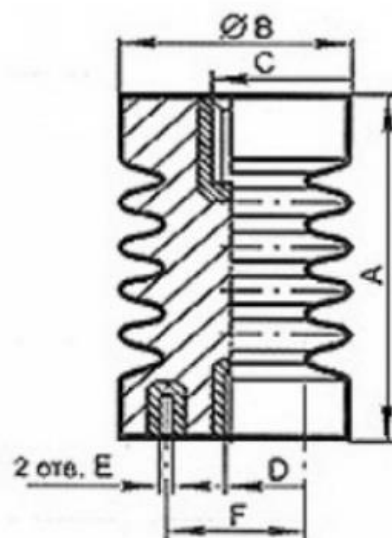
$$F_{\text{доп}} = 12,5 \text{ кН.}$$

Прохідні ізолятори необхідно перевірити за номінальним струмом

$$I_{\text{ном.із}} \geq I_{\text{робМАХ}}$$

Підставляючи значення отримуємо $1000 \text{ А} \geq 250 \text{ А}$, з чого можна робити висновок про придатність обраного ізолятора.

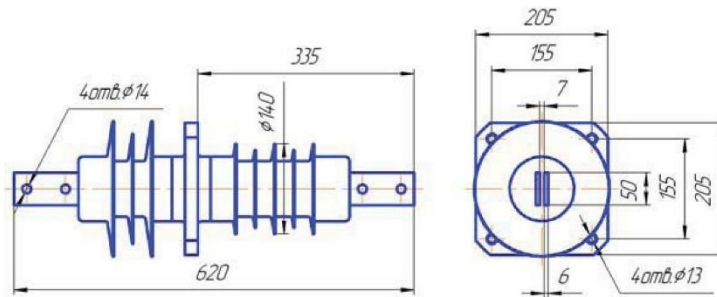
Обрані опорні та прохідні ізолятори задовольняють умовам вибору.



Наименование	Единица измерения	Значение
Номинальное рабочее напряжение	кВ	10
Наибольшее допустимое напряжение	кВ	12
Минимальная разрушающая сила на изгиб	кН	8,0
Испытательное одноминутное напряжение	кВ	42
Испытательное напряжение полного грозового импульса	кВ	80
Пробивное напряжение грозового импульса, не менее	кВ	104
Испытательное напряжение при выпадении росы	кВ	28
Габаритные размеры	мм	124x76
Масса	кг	0,85

Рис. 2.6 – Основні параметри опорного ізолятора И-8-80

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------



Показатель	ППЦ-10/1000-12,5 УХЛ1
Номинальное напряжение, кВ	10
Импульсное напряжение, кВ	80
Номинальный ток, А	1000
Нормированная разрушающая механическая сила при изгибе, не менее, кН	12,5
Масса, не более, кг	9,8
Длина пути утечки наружной изоляции, мм	460
Длина пути утечки внутренней изоляции, мм	420
Климатическое исполнение	УХЛ1
Рисунок №	1
Фарфоровый аналог	ИПУ 10/1000-12,5 УХЛ1

Рис. 2.7 – Основні параметри прохідного ізолятора ППЦ-10/1000-12,5

2.5. Вибір трансформаторів струму 10 кВ

Контрольно-вимірювальні прилади, а також мікропроцесорні пристрої РЗА включаються в робочі схеми через вимірювальні трансформатори (струму та напруги).

Трансформатор струму (ТС) призначений для зменшення первинного струму до величин, найбільш зручних для вимірювальних приладів і реле, а також для відділення кіл вимірювання та захисту від первинних кіл високої напруги.

Вибір ТС при проектуванні полягає у виборі типу трансформатора, визначенні очікуваної навантаження і зіставленні її з номінальною, перевірці на електродинамічну і термічну стійкість.

Клас точності намічають відповідно до призначення трансформатора струму: клас точності 0,5S - застосовуємо для приєднання лічильників грошового розрахунку; 0,5 – для технічного обліку, 10P - для релейного захисту.

Контроль за режимом роботи підстанції здійснюємо за допомогою контрольно-вимірювальних приладів: вольтметра, ватметри, варметри, лічильників активної та реактивної енергії.

Трансформатори струму обираємо (згідно з рекомендаціями [6]):

за номінальною напругою, номінальним струмом первинного ланцюга, класу точності, номінальною потужністю вторинного ланцюга та перевіряються на електродинамічну і термічну стійкість при протіканні струмів к.з.:

1) номінальна напруга

$$U_{\text{ном.ТС}} \geq U_{\text{мереж}}$$

2) номінальний струм первинної обмотки

$$I_{\text{номI}} \geq I_{\text{робМАХ}}$$

3) клас точності обмоток трансформаторів струму приймаємо:

- обмотки для вимірювань – 0,5S

- обмотки для захисту – 10P

4) номінальна потужність вторинної обмотки:

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

- обмотки для вимірювань – 10 ВА

- обмотки для захисту – 15 ВА

5) перевірка на термічну стійкість проводиться аналогічно попередньому обладнанню за умовою:

$$B_k \leq I_m^2 t_m,$$

де B_k - тепловий імпульс, згідно до формули 18.25 [4] для сільських мереж з достатньою точністю можна визначити як

$$B_k = (I^{n3})^2 \cdot t_{відк},$$

де $t_{відк} = t_{рза} + t_{вл.вим}$

$t_{відк}$ - найменший час від початку короткого замикання до моменту розбіжності дугогасних контактів;

$t_{рза} = 1,0$ с – час спрацювання захисту РЗА;

$t_{вл.вим} = 0,042$ с – власний час відключення вимикача;

I_m - граничний струм термічної стійкості за каталогом;

t_m - тривалість протікання струму термічної стійкості, с.

$$B_k = 1,085^2 \cdot 1,042 = 1,131 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

б) перевірка на електродинамічну стійкість проводиться аналогічно попередньому обладнанню за умовою:

$$i_{dyn} \geq i_y^3$$

де i_{dyn} – струм електродинамічної стійкості, з інформації заводу-виробника (з каталогу).

При проведенні аналізу даних по графіку електричних навантажень за режимні дні, що приведені в табл.2.3, приймаємо до встановлення на лініях 10кВ трансформатори струму типу ТПЛУ-10-1 20/20/20/5А 0,5S/0,5/10Р, з трьома обмотками.

Для зручного подання ходу та результатів перевірки трансформаторів струму, зведемо його до таблиці 2.4.

Загальний вид та технічні параметри трансформаторів струму ТПЛУ-10 приведено на рис.2.8.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 Графік навантажень по приєднанням 10 кВ ПС
«Василівка»

Режимний день	Години	Навантаження, А				
		фідер Грабіне	фідер Руно	фідер Липняк	фідер Озерне	фідер Іванки
Зима Грудень	3-00	10	11	9	16	7
	9-00	12	13	10	18	8
	13-00	12	13	11	18	9
	17-00	12	12	9	17	7
Літо Липень	3-00	9	10	8	14	6
	9-00	11	12	9	17	7
	13-00	11	12	10	18	9
	17-00	11	11	8	16	7

Таблиця 2.4 Перевірка параметрів трансформаторів струму

Вид перевірки	Найменування параметру	Од. вимір.	Значення		Позначення, розрахункова формула	Умова (розрахунок)	Прим.
			Пасп.	Розрах.			
Паспортні дані трансформатора струму ТПЛУ-10-1 20/20/20/5А 0,5S/0,5S/10P	Номинальна напруга	кВ	10	10	$U_{номТС} \geq U_{мережі}$	$10 \geq 10$	Викон.
	Максимальна робоча напруга	кВ	12	10,5	$U_{MAX} \geq U_{MAXмережі}$	$12 \geq 10,5$	Викон.
	Номинальний первинний струм	А	20		$I_{номI} > I_{робMAX}$	$20 > 18$	Викон.
	Номинальний розрахунковий первинний струм навантаження	А		18	$I_{робMAX}$		
	Номинальний вторинний струм	А	5		$I_{номII}$		
	Номинальне вторинне навантаження обмотки захисту	ВА	15		$S_{номII}$		
	Номинальна гранична кратність обмотки для захисту		7		K_H		
	Опір вторинної обмотки захисту постійному струму	Ом	0,21		Z_2		
	Струм термічної стійкості нормований для 1 с	кА	2,6		$I_{терм.норм.}$		
	Струм електродинамічної стійкості	кА	6,5		$I_{дул}$		
Термічна стійкість	Час спрацювання захисту	с	1,0		$t_{мсз}$		
	Час відключення вимикача	с	0,042		$t_{відкл.вимик.}$		
	Повний час відключення	с		1,042	$t_{відкл.} = t_{мсз} + t_{відкл.вимик.}$	$1,0+0,042$	

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

	Струм к.з. $I^{т3}$	кА		1,085			
	Струм термічної стійкості допустимий	кА		2,547	$I_{терм.доп.} = I_{терм.норм.} \cdot \sqrt{1/t_{ВІДКЛ.}}$	$2,6 \cdot \sqrt{1/1,042}$	
	Умова термічної стійкості				$I_{терм.доп.} > I^{т3}$	$2,547 > 1,085$	Викон.
Електро-динамічна стійкість	Ударний струм	кА		2,148	$I_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I^{т3}$	$1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,085$	
	Ударний коефіцієнт		1,4		K_y		
	Умова електродинамічної стійкості				$i_{dyn} \geq i_y^3$	$6,5 > 2,148$	Викон.

Для перевірки можливості коректної роботи обраних трансформаторів струму з системами та приладами РЗА, проводиться перевірка на 10% похибку, що полягає в порівнянні розрахункової кратності вторинної обмотки $K_{розрах}$ та допустимої 10%-ї кратності $K_{10доп}$

$$K_{розрах} < K_{10доп}$$

Результати та хід розрахунку зведено в табл.2.5

Таблиця 2.5 Перевірка трансформаторів струму на 10% похибку

10% похибка	Струм спрацювання захисту	А		50	$I_{с.з.}$		
	Розрахунковий струм	А		55	$I_p = 1,1 \cdot I_{с.з.}$	$1,1 \cdot 50$	
	Розрахункова кратність			2,75	$K_{розрах} = I_p / I_{ном1}$	$55 / 20$	
	Максимальна кратність			54,25	$K_{макс} = I^{т3} / I_{ном1}$	$1085 / 20$	
	Опір навантаження для трьохфазного К.З.	Ом		0,354	$Z_{факт} = \sqrt{3} \cdot r_{пр} + Z_p + r_{конт}$	$\sqrt{3} \cdot 0,14 + 0,012 + 0,1$	
	Опір мідного кабелю, 2,5 мм.кв., довжина 20м	Ом		0,14	$r_{пр} = r_{нит} \cdot \frac{l}{S}$		
	Опір реле	Ом	0,012		Z_p		
	Сумарний опір контактів	Ом	0,1		$r_{конт}$		
	Номинальний опір навантаження вторинної обмотки захисту	Ом		0,6	Z_H		
	Допустима кратність трансформатора струму			10,05	$K_{10доп} = K_H \cdot (Z_2 + Z_H) / (Z_2 + Z_{факт})$	$\frac{7 \cdot (0,21 + 0,6)}{(0,21 + 0,354)}$	
	Умова відповідності				$K_{10доп} > K_{розрах}$	$10,05 > 2,75$	Викон.
	Коефіцієнт А			5,046	$K_{макс} / K_{10доп}$	$54,25 / 10,05$	

Аналогічно проводиться вибір трансформаторів струму 10 кВ в комірці вводу та комірці секційного вимикача. При цьому приймаємо, що

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
						35

максимальний робочий струм $I_{робМАХ} = 250 \text{ А}$, так само як для вибору вимикачів. Хід розрахунку та результати зводяться в таблиці 2.6 та 2.7.

Таблиця 2.6 Перевірка параметрів трансформаторів струму вводу 10кВ

Вид перевірки	Найменування параметру	Од. вимір.	Значення		Позначення, розрахункова формула	Умова (розрахунок)	Прим.
			Пасп.	Розрах.			
Паспортні дані трансформатора струму ТПЛУ-10-1 300/300/300/5А 0,5S/0,5S/10P	Номинальна напруга	кВ	10	10	$U_{номТС} \geq U_{мережі}$	$10 \geq 10$	Викон.
	Максимальна робоча напруга	кВ	12	10,5	$U_{МАХ} \geq U_{МАХмережі}$	$12 \geq 10,5$	Викон.
	Номинальний первинний струм	А	300		$I_{номI} > I_{робМАХ}$	$300 > 250$	Викон.
	Номинальний розрахунковий первинний струм навантаження	А		250	$I_{робМАХ}$		
	Номинальний вторинний струм	А	5		$I_{номII}$		
	Номинальне вторинне навантаження обмотки захисту	ВА	15		$S_{номII}$		
	Номинальна гранична кратність обмотки для захисту		7		K_H		
	Опір вторинної обмотки захисту постійному струму	Ом	0,21		Z_2		
	Струм термічної стійкості нормований для 1 с	кА	28,8		$I_{терм.норм.}$		
	Струм електродинамічної стійкості	кА	72		$I_{дуп}$		
Термічна стійкість	Час спрацювання захисту	с	1,0		$t_{МСЗ}$		
	Час відключення вимикача	с	0,042		$t_{ВІДКЛ.вимик.}$		
	Повний час відключення	с		1,042	$t_{ВІДКЛ.} = t_{МСЗ} + t_{ВІДКЛ.вимик.}$	$1,0+0,042$	
	Струм к.з. I''^3	кА		1,085			
	Струм термічної стійкості допустимий	кА		28,21	$I_{терм.доп.} = I_{терм.норм.} \cdot \sqrt{1/t_{ВІДКЛ.}}$	$28,8 \cdot \sqrt{1/1,042}$	
	Умова термічної стійкості				$I_{терм.доп.} > I''^3$	$28,21 > 1,085$	Викон.
Електродинамічна стійкість	Ударний струм	кА		2,148	$I_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I''^3$	$1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,085$	
	Ударний коефіцієнт		1,4		K_y		
	Умова електродинамічної стійкості				$i_{дуп} \geq i_y^3$	$72 > 2,148$	Викон.

Таблиця 2.7 Перевірка трансформаторів струму вводу 10кВ на 10% похибку

10% похибка	Струм спрацювання захисту	А		400	$I_{с.з.}$		
	Розрахунковий струм	А		440	$I_p = 1,1 \cdot I_{с.з.}$	1,1 · 400	
	Розрахункова кратність			1,76	$K_{розрах} = I_p / I_{ном1}$	440/250	
	Максимальна кратність			3,62	$K_{макс} = I^{n3} / I_{ном1}$	1085/300	
	Опір навантаження для трьохфазного К.З.	Ом		0,354	$Z_{факт} = \sqrt{3} \cdot r_{пр} + Z_p + r_{конт}$	$\sqrt{3} \cdot 0,14 + 0,012 + 0,1$	
	Опір мідного кабелю, 2,5 мм.кв., довжина 20м	Ом		0,14	$r_{пр} = r_{нит} \cdot \frac{l}{S}$		
	Опір реле	Ом	0,012		Z_p		
	Сумарний опір контактів	Ом	0,1		$r_{конт}$		
	Номинальний опір навантаження вторинної обмотки захисту	Ом		0,6	Z_H		
	Допустима кратність трансформатора струму			10,05	$K_{10доп} = K_H \cdot (Z_2 + Z_H) / (Z_2 + Z_{факт})$	$\frac{7 \cdot (0,21 + 0,6)}{(0,21 + 0,354)}$	
	Умова відповідності				$K_{10доп} > K_{розрах}$	10,05 > 1,76	Викон.
	Коефіцієнт А			0,36	$K_{макс} / K_{10доп}$	3,62/10,05	

Отже, за результатами перевірки, приймаємо до установки в комірках КРУЗ-10кВ №6 «ВВ-10-1Т», №8 «СВВ-10» та №13 «ВВ-10-2Т» по три трансформатори струму ТПЛУ-10-1 250/250/250/2А 0,5S/0,5S/10Р.

В комірках КРУЗ-10кВ №2 «Грабине», №4 «Руно», №5 «Липняк», №12 «Озерне», №14 «Іванки» по два трансформатори струму (фази А і С) ТПЛУ-10-1 20/20/20/5А 0,5S/0,5S/10Р.



Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

БР 3.6.141.357 ПЗ

Арк.

37

Найменування параметру		Значення параметру
Найбільша робоча напруга, U_m , [kV]		12
Номинальний первинний струм, I_{PN} , [A]	Для трансформаторів, що не перемикаються	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750, 800, 1000, 1200, 1500
	Для трансформаторів, що перемикаються	10/20, 15/30, 20/40, 25/50, 40/80, 50/100, 75/150, 100/200, 150/300, 200/400, 250/500, 300/600, 400/800, 500/1000, 600/1200, 750/1500
Номинальний вторинний струм, I_{SN} , [A]		1, 5*
Номинальна частота, F_N , [Hz]		50*, 60
Клас точності вторинної обмотки, Classes: - для вимірювань; - для захисту.		0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S 5P; 10P
Номинальне вторинне навантаження при $\cos \varphi = 0,8$, [VA] обмотки: - для вимірювань; - для захисту.		5; 10*; 15; 20; 30 15*; 20
Номинальний коефіцієнт безпеки приладів обмотки для вимірювань, FS, трансформаторів на номинальний первинний струм: - ≤ 500 A, не більше; - ≥ 600 A, не більше.		3*; 2,5-10; 5*; 2,5-10;
Кількість вторинних обмоток		2; 3
Однохвилинна випробувальна напруга промислової частоти: - первинної обмотки, [kV]; - вторинної обмотки, [kV].		42 3
Схема принципова, габаритні, установочні розміри і маса трансформаторів		наведені на рисунках
* - Стандартне значення.		

Номинальний первинний струм, I_{PN} , [A]	10	15	20	25	30	40	50	75	80	100	150
Номинальна гранична кратність вторинної обмотки для захисту, ALF, не менше	7	7	7	7	7	8	8	7	8	8	7
Струм термічної стійкості для 1 с, I_{th} , [kA]	1,3	1,3	2,6	3,3	3,3	3,3	3,7	7,4	7,4	7,4	14,4
	2,6	2,6	5,2	9,8	9,8	9,8	14,8	22	22	26	36
Струм термічної стійкості для 3 с, [kA]	0,65	0,65	1,3	1,6	1,6	1,6	1,8	3,7	3,7	3,7	7,2
	1,3	1,3	2,6	4,9	4,9	4,9	7,4	11	11	13	18
Струм електродинамічної стійкості, I_{dyn} , [kA]	3,3	3,3	6,5	8,3	8,3	8,3	9,3	18,5	18,5	18,5	36
	6,5	6,5	13	24,5	24,5	24,5	37	55	55	65	90
Номинальний первинний струм, I_{PN} , [A]	200	250	300	400	500	600	750	800	1000	1200	1500
Номинальна гранична кратність вторинної обмотки для захисту, ALF, не менше	8	8	7	8	8	9	9	9	9	8	9
	13	13	13	13	13	13	13	13	15	15	15
Струм термічної стійкості для 1 с, I_{th} , [kA]	14,4	18	28,8	28,8	36	36	57,6	57,6	72	86	100
	36	36	72	72	72	72	72	72	-	-	-
Струм термічної стійкості для 3 с, [kA]	7,2	9	14,4	14,4	18	18	28,8	28,8	36	43	50
	18	18	36	36	36	36	36	36	-	-	-
Струм електродинамічної стійкості, I_{dyn} , [kA]	36	45	72	72	90	90	144	180	180	215	250
	90	90	180	180	180	180	180	180	-	-	-

Рис. 2.8 – Основні параметри трансформаторів струму ТПЛУ-10-1

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2.6. Вибір трансформаторів напруги 10 кВ

Трифазні трансформатори напруги (ТН), призначені для масштабного перетворення електричної напруги змінного струму з метою подальшого вимірювання та подачі на прилади захисту та сигналізації в ланцюгах автоматики з ізолюваною нейтраллю. Застосовується для зниження високої напруги 6 або 10 кВ до 100 В, а також для обліку, зокрема комерційного та захисних пристроїв електричної енергії в електроустановках змінного струму.

У комірках №3, №15 КРУЗ -10 кВ передбачається заміна існуючих трансформаторів напруги 10 кВ на аналогічні типу НАМИ-I-10/10000/100/100 виробництва ТОВ "ЕЛІЗ".

Контроль за режимом роботи підстанції здійснюємо за допомогою контрольно-вимірювальних приладів: амперметрів, лічильників активної та реактивної енергії. Для перегляду і контролю інших необхідних електричних величин можливо використовувати мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики, а також цифрові перетворювачі для систем телемеханіки.

Вимірювальні трансформатори напруги (ТН) призначені для перетворення напруги до значення, зручного для вимірювання. Трансформатори, призначені для приєднання лічильників, повинні відповідати класу точності 0,5. Для приєднання щитових вимірювальних приладів використовують трансформатори класів 1,0 і 3,0; для релейного захисту - 0,5, 1,0 і 3,0.

Трансформатори напруги вибирають: [3]:

- по напрузі:

$$U_{уст} \leq U_n;$$

- по конструкції і схемі з'єднання обмоток;
- по класу точності;
- по вторинному навантаженню:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{ном},$$

де S_n - номінальна потужність у вибраному класі точності;

						Арк.
					БР 3.6.141.357 ПЗ	39
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{2\Sigma}$ - навантаження всіх вимірювальних пристроїв і реле, з'єднаних з трансформатором напруги, В·А;

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{приб} \cdot \cos \phi_{приб})^2 + (\sum S_{приб} \cdot \sin \phi_{приб})^2} = \sqrt{P_{приб}^2 + Q_{приб}^2}$$

Підрахунок вторинного навантаження наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 Вторинне навантаження трансформатора напруги

Прилад	Тип	Спожита потужн.	$\cos \phi$	$\sin \phi$	Кількість приладів	Сумарна потужність ΣS
Вольтметр	Э365	0,1	1	0	3	0,3
Ваттметр	Д365	1,5	1	0	2	3
Варметр	Д335/1	2,5	0,38	0,925	2	5
Лічильник активної енергії	СА4У-И670(3)	2,5	0,38	0,925	3	7,5
Лічильник реактивної енергії	СР4У-И670(3)	2,5	0,38	0,925	3	7,5
РЗА		5	1	0		5

Розглянемо вибір трансформатора на $U=10$ кВ:

$$S_{ном} = 100 \text{ ВА} > 25,6 \text{ ВА.}$$

Вибір трансформатора напруги зведений в табл. 2.9

Таблиця 2.9 Вибір трансформатора напруги

Тип ТН	$S_{2\Sigma}$, В·А	S_n , В·А
НТМИ-10	25,6	100

Таким чином, трансформатори будуть працювати у вибраному класі точності.

Загальний вид та основні технічні параметри трансформаторів напруги 10 кВ типу НТМИ-10-І виробництва приведені на рис.2.9.



Технические характеристики			
Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра	
		НТМИ-1-6	НТМИ-1-10
Номинальное напряжение обмоток: первичной вторичной основной вторичной дополнительной	В	6000	10000
		100	100
		100	100
Наибольшее рабочее напряжение	В	7200	12000
Номинальная мощность для классов точности 0,5 1,0 3,0	ВА	75	100
		150	200
		300	500
Номинальная мощность дополнительной обмотки (при напряжении 100 В)	ВА	90	100
Предельная мощность	ВА	630	1000
Номинальная частота напряжения питающей сети	Гц	50	50
Продолжительность работы при замыкании одной фазы питающей сети на землю, не менее	ч	8	8

Схемы и группы соединения первичных и вторичных обмоток								
Схема соединения обмоток			Диаграмма вектора ЭДС обмотки					
Первичной	Вторичной основной	Вторичной дополнительной	Первичной	Вторичной основной	вторичной дополнительной		Замыкаемая фаза	Условное обозначение
					При нормальной работе системы	При замыкании фазы на землю в системе с изолированной нейтралью		
							A B C	

Рис. 2.9 – Основні параметри трансформаторів напруги НТМИ-10-І

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

2.7. Вибір обмежувачів перенапруг 10 кВ

Для захисту трансформаторів напруги від грозових та комутаційних перенапруг передбачається заміна існуючих застарілих вентильних розрядників РВО-10 на сучасні обмежувачі перенапруги MWK-12 на базі металооксидних варисторів без іскрових проміжків, залитих в полімерному корпусі сірого кольору, відповідає ANSI / IEEE C62.11 та низці інших міжнародних стандартів у сфері захисту мереж від перенапруг.

Даний ОПН застосовується для захисту мереж середньої напруги від перенапруг, що виникають в результаті грозової активності та комутацій в мережі.

Перевірка відповідності обраного ОПН проводять згідно з вимогами СОУ-Н МЕВ 40.1-21677681-67:2012 «Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 6-35 кВ. Настанова щодо вибору та застосування у розподільчих установках».

Визначається найбільша тривалодопустима робоча напруга обмежувачів перенапруг:

Найбільша тривалодопустима робоча напруга ОПН $U_{нро}$ має бути більшою або дорівнювати виразу:

$$U_{нро} \geq U_{нрм};$$

$$U_{нро} \geq k \cdot \frac{U_{нрм}}{\sqrt{3}},$$

де k – коефіцієнт тривало допустимої робочої напруги ОПН;

$U_{нрм}$ – найбільша тривало допустима робоча напруга в електричній мережі.

$$k \times \frac{U_{нрм}}{\sqrt{3}} = 1,1 \cdot \frac{10,5}{\sqrt{3}} = 6,67 \text{ кВ.}$$

$$U_{нро} = \frac{U_{нрм}}{\sqrt{3}} \cdot 1,25 = \frac{12}{\sqrt{3}} \cdot 1,25 = 8,66 \text{ кВ.}$$

Обираємо ОПН згідно каталогу АВВ типу MWK-12.

Вибір обмежувачів перенапруг за комутаційними перенапругами:

$$U_{залк} = \frac{U_k}{1,15};$$

$$U_k = K_{зносy} \cdot K_{iмп} \cdot \sqrt{2} \cdot U_{1хв},$$

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

де $U_{1XB} = 42,0$ – однохвилинна змінна випробувальна напруга (згідно ГОСТ 1516.3-96) [9].

$$U_K = 0,9 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 42 = 58,8 \text{ кВ.}$$

$$U_{\text{залк}} = \frac{58,8}{1,15} = 51,1 \text{ кВ.}$$

$$U_{\text{залкОПН}} = 23,7 \text{ кВ (значення з каталогу).}$$

Залишкова напруга на ОПН має бути меншою розрахункового значення, тож можна зробити висновок про придатність обраних ОПН-10кВ типу MWK-12 до роботи в заданих умовах.

Загальний вид та параметри обраного ОПН приведені на рис.2.10.

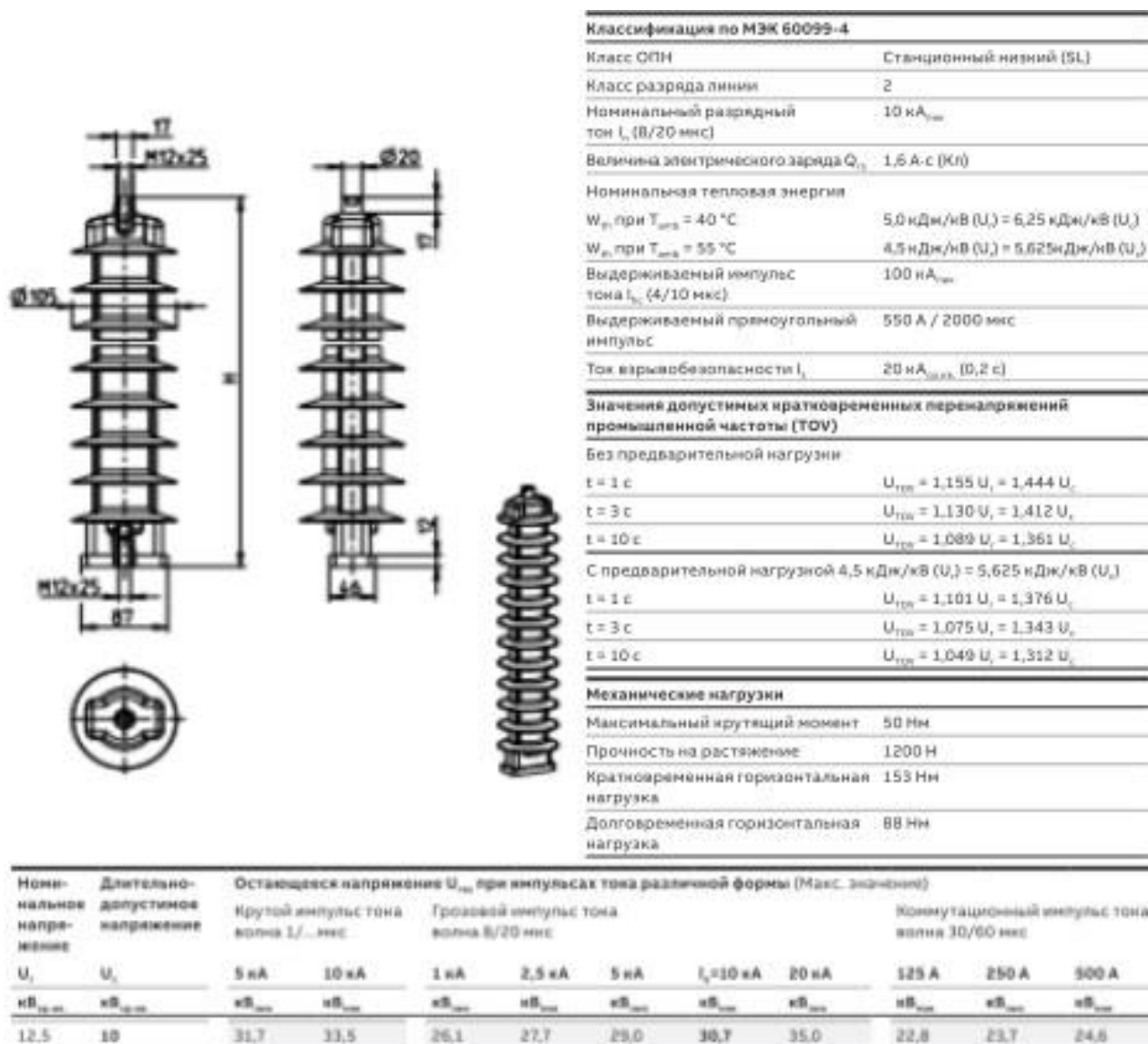


Рис. 2.10 – Основні параметри обмежувача перенапруг MWK-12

2.8 Релейний захист та автоматика

2.8.1 Основні відомості

Релейний захист елементів розподільчих мереж повинен відповідати чотирьом вимогам, пред'явленим до всіх пристроїв релейного захисту: селективність, швидкодія, чутливість та надійність.

Селективна дія захисту забезпечує відключення тільки пошкодженої ділянки мережі найближчим до неї вимикачем. Швидкодія релейного захисту зменшує розміри, запобігає або зменшує пошкодження в місці КЗ, зберігає нормальну роботу споживачів неушкодженої частини електричної установки. Чутливістю релейного захисту називають її здатність реагувати на всі види пошкоджень і ненормальних режимів, які можуть виникати в межах основної зони, що захищається, та зони резервування. Надійність релейного захисту визначається як її спрацюванням у всіх необхідних випадках, так і не спрацюванням у випадках, коли дія захисту не потребується.

У процесі експлуатації електричних машин, апаратів, повітряних ліній електропередачі і т.п. можуть відбуватися порушення нормальних режимів роботи і виникати ушкодження, що приводять до коротких замикань.

У більшості випадків аварії або їхній розвиток можуть бути відвернені швидким відключенням ушкодженої ділянки електричної установки або мережі за допомогою релейного захисту, що діє на відключення вимикачів.

При відключенні вимикачів ушкодженого елемента гасне електрична дуга в місці короткого замикання, припиняється проходження струму короткого замикання і відновлюється нормальна напруга на неушкодженій частині електроустановки або мережі. Завдяки цьому скорочуються розміри або навіть запобігають ушкодження устаткування, на якому виникло коротке замикання, а також відновлюється нормальна робота неушкодженого устаткування.

Таким чином, основним призначенням релейного захисту є виявлення місця виникнення короткого замикання і швидке автоматичне відключення

									Арк.
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

вимикачів ушкодженого устаткування або ділянки мережі від іншої неушкодженої частини електричної установки або мережі.

Крім ушкоджень електричного устаткування, можуть виникати такі порушення нормальних режимів роботи, як перевантаження, замикання на землю однієї фази в мережі з ізольованою нейтраллю, виділення газу в результаті розкладання масла в трансформаторі або зниження його рівня в розширювальному баці.

Отже, другим призначенням релейного захисту є виявлення порушення нормальних режимів роботи устаткування і подача попереджувальних сигналів обслуговуючому персоналу або відключення устаткування з витримкою часу.

Релейний захист та автоматика здійснює безперервний контроль за станом усіх елементів електроенергетичної системи і реагує на виникнення несправностей та ненормальних режимів. У разі виникнення пошкоджень, РЗ повинен виявити пошкоджену ділянку і відокремити її від електричної мережі, шляхом впливу на первинне комутаційне обладнання, призначеного для розмикання струмів аварійного режиму [10].

2.8.2 Види пошкоджень і аварійних режимів роботи мереж

Пошкодження в електроустановках найчастіше пов'язані з порушенням ізоляції, обривом кіл живлення або виникненням коротких замикань на лініях високої чи низької напруги. При цьому припиняється живлення споживачів, розташованих за місцем ушкодження. Слід вказати, що протікання струмів короткого замикання призводить до підвищеного нагрівання струмоведучих частин і апаратів, зниження напруги у споживачів які є віддаленими від підстанцій і може стати причиною порушення сталої роботи системи електропостачання.

Ненормальні режими роботи зазвичай призводять до відхилення величин напруги живлення, струму і частоти від допустимих значень. При зниженні напруги і частоти створюється небезпека порушення нормального режиму роботи споживачів і стійкості системи електропостачання, а підвищення напруги

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

може привести до пробую ізоляції і пошкодження електрообладнання як на підстанціях лініях та у споживачів [11]. Таким чином, пошкодження порушують роботу електроустановок, а ненормальні режими роботи створюють умови для виникнення пошкоджень.

Для зменшення розмірів пошкоджень і запобігання розвитку аварій на підстанціях потрібно встановлювати різний релейний захист, який представляє собою сукупність автоматичного обладнання та пристроїв, що забезпечують відключення пошкодженої частини електроустановки.

2.8.3 Захисти

Для ліній 10 кВ з ізольованою нейтраллю передбачаються пристрої релейного захисту від багатофазних замикань і однофазних замикань на землю.

Від багатофазних коротких замикань встановлюється двоступінчастий струмовий захист:

- перша ступінь якого виконується у виді струмової відсічки (СВ);
- друга ступінь виконується у вигляді максимального струмового захисту (МСЗ) з витримкою часу.

Від однофазних замикань на землю повинна бути виконана селективна сигналізація від замикань на землю з витримкою або без витримки часу.

Максимальний струмовий захист (МСЗ) відносять до струмових захистів, що реагують на величину струму в елементі, що захищається, і приводиться у дію, якщо струм перевищить деяке заздалегідь установлене значення. Зростання струму в порівнянні з його значенням у нормальному режимі роботи системи електропостачання - характерна ознака коротких замикань.

Принцип роботи струмової відсічки (СВ) аналогічний принципу роботи МСЗ. Проте в роботу СВ вводиться затримка часу порядку 0,06–0,1 с з метою узгодження роботи захисту з дією ОПН, які працюють під час атмосферних розрядів, коли блискавка попадає в лінію і виникає значна перенапруга. В цьому випадку струмова відсічка працювати не повинна.

2.8.4 Автоматичне включення резерву

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

Автоматичне включення резерву (АВР) - автоматичний пристрій, що здійснює автоматичне введення резервних джерел живлення або включення вимикача, на якому здійснюється розподіл мережі. [10].

АВР знайшли широке застосування на підстанціях напругою 6-10 кВ. Суть пристрою АВР - він повинен підключати резервне джерело живлення при зникненні напруги по будь-якій причині живлення від робочого джерела. Зникнення напруги на шинах може бути викликано короткими замиканнями в лінії мережі живлення високої напруги, в робочому трансформаторі, на його шинах нижчої напруги і приєднаної до шин розподільчої мережі, а так само довільним відключенням для ремонту чи обслуговування одного вимикача робочого трансформатора.

В разі нестійкого короткого замикання на збірних шинах, тому потрібно, щоб:

$$t_{\text{АВР}} > t_{\text{д.с.}}$$

Це умова в мережах до 10 кВ виконується автоматично, так як власний час включення обраних вимикачів перевищує час деіонізації середовища. Пристрій АВР повинно контролювати наявність напруги на резервному джерелі, відключене стан робочого джерела і бути відбудованим за часом від максимальних струмових захистів приєднань.

При включенні резервного джерела на стійке КЗ релейний захист повинен забезпечити його відключення від пошкодженої ділянки, щоб збереглося живлення інших приєднаних ліній.

2.8.5 Автоматичне повторне ввімкнення

Ефективним заходом, що дозволяє підвищити надійність живлення споживачів, є автоматичне повторне включення (АПВ) елементів електропостачання, які були до цього відключені релейним захистом. Практика в експлуатації енергосистем показала, що значна кількість КЗ в повітряних і кабельних електричних мережах має нестійкий характер. При знятті напруги з

					Арк.
					47
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

пошкодженого кола електрична міцність ізоляції в місці пошкодження швидко відновлюється, і коло живлення може бути знову включене в роботу [11].

Пристрій АПВ працює в єдиному комплекті з релейним захистом та автоматикою. При виникненні КЗ на лінії спрацьовує релейний захист цієї лінії і відключає відповідний вимикач. Через деякий проміжок часу $t_{АПВ}$ пристрій знову включає живлення лінії в роботу. Якщо коротке замикання самоліквідувалося, то включення лінії буде успішним, і вона залишиться в роботі. Якщо ж коротке замикання виявилось стійким, то після включення вимикача лінія знову відключається релейним захистом і залишається в відключеному положенні, до поки ремонтний персонал не виправить аварію.

Дія пристроїв АПВ і АВР необхідно узгодити між собою в такий спосіб. При короткому замиканні на одній з ліній пошкоджена лінія відключається пристроєм релейного захисту. Пристрої автоматики повинні спробувати відновити електропостачання підєднаних споживачів від свого джерела живлення шляхом АПВ. У разі успішного АПВ електропостачання споживачів відновлюється і АВР не потрібно. Якщо ж АПВ неуспішно, то має спрацювати пристрій АВР і підключити споживачі до резервного джерела живлення підстанції. Отже, витримка часу у АПВ повинна бути менше, ніж у АВР.

2.8.6 Телемеханіка підстанції

Телемеханікою називається область науки і техніки, що розробляє методи і засоби перетворення та передавання на відстань інформації для контролю та керування технологічними процесами. Невід'ємною особливістю систем телемеханіки є їх тісний зв'язок з системами автоматичного керування.

Сукупність складових системи телемеханіки забезпечують:

- отримання інформації про положення регулюючого органу об'єкта керування і значень параметрів, що характеризують технологічний процес;
- передачу отриманої інформації на вхід керуючого органу командного пункту;

									Арк.
									48
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Нижчим рівнем є електроустаткування об'єкта, наприклад, підстанції (ПС) чи сонячні електростанції (СЕС), що включає в себе первинний збір інформації з вимірювальних пристроїв контрольованим пунктом телемеханіки (КП) і організації каналу передачі даних на верхній рівень.

Верхній рівень – диспетчерський пункт обленерго з оперативно-інформаційним комплексом на базі спеціалізованого програмного забезпечення і технічними засобами зв'язку з КП нижнього рівня.

На території України розповсюджені різноманітні виробники систем телемеханіки і програмних комплексів для забезпечення диспетчерського управління, серед яких: АВВ, ОАСУ Енерго, Мікроніка, Стріла, Енерго зв'язок, Граніт, Лоза, SATEC Україна тощо.

Найважливішим документом, що регламентує обов'язкові характеристики та способи виконання систем телемеханіки та автоматики, а також досконально визначає загальні принципи та особливості правил організації таких систем являється ПУЕ Розділ 3 – Захист і автоматика.

2.8.7 Елементна база системи РЗА

В рамки реконструкції, що розглядається в даній роботі бакалавра не входить детальне проектування системи релейного захисту, а надається загальна її характеристика.

Слід зазначити, що запланована комплексна реконструкція ПС «Василівка», системи РЗА планується виконувати на базі мікропроцесорних пристроїв серії РС83 виробництва «РЗА Системз».

Для автоматики ліній 10 кВ використовується пристрій РС83-А2.0.

Пристрій РС83-А2.0 призначений для використання в схемах релейного захисту та протиаварійної автоматики ліній напругою 6 ... 35 кВ, а також може бути використано на приєднаннях інших класів напруги.

Пристрій може встановлюватися в релейних відсіках КРУ, КРУН і КСВ, на панелях і в шафах в релейних залах і на пультах управління, а також в релейних шафах зовнішньої установки на ОРУ.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристрій може застосовуватися як самостійний, так і спільно з іншими пристроями РЗА.

РС83-А2.0 - багатофункціональний цифровий пристрій, зібраний на сучасній елементній базі з застосуванням SMD монтажу, що об'єднує різні функції захисту, контролю, управління і сигналізації.

Загальний вигляд пристрою представлений на рис.2.11. У пристрої реалізовані такі функції:

- 3-х ступінчаста двох або трифазна (в залежності від модифікації) максимально-струмовий захист (МСЗ) з незалежною чи залежною витримкою часу;

- 2-х ступінчастий захист від замикань на землю (ЗНЗ) за вимірюваним (При двофазному виконанні пристрою) або розрахунковому (при трифазному виконанні) струму нульової послідовності з струмом спрацювання відповідно 0,004 ... 1 А, 0,02 ... 5 А або 0,1 ... 120 А;

- 2-х ступінчастий захист від несиметричного навантаження або обриву фаз по струму зворотної послідовності (ОБР);

- дворазове автоматичне повторне включення (АПВ);

- АЧР / ЧАПВ - автоматичне частотне розвантаження / частотне АПВ (по дискретному входу від зовнішнього реле частоти);

- зовнішнє блокування захисту вводу і СВ від пристроїв РЗА ліній, що відходять (логічний захист шин - ЛЗШ);

- резервування відмови вимикача (ПРВВ);

- вимір струмів фаз і струму нульової послідовності;

- наявність двох груп уставок, перемикаються з меню, по дискретному входу, по мережі;

- реєстрація параметрів спрацювання захистів в журналі аварій (ЖА) на 100 подій;

- реєстрація змін уставок і налаштувань в журналі подій (ЖС) на 200 подій;

- цифрове осциллографування параметрів аварійних подій.

										Арк.
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

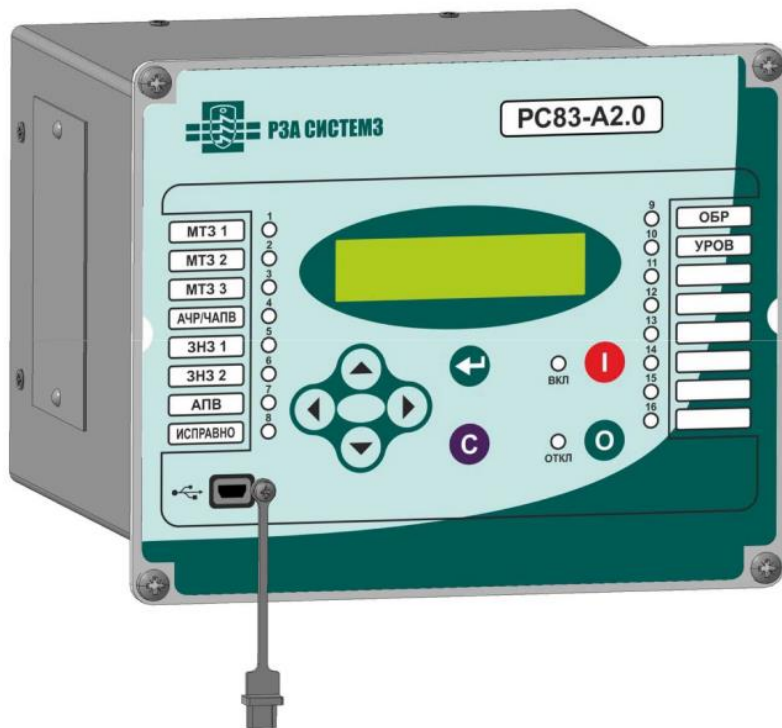


Рис. 2.11 – Загальний вид пристрою PC83-A2.0

Для реалізації РЗА вводів 10кВ та секційного вимикача планується використання пристрою PC83-AB2.

Пристрій PC83-AB2 призначений для використання в схемах релейного захисту та протиаварійної автоматики ліній та вводів напругою 6 ... 35 кВ, а також може бути використано на приєднання інших класів напруги.

Загальні характеристики пристрою аналогічні попередньому, за виключенням деяких моментів.

Загальний вигляд пристрою показаний на рис.2.12.

У пристрої реалізовані такі функції:

- 4-х ступінчаста трифазна спрямована максимально-струмовий захист (МСЗ) з незалежною чи залежною витримкою часу і можливістю блокування від стрибка струму намагнічування (БНТ) по другій гармоніці контрольованого струму;

- 2-х ступінчастий спрямований захист від замикань на землю (ЗНЗ) по вимірююму струму нульової послідовності з виконаннями по струму спрацювання 0,004 ... 1,0 А, 0,02 ... 5,0 А або 0,1 ... 120 А;

										Арк.
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

- ОБР - 2-х ступінчастий захист від несиметричного навантаження або обриву фаз по струму зворотної послідовності (в пристрої з функцією ОБР відсутня функція ЗПН);
- ЗМН - 2-х ступінчастий захист мінімальної напруги, з блокуванням при АВР (блокування ЗМН при КЗ на шинах і при ручному відключенні для її використання в якості пускового органу АВР), з блокуванням від ЗОЦН;
- ЗПН - 2-х ступінчастий захист від підвищення напруги, з блокуванням при АВР (блокування ЗПН при КЗ на шинах і при ручному відключенні для її використання в якості пускового органу АВР), з блокуванням від ЗОЦН (в пристрої з функцією ЗПН відсутня функція ОБР);
- дворазове автоматичне повторне включення (АПВ);
- АЧР / ЧАПВ - автоматичне частотне розвантаження / частотне АПВ (по дискретного входу від зовнішнього реле частоти);
- прискорення МТЗ при включенні вимикача;
- місцеве, з передньої панелі пристрою, або дистанційне керування вимикачем (включення, відключення), в тому числі по інтерфейсу зв'язку RS-485, з контролем несправності ланцюгів включення / відключення (НЦЕВО);
- зовнішнє блокування захисту вводів і СВ від пристроїв РЗА ліній, що відходять (логічний захист шин - ЛЗШ);
- резервування відмови вимикача (ПРВВ);
- вимір струмів фаз, фазних (лінійних) напруг, струму і напруги нульової послідовності;
- ЗОЦН - захист від обриву ланцюгів напруги, в тому числі і з зовнішнім пуском по дискретному входу (для організації повного контролю ланцюгів напруги, зокрема з використанням інформації від другого ТН або ТСН);
- наявність двох груп уставок, перемикаються з меню, по дискретному входу, по мережі або у напрямку потужності;
- реєстрація параметрів спрацювання захистів в журналі аварій (ЖА) на 100 подій;

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- реєстрація змін уставок і налаштувань в журналі подій (ЖС) на 200 подій;
- цифрове осциллографування параметрів аварійних подій;

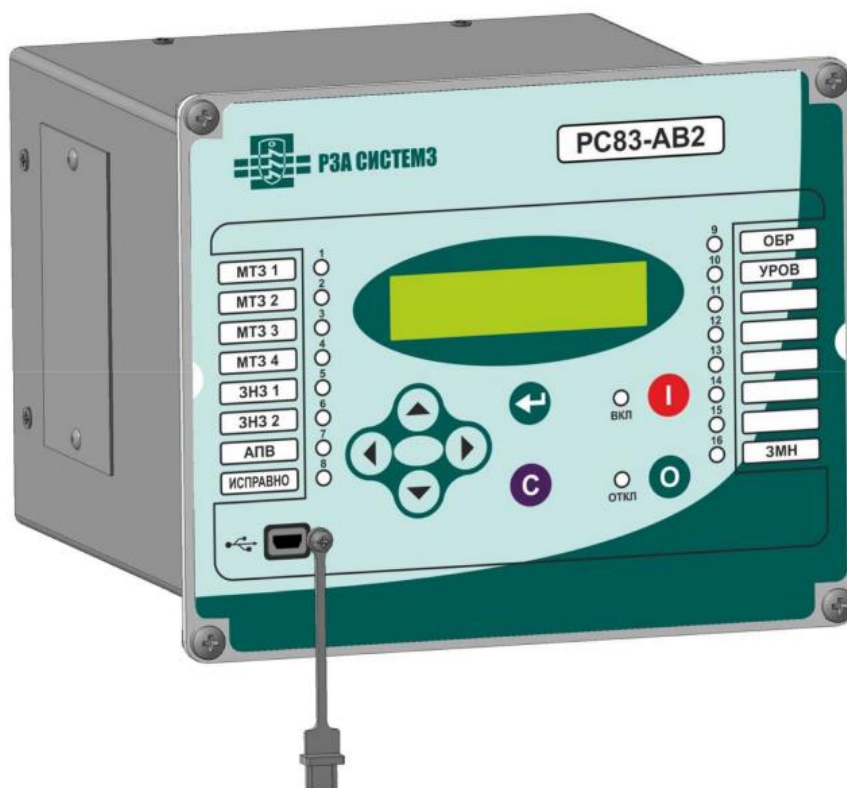


Рис. 2.12 – Загальний вид пристрою PC83-AB2

В комірках трансформаторів напруги передбачається використання пристрою PB83-B1.

Пристрій виконує функції захисту мінімального і максимальної напруги, захисту по напрузі нульової і зворотної послідовності, а також телемеханіки.

Пристрій призначений для застосування на нових і реконструюються підстанціях розподільних мереж і промислових підприємств, а також для заміни старих пристроїв РЗА і телемеханіки.

Загальний вигляд пристрою показаний на рис.2.13.

Функції пристрою:

а) трифазний двоступеневий захист мінімальної напруги ЗМН 1,2 ($U < i U <<$) з вибором логіки дії при зниженні напруги по «І» або «АБО» для всіх трьох міжфазних (лінійних) напруг;

б) трифазний двоступеневий захист максимальної напруги ЗПН 1,2 ($U > i U >>$) з вибором логіки дії при підвищенні напруги по «І» або «АБО» для всіх трьох міжфазних напруг;

в) двоступеневий захист від замикань на землю ЗНЗ 1,2 ($3U_0 > i 3U_0 >>$) по перевищенню значення напруги нульової послідовності заданого з меню;

г) захист по напрузі зворотної послідовності ОБР ($U_2 >$);

д) зв'язок через інтерфейси USB і RS-485 для підключення до локальної мережі;

е) запам'ятовування 100 подій з фіксацією типу захисту, який спрацював і напруги, коли це сталося.

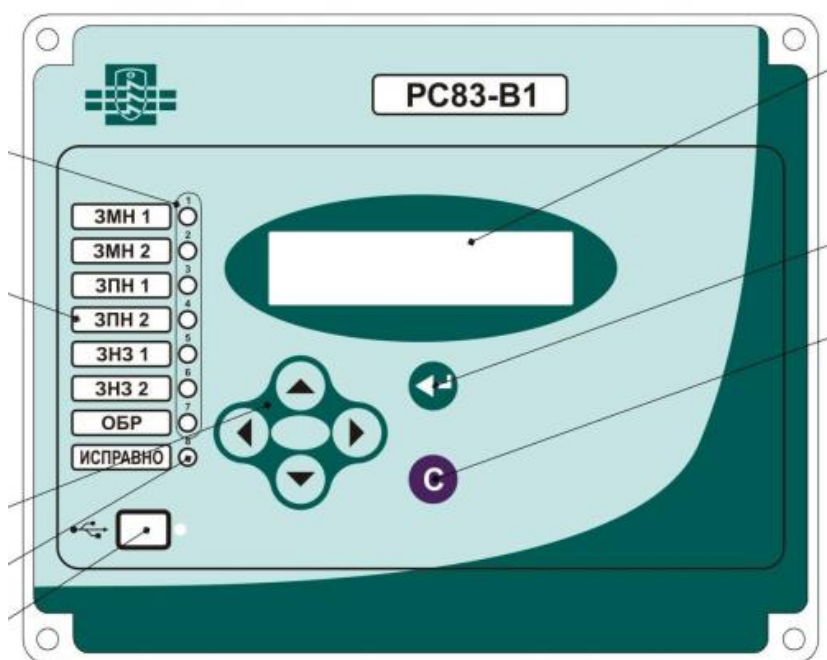


Рис. 2.13 – Загальний вид пристрою PC83-B1

Для організації центральної сигналізації планується використовувати пристрій PC83-C.

Пристрій РС83-С виконує функції центральної сигналізації (ЦС) або її частини на підстанціях розподільних мереж і промислових підприємств.

Пристрій призначений для установки на нових і реконструйованих підстанціях розподільних мереж і промислових підприємств, в тому числі для заміни схем сигналізації на основі реле РИС або РТД.

Загальний вигляд пристрою показаний на рис.2.14.

Функції пристрою:

- відстеження збільшення змінного або постійного струму за двома незалежними каналами;
- прийом інформації по дванадцяти дискретним каналам з можливістю вибору впливу по кожному каналу на вихідні реле і світлодіодну сигналізацію;
- прийом сигналів управління з дією на сигналізацію («Відключення звуку» і «скидання сигналу») по двох незалежних каналах;

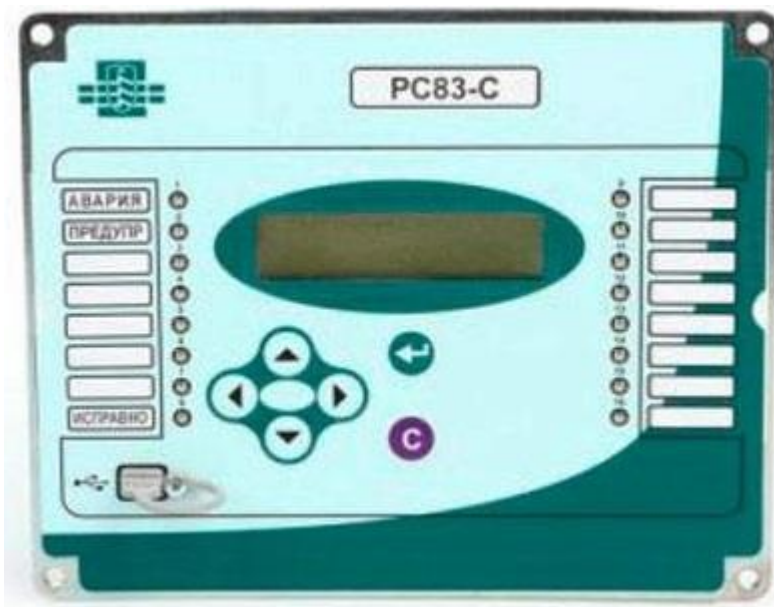


Рис. 2.14 – Загальний вид пристрою РС83-С

Для організації систем телесигналізації та телевимірювань планується використовувати пристрій РМ130 PLUS виробництва SATEC (Ізраїль).

Прилад РМ130 PLUS (загальний вигляд пристрою показаний на рис.2.15.) є компактним трифазним вимірником, спеціально розробленим для

задоволення потреб широкого спектру користувачів від розробників електричних панелей до операторів підстанцій.

Прилад забезпечує трифазні вимірювання параметрів електроенергії, включаючи показники якості; моніторинг зовнішніх подій за допомогою дискретних входів; взаємодія з зовнішнім обладнанням через контакти реле.

У вхідних струмових ланцюгах приладів PM130 PLUS встановлені високоточні трансформатори струму. Математичну обробку сигналів забезпечує контролер з оперативною пам'яттю RAM і внутрішньої енергонезалежною пам'яттю EEPROM.

Всі моделі серії PM130 PLUS підходять для монтажу в 4 - х дюймовий круглий або квадратний виріз 92 на 92 мм. Також можливо замовити прилад в спеціальному виконанні для монтажу на DIN- рейку.

Світлодіодний дисплей (три вікна) з налаштованим часом оновлення дисплея і яскравістю.

Графічний світлодіодний індикатор, який показує максимальний фазний струм у відсотках щодо струму навантаження (100%), що визначається користувачем. У загальній групі вимірювань доступна автопрокрутка показань з програмованим інтервалом прокрутки.

Прилад стандартно оснащується портом зв'язку RS- 485 (протоколи ASCII, Modbus і DNP3.0).

Використовуючи додатковий модуль, в прилад може бути встановлений додатковий комунікаційний порт Ethernet (протоколи Modbus TCP і DNP3 TCP) або PROFIBUS.

Можливості пристрою:

- Три входи напруги і три ізольовані гальванічно входи струму.

Використовуються для прямого підключення, або через трансформатори струму і напруги.

- Багатофункціональний трифазний вимірювач струмів, напруг, активної, реактивної і повної потужностей, $\cos \phi$, частоти, несиметрії струмів і напруг, струму нейтралі.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Аналізатор гармонік: коефіцієнт спотворення синусоїдальності (КІС) по струмам і напругам, індивідуальні гармоніки до 40 - ї. Спектр гармонік і кути (для РМ130ЕН).
- Трифазний лічильник електричної енергії по 4 квадрантам, класу точності 0.5S (МЕК 62053 - 22: 2003). Облік активної, реактивної і повної енергії, сумарної і за фазами (для РМ130ЕН).
- багатотарифна система обліку електроенергії: 4 регістри x 4 тарифи, 4 сезони x 4 типа дня. 8 часів початку нового тарифу на протязі доби.
- 16 програмованих уставок, час спрацьовування уставки 20 мсек
- Спеціальні версії для частоти 25/50/60/400 Гц
- Вбудований годинник і календар, мітка часу (збереження часу протягом 30 сек, при відсутності живлення приладу). При установці додаткового модуля збереження живлення годинника при перервах в живленні до 5 років.
- Можливість оновлення програмного забезпечення приладу через порти зв'язку.



Рис. 2.15 – Загальний вид пристрою РМ130ЕН PLUS

Прилад підтримує встановлення одного з додаткових модулів для розширення функціональних можливостей:

									Арк.
									58
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

- Модуль: дискретні входи (входи стану) - 4 шт., релейні виходи - 2 шт.
- Модуль: дискретні входи (входи стану) - 21 шт., релейні виходи - 4 шт
- Модуль: аналогові виходи - 4 шт.
- Модуль: порт Ethernet 10 / 100BaseT
- Модуль PROFIBUS
- Модуль: багатотарифні система обліку електроенергії, батарея (збереження живлення годинника до 5 років), цифрові входи - 4 шт.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
						59
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 Основні монтажно-технологічні рішення по реконструкції КРУЗ-10 кВ
ПС «Василівка»

Підсумовуючи вищенаведені розрахунки та порівняння у виборі проєктованого обладнання по реконструкції КРУЗ-10кВ перелік основного обладнання по коміркам зручно звести в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 Основне обладнання, що планується встановити в комірках

Комірка КРУЗ-10кВ	Нове обладнання	Кіл-ть
№1 "Резерв"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	2
	Шина 40x4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	6
	Ізолятор опорний И8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6
№2 "Грабине"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	2
	Вакуумний вимикач ВР1-10-20/630 з комплектом адаптації	1
	Траснформатор струму ТПЛУ-10-1 20/20/20/5А 0,5S/0,5S/10P	2
	Мікропроцесорний пристрій захисту лінії РС83-А2.0	1
	Прилад телевимірювань РМ130ЕН PLUS Satec	1
	Шина 40x4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	10
	Ізолятор опорний И8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6
№3 "ТН-10-1"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 III УХЛ2	1
	Трансформатор напруги НТМИ-10-І 10000/100/100В 0,5 100ВА	1
	Обмежувач перенапруг АВВ MWK-12	3
	Мікропроцесорний пристрій контролю напруги РС83-В1	1
	Мікропроцесорний пристрій сигналізації РС83-С	1
	Шина 40x4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	9
	Ізолятор опорний И8-80	6
№4 "Руно"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	2
	Вакуумний вимикач ВР1-10-20/630 з комплектом адаптації	1
	Траснформатор струму ТПЛУ-10-1 20/20/20/5А 0,5S/0,5S/10P	2
	Мікропроцесорний пристрій захисту лінії РС83-А2.0	1
	Прилад телевимірювань РМ130ЕН PLUS Satec	1
	Шина 40x4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	10
	Ізолятор опорний И8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6

Комірка КРУЗ-10кВ	Нове обладнання	Кіл-ть
№5 "Липняк"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	2
	Вакуумний вимикач ВР1-10-20/630 з комплектом адаптації	1
	Траснформатор струму ТПЛУ-10-1 20/20/20/5А 0,5S/0,5S/10Р	2
	Мікропроцесорний пристрій захисту лінії РС83-А2.0	1
	Прилад телевимірювань РМ130ЕН PLUS Satec	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	10
	Ізолятор опорний И8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6
№6 "ВВ-10-1Т"	Роз'єднувач РВЗ-10/1000 II УХЛ2	2
	Вакуумний вимикач ВРС-10-20/1000 з комплектом адаптації	1
	Траснформатор струму ТПЛУ-10-1 300/300/300/5А 0,5S/0,5S/10Р	3
	Мікропроцесорний пристрій захисту вводу РС83-АВ2	1
	Прилад телевимірювань РМ130ЕН PLUS Satec	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	10
	Ізолятор опорний И8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6
№7 "ТВП-1"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	1,5
	Ізолятор опорний И8-80	6
№8 "СВВ-10"	Роз'єднувач РВЗ-10/1000 II УХЛ2	1
	Вакуумний вимикач ВРС-10-20/1000 з комплектом адаптації	1
	Траснформатор струму ТПЛУ-10-1 300/300/300/5А 0,5S/0,5S/10Р	3
	Мікропроцесорний пристрій захисту вводу РС83-АВ2	1
	Прилад телевимірювань РМ130ЕН PLUS Satec	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	9
	Ізолятор опорний И8-80	12
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	3
№9 "СР-2"	Роз'єднувач РВЗ-10/1000 II УХЛ2	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	6
	Ізолятор опорний И8-80	12
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	3
№10 "Резерв"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	2
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	6
	Ізолятор опорний И8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6
№11 "ТВП-2"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	6
	Ізолятор опорний И8-80	6

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

БР 3.6.141.357 ПЗ

Арк.

61

Комірка КРУЗ-10кВ	Нове обладнання	Кіл-ть
№12 "Озерне"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	2
	Вакуумний вимикач ВР1-10-20/630 з комплектом адаптації	1
	Траснформатор струму ТПЛУ-10-1 20/20/20/5А 0,5S/0,5S/10Р	2
	Мікропроцесорний пристрій захисту лінії РС83-А2.0	1
	Прилад телевимірювань РМ130ЕН PLUS Satec	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	10
	Ізолятор опорний І8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6
№13 "ВВ-10-2Т"	Роз'єднувач РВЗ-10/1000 II УХЛ2	2
	Вакуумний вимикач ВРС-10-20/1000 з комплектом адаптації	1
	Траснформатор струму ТПЛУ-10-1 300/300/300/5А 0,5S/0,5S/10Р	3
	Мікропроцесорний пристрій захисту вводу РС83-АВ2	1
	Прилад телевимірювань РМ130ЕН PLUS Satec	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	10
	Ізолятор опорний І8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6
№14 "Іванки"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	2
	Вакуумний вимикач ВР1-10-20/630 з комплектом адаптації	1
	Траснформатор струму ТПЛУ-10-1 20/20/20/5А 0,5S/0,5S/10Р	2
	Мікропроцесорний пристрій захисту лінії РС83-А2.0	1
	Прилад телевимірювань РМ130ЕН PLUS Satec	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	10
	Ізолятор опорний І8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6
№15 "ТН-10-2"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 III УХЛ2	1
	Трансформатор напруги НТМИ-10-І 10000/100/100В 0,5 100ВА	1
	Обмежувач перенапруг АВВ MWK-12	3
	Мікропроцесорний пристрій контролю напруги РС83-В1	1
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	9
	Ізолятор опорний І8-80	6
№16 "Резерв"	Роз'єднувач РВЗ-10/630 II УХЛ2	2
	Шина 40х4мм з алюмінієвого сплаву АД31Т, м.пог	6
	Ізолятор опорний І8-80	6
	Ізолятор прохідний ППЦ-10/1000-12,5	6

В таблиці вище наведено основне обладнання, але не варто забувати, що для проведення такої масштабної реконструкції знадобиться велика кількість інших виробів та матеріалів, наприклад, найрізноманітніші кріпильні елементи (болти, гайки, шайби). Детальні розрізи типових комірок КРУЗ-10кВ із зазначенням встановлюваного обладнання приведено в додатку Б.

						Арк.
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі цих даних складаються замовні специфікації (СП) для проведення закупівель необхідного обладнання та складаються відомості обсягів основних робіт (ВР).

Наступним етапом втілення проекту має бути розробка кошторисної документації з урахування кількості матеріалів згідно СП та обсягів робіт ВР.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

4 Охорона праці

4.1 Загальні умови будівництва

У даному розділі розглянута технологічна схема організації робіт з технічного переоснащення ПС 35/10 "Василівка".

Роботи на території діючої електроустановки повинні виконуватися за нарядом-допуском, у відповідності з вимогами і вказівками. Всі роботи повинні виконуватися в суворій відповідності з діючими будівельними нормами і правилами: НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», ГКД 34.20.507-2003 «Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила», ГКД.34.03.102-96 «Охорона праці в проектах організації будівництва та виконання робіт на енергетичних об'єктах», техніки безпеки в будівництві, пожежної безпеки при виробництві будівельно-монтажних робіт, безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів та ін. нормативними документами.

Роботи з технічного переоснащення, виконуються в обмежених умовах на майданчику поблизу працюючого іншого силового обладнання, що перебуває під напругою 35 кВ, загальнопідстанційних споруд.

У зв'язку з цим, організація та методи виконання робіт повинні забезпечувати безпечне проведення робіт з безперервним циклом, з урахуванням виконання вимог експлуатуючої організації за рахунок наступних основних організаційних заходів;

Необхідно проводити розробку проекту виконання робіт (ПВР) та узгодження його з експлуатуючою організацією - замовником;

Чітке планування послідовності виробництва робіт, виконання робіт з використанням узгоджених графіків виконання робіт;

Чіткої організації інженерної підготовки виробництва та робочих місць;

					БР 3.6.141.357 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Нюра</i>				<i>Реконструкція понижувальної підстанції 35/10 кВ «Василівка» Охорона праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Лебедка</i>						64	83
<i>Консульт.</i>						<i>СумДУ ЕТ-61</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Никифоров</i>							
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Лебединьски</i>							

Виконання максимально можливих обсягів робіт без відключення або з частковим відключенням електрообладнання підстанції;

Продуктивного використання режиму робочого часу в періоди відключень (залучення висококваліфікованих фахівців, організація робіт кількома ланками тощо), а також виконання інших заходів, спрямованих на скорочення тривалості відключення електроустаткування підстанції.

У складі ПВР відображається:

- Організація робочих місць і проходів (повинні бути вказані проходи, проїзди;
- Огородження зон, небезпечних для знаходження людей, роботи механізмів, місця встановлення попереджувальних написів і сигналів);
- Розташування і зони дії монтажних механізмів;
- Методи , пристосування та засоби для безпечної роботи механізмів.

4.2 Заходи з охорони праці, техніки безпеки і охорони навколишнього середовища

Всі роботи з будівництва повинні виконуватися відповідно до вимог ДБН А.3.2- 2 - 2009 «Охорона праці та промислова безпека в будівництві. Основні положення», «Правил пожежної безпеки в Україні» та «Правил безпечної експлуатації електроустановок» ДНАОП 1.1.10-1.01-97 та ДБН В.1.1. - 7 - 2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». При виробництві антикорозійних робіт необхідно дотримуватися вимог ГОСТ 12.3.016-87 ССБТ та ГОСТ 12.3.035-84 ССБТ Вимоги безпеки. Роботи з газоелектрозварювання повинні виконуватися відповідно до вимог ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ та ГОСТ 12.3.036-84 ССБТ Вимоги безпеки. Вантажно-розвантажувальні роботи проводяться відповідно до ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ, ДНАОП 0-1.03-02 «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів», «Типової інструкції з охорони праці при проведенні вантажно-розвантажувальних робіт», затверджені Міненерго УРСР 21.12.88 р.

										Арк.
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Роботи поблизу діючих ПЛ, обладнання яких знаходиться під напругою, повинні виконуватися у відповідності зі ДБН А.3.2- 2 - 2009 «Охорона праці та промислова безпека в будівництві. Основні положення», «Правил техніки безпеки при будівельних і монтажних роботах на діючих або поблизу діючих ліній електропередач» та «Правил безпечної експлуатації електроустановок» (ДНАОП 1.1.10-1.01-97). Заходи з техніки безпеки на окремі види будівельно-монтажних робіт, розробляються у складі ПВР і затверджуються замовником. Місця проведення робіт, тимчасові будівлі, а також підсобні приміщення на весь період будівництва забезпечуються первинними засобами пожежогасіння відповідно до типовими правилами пожежної безпеки.

4.3 Виробництво основних будівельно-монтажних робіт

До початку робіт Замовник повинен оформити і передати підрядній організації дозвіл на проведення робіт. При підготовці до виробництва робіт повинен бути розроблений проект виконання робіт, передані і прийняті закріплені на місцевості знаки геодезичної розбивки, розроблені і здійснені заходи щодо організації безпечної праці та організовано інструментальне господарство.

Висока якість і надійність споруд повинні забезпечуватися шляхом здійснення комплексу технічних, економічних і організаційних заходів, ефективного контролю на всіх стадіях будівництва. Контроль якості робіт повинен здійснюватися бригадами, лінійними ІТП і інженерними службами будівельної організації, оснащеними технічними засобами, що забезпечують необхідну достовірність і повноту контролю.

Відповідно до діючих ДБН, до початку виробництва робіт по технічному переоснащенню ПС, Замовником, Підрядником і всіма зацікавленими сторонами повинні бути складені протоколи взаємного узгодження, в яких необхідно вказувати:

- дати та години виробництва робіт;
- дати та години відключення діючих ПЛ;

						БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			66

Демонтовані залізобетоні конструкції та сміття, надлишки ґрунту перевозяться на полігон ТПВ 45 км.

4.4 Кадрове забезпечення будівельно-монтажних робіт

Комплектування будівельними кадрами передбачається за рахунок постій-них кадрових робітників будівельно-монтажної організації, яка розраховує кількість співробітників при розробці проекту виконання робіт, виходячи з проектної трудомісткості, строків виконання робіт і наявності персоналу.

4.5 Розрахунок заземлюючого пристрою ПС «Василівка».

У межах території підстанції можливо замикання на землю в будь-якій точці. У місці переходу струму в землю, якщо не передбачені спеціальні пристрої для проведення струму в землю, виникають значні потенціали, небезпечні для людей, що знаходяться поблизу. Для усунення цієї небезпеки на підстанції передбачають заземлення, призначення яких полягає в зниженні потенціалів до прийнятних значень.

До основного заземлювача в загальному випадку приєднують:

- допоміжні заземлювачі;
- нейтралі генераторів, трансформаторів, що підлягають заземленню відповідно до прийнятої системи робочого заземлення;
- розрядники і громовідводи;
- металеві частини електричного обладнання, нормально не перебувають під напругою, але можуть опинитися під напругою при пошкодженні ізоляції, наприклад підстави і кожухи електричних машин, трансформаторів, апаратів, струмопроводів, металеві конструкції РУ, огорожі і т.п.;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів, нейтралі обмоток 380/220 В силових трансформаторів.

										Арк.
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Згідно [5] розрахунок заземлювального пристрою проводиться в такому порядку:

1) Відповідно до ПУЕ встановлюють допустимий опір заземлюючого пристрою R_3 . Якщо заземлюючих пристроїв є загальним для установок на різну напругу, то за розрахункове приймається найменше із допустимих.

2) Визначають необхідний опір штучного заземлювача з урахуванням використання природного заземлювача, включеного паралельно, з виразу:

$$R_{ш} = \frac{(R_e \cdot R_3)}{(R_e + R_3)},$$

де R_3 – допустимий опір заземлюючого пристрою;

$R_{ш}$ – опір штучного заземлювача;

R_e – опір природного заземлювача .

3) Визначають розрахунковий питомий опір ґрунту $\rho_{ш}$ для горизонтальних і вертикальних електродів з урахуванням підвищувального коефіцієнта K_p , що враховує висихання ґрунту влітку і промерзання його взимку за формулами:

$$\rho_{p.g.} = \rho_{пит} \cdot K_{п.г.},$$

$$\rho_{p.v.} = \rho_{пит} \cdot K_{п.в.},$$

де $\rho_{пит}$ - питомий опір ґрунту;

$K_{п.г.}$ і $K_{п.в.}$ - підвищувальні коефіцієнти для горизонтальних і вертикальних електродів відповідно.

4) Визначають опір розтіканню одного вертикального електрода за виразом:

$$R_{в.е} = \frac{\rho_{p.г.}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right),$$

де l - довжина електрода, м;

d – діаметр електрода;

t – глибина залягання, відстань від поверхні ґрунту до середини вертикального заземлювача, м;

5) Визначають орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів при попередньо прийнятому коефіцієнті використання K_v :

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$N_{в.е} = \frac{R_{в.е}}{K_{в}R_{ш}}$$

де $R_{в.е}$ - опір розтіканню одного вертикального електрода знайдене в п.4;
 $R_{ш}$ - опір штучного заземлювача, знайдене в п.2.

Коефіцієнт використання заземлювача враховує збільшення опір заземлювача внаслідок явища екранування сусідніх електродів.

6) Визначають розрахунковий опір розтіканню горизонтальних електродів за формулою

$$R_{г.е} = \frac{R_{г.е}}{K_2}$$

де $R_{г.е}$ - опір розтіканню горизонтальних електродів, який визначається за виразом:

$$R_{г.е} = \frac{\rho_{п.г}}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt}$$

де l – довжина електрода, м;

b - ширина полоси, м;

t – глибина прокладання електрода, м.

7) Уточнюють необхідний опір вертикальних електродів з урахуванням провідності горизонтальних сполучних електродів:

$$R_{в.е} = \frac{R_{г.е} \cdot R_{ш}}{R_{г.е} - R_{ш}}$$

8) Визначають число вертикальних електродів з урахуванням уточненого опору вертикального заземлювача:

$$N = \frac{R_{в.е}}{K_{в}R_{в.е}}$$

9) Приймають остаточне число вертикальних електродів, намічають розташування заземлювачів.

Розглянемо розрахунок заземлюючого пристрою для даної підстанції.

1) Заземляючий пристрій і грозозахист підстанції повинні бути виконані відповідно до ПУЕ [1]. Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 0,5 Ом в будь-який час року.

Питомий опір:

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк. 70
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{\text{пит}} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

2) При розрахунку заземлюючого пристрою опором природних заземлювачів нехтуємо, вони зменшують загальний опір заземлюючих пристроїв, які і їх провідність йде в запас надійності.

Тоді:

$$R_{\text{н}} = 0,5 \text{ Ом.}$$

3) Визначимо розрахункові питомі опору ґрунту для горизонтальних і вертикальних заземлювачів, приймаючи:

$$K_{\text{Г}} = 4,5;$$

$$K_{\text{В}} = 1,5.$$

$$\rho_{\text{р.Г}} = 100 \cdot 4,5 = 450 \text{ Ом}$$

$$\rho_{\text{р.В}} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом}$$

4) Знаходимо опір стікання струму одного вертикального електрода. В якості вертикального електрода приймемо круглий сталевий стрижень діаметром 12 мм, довжиною 5м. Верхні кінці стрижнів заглиблені на глибину 0,8 м від поверхні землі.

$$H = 0,8 \text{ м;}$$

$$L = 10 \text{ м;}$$

$$d = 14 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$t = \frac{H + l}{2} = \frac{0,8 + 10}{2} = 5,4 \text{ м}$$

$$R_{\text{в.е.}} = \frac{150}{2 * 3,14 * 10} \left(\ln \frac{2 * 10}{14 * 10^{-3}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 * 5,8 + 10}{4 * 5,8 - 10} \right) = 18,5 \text{ Ом}$$

5) Визначимо приблизну кількість вертикальних заземлювачів при попередньо прийнятому коефіцієнті використання $K_{\text{в}} = 0,3$.

$$N = \frac{18,5}{0,5 * 0,3} = 124$$

6) Визначимо опір стікання струму горизонтального заземлювача.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

Для вирівнювання потенціалів по всій площі підстанції виконується зрівняльний контур зі сталевих смуг перетином 40x4 мм², що прокладається на глибині 0,8 м від поверхні землі.

$$H = 0,8 \text{ м};$$

$$t = 0,802 \text{ м.}$$

$$L = 1755 \text{ м};$$

$$b = 0,04 \text{ м.}$$

$$R_{г.е.} = \frac{450}{2 * 3,14 * 1755} \ln \frac{2 * 1755}{0,04 * 0,802} = 0,78 \text{ Ом}$$

7) Уточнюємо необхідний опір вертикальних електродів:

$$R_{в.е.} = \frac{0,78 * 0,5}{(0,78 - 0,5)} = 1,4 \text{ Ом}$$

8) Визначаємо остаточне число вертикальних електродів:

$$N = \frac{18,5}{0,5 * 1,4} = 45$$

9) Таким чином, заземлюючий пристрій підстанції «Василівка» складається з горизонтальних і вертикальних заземлювачів. Горизонтальний заземлювач (сталеві смуги) прокладаються на відстань 0,8 - 1 м від фундаментів або основ устаткування. Вертикальні електроди забиваються в ґрунт по зовнішньому контуру заземлення пристрою з відстанню між електродами 4 м.

Захисне заземлення підстанції задовольняє вимогам робочого заземлення і заземлення засобів блискавкозахисту. Однак, при приєднанні засобів блискавкозахисту до захисних заземлень підстанції необхідно враховувати їх особливості. Захисні і робочі заземлювачі відводять в землю струм промислової частоти і їх опір є стаціонарним, тоді як через засоби грозозахисту проходить струм блискавки, який має імпульсну форму.

При стікання з заземлювачів великих струмів блискавки в землю поблизу поверхні електродів створюються дуже високі напруженості електричного поля, під впливом яких пробивається шар землі, що прилягає до поверхні електрода.

										Арк.
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Навколо електрода утворюється провідна зона іскріння, яка як би збільшує поперечні розміри електрода і тим самим знижує його опір. Однак, найбільший ефект зниження опору за рахунок іскріння має місце тільки в тому випадку, коли електроди мають невеликі розміри і їх індуктивний опір практично не впливає на процес відведення струму в землю. Такі заземлювачі називаються зосередженими. Отже, на підстанції біля кожного громовідводу встановлюється по три стержні, а у кожного ОПНа (обмежувача перенапруги) - по одному стрижню.

До заземлюючих пристроїв ВРП приєднані заземлюючі троси ЛЕП і всі природні заземлювачі підстанції.

Навколо заземлюючих пристроїв, які винесені за територію підстанції, для вирівнювання потенціалу укладається один вирівнюючий провідник на відстані 1 м у напрямку від його кордонів на глибині 1 м.

Ці невраховані заземлювачі зменшують загальний опір заземлення, провідність їх йде в запас надійності.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

Висновок

Результатом виконання роботи бакалавра є розроблена реконструкція КРУЗ-10 кВ понижувальної підстанції 35/10 кВ "Василівка" у зв'язку з устарілим обладнанням, що відпрацювало свій термін.

Приведено основні розрахунки по вибору основного високовольтного обладнання електричної підстанції за нормальними та аварійними умовами роботи, для чого розраховано струми короткого замикання, а також проведений розрахунок заземлення. Розрахунки проводились за допомогою комп'юторних програм: Microsoft Office Excel. Креслення за допомогою NanoCAD 5.

В роботі бакалавра проведено аналіз ринку та вибрано обладнання вітчизняних виробників.

Розглянуто заходи з охорони праці, техніки безпеки і охорони навколишнього середовища при проведенні основних робіт, загальні умови будівництва та питання кадрового забезпечення будівельно-монтажних робіт.

В графічній частині приведено схеми ПС «Василівка» до та після реконструкції, а також габаритні креслення типових комірок КРУЗ-10кВ із зазначенням встановлюваного обладнання.

					БР 3.6.141.357 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нюра</i>			<i>Реконструкція понижувальної підстанції 35/10 кВ «Василівка» Висновок</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Лебедка</i>					74	83
<i>Консульт.</i>						<i>СумДУ ЕТ-61</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Лебединськи</i>						

Список використаної літератури

1. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
2. ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення».
3. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. – Вінниця, 2005. – 148 с.
4. Каганов И. Л. Курсовое и дипломное проектирование – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Агропромиздат, 1990. – 351с.
5. Федоров А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Электроснабжение.- М.: Энергоатомиздат, 1986.- 568 с.
6. Шабад М. А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты.- С-Петербург.: Петербургский Энергетический Институт, 2002. – 64 с.
7. Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 592с.
8. СОУ-Н МЕВ 40.1-21677681-67:2012: «Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 6-35 кВ. Настанова щодо вибору та застосування у розподільчих установках».
9. ГОСТ 1516.3-96: «Електрообладнання змінного струму на напруги від 1 до 750 кВ. Вимоги до електричної міцності ізоляції»
10. Вільна енциклопедія «Вікіпедія» [Електронний ресурс]. – електронний. Журн. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/>
11. Червяков Д.М. Релейная защита и автоматика электроустановок нефтяной и газовой промышленности: Учебное пособие. –Тюмень: ТюмГНГУ, 1998.-79 с.

					БР 3.6.141.357 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Нюра</i>				<i>Реконструкція понижувальної підстанції 35/10 кВ «Василівка» Список використаної літератури</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Лебеда</i>						75	83
<i>Консульт.</i>						СумДУ ЕТ-61		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Никифоров</i>							
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Лебединська</i>							

12. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем: Учеб. для вузов. – М.: Энергия, 1976. – 560 с

13. ГОСТ 13109-97: «Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

14. Офіційний сайт Українського гідрометеорологічного центру [Електронний ресурс]. – електронний. – Режим доступу: <https://meteo.gov.ua/>

15. НАПБ Б.02.005-2003: «Типове положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України».

16. Ткачук К.Н., Зацарний В. В., Каштанов С.Ф. та ін. Охорона праці та промислова безпека: навч. посіб. – К.: Лібра, 2010. – 559 с.

					БР 3.6.141.357 ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76