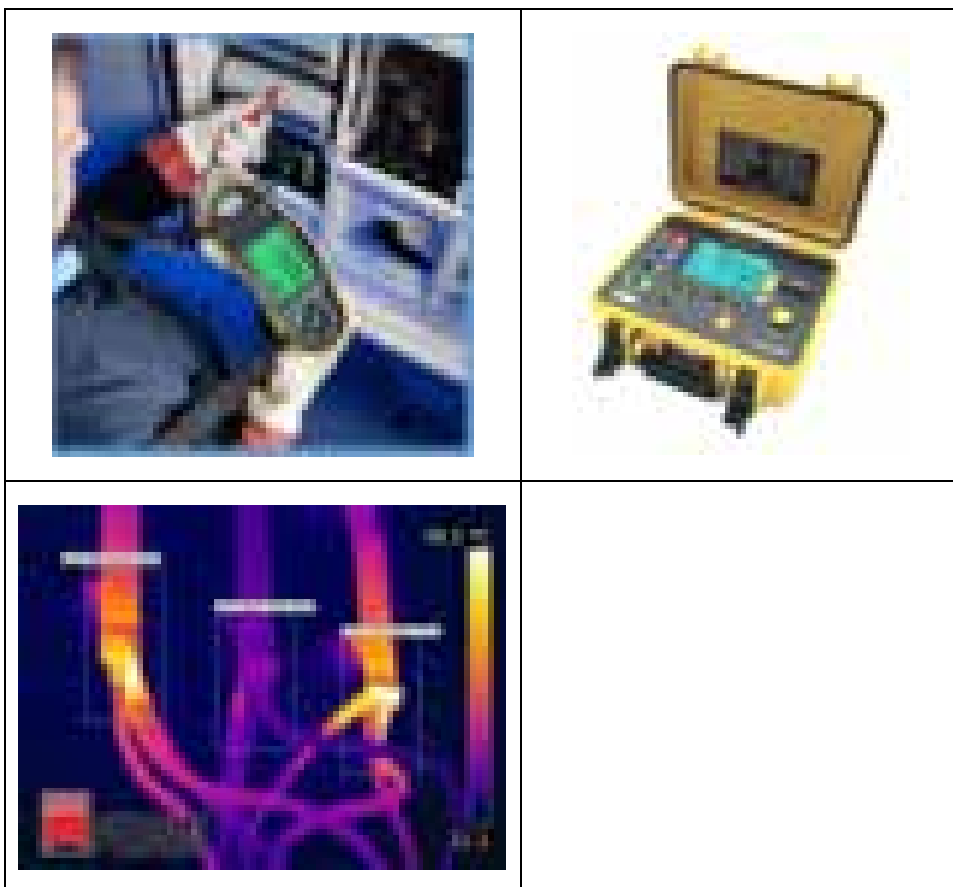


НАЛИВАЙКО В.А., РАДЬКО І.П., КОРОБСЬКИЙ В.В.,
РАДЬКО В.І., ОКУШКО О.В., ЛУТ М.Т., ВАСЮК В.В.

ДІАГНОСТУВАННЯ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ. ВИМІРЮВАННЯ та ВИПРОБУВАННЯ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ



КИЇВ – 2023

УДК 631.3-83.004(075.8)
ББК 40.76Я73
Н 82

Рекомендовано вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України, як навчальний посібник для студентів закладів вищої освіти, що навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (протокол № 12 від 21.06.2023)

Рецензенти:

М.Л. Лисиченко, доктор технічних наук, професор кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки Державного біотехнологічного університету

В.С. Федорейко, професор, доктор технічних наук, завідувач кафедрою машинознавства та комп'ютерної інженерії Тернопільського національного педагогічного університету

Л.С. Червінський, доктор технічних наук, професор кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природокористування України

Діагностування енергообладнання. Випробування та вимірювання в електроустановках : Навчальний посібник для студентів закладів вищої освіти / Наливайко В.А., Радько І.П., Коробський В.В., Радько В.І., Окушко О.В., Лут М.Т., Васюк В.В. – К.: ЦП «Компринт», 2023. – 399 с.

У навчальному посібнику розглядаються питання основних вимірювань та випробувань в електротехнічних установках. Наведені витяги із «Правил улаштування електроустановок» та «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів».

Рекомендується для підготовки фахівців освітнього рівня «Магістр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

УДК 631.3-83.004(075.8)

© Наливайко В.А., Радько І.П.,
Коробський В.В. Радько В.І.,
Окушко О.В., Лут М.Т., Васюк В.В., 2023
© НУБіП України

ISBN

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

	<p>Наливайко Віталій Адамович Кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природо-користування України. Викладає дисципліни «Автоматизовані системи контролю і обліку енергоносіїв», «Діагностування, обслуговування і ремонт електрообладнання», «Енергетичний аудит і менеджмент».</p> <p>Наукові інтереси пов'язані з вдосконаленням методик діагностування електрообладнання та підвищенням енергоефективності. Автор (співавтор) понад 90 наукових праць, з яких 6 навчальних посібників, 9 електронних навчальних курсів та 3 патенти.</p> <p>Керівник атестованої вимірювальної електротехнічної лабораторії. Електронна адреса: nva041@ukr.net</p>
	<p>Радько Іван Петрович Кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природокористування України. Викладає дисципліни «Автоматизовані системи контролю і обліку енергоносіїв», «Енергетичний аудит і менеджмент», «Загальна електротехніка».</p> <p>Наукові інтереси пов'язані з розробкою енергоефективних технологій. Автор (співавтор) понад 110 наукових праць, з яких 9 навчальних посібників, 3 монографії, 5 електронних навчальних курсів та 17 патентів. Електронна адреса: ivan_radko@ukr.net</p>



Коробський Володимир Вікторович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природо-користування України. Викладає дисципліни «Основи технічної експлуатації енергообладнання та засобів керування», «Обслуговування енергообладнання та засобів керування», «Технології обслуговування та ремонту енергетичного обладнання і засобів автоматики», «Електротехніка і електропривід». Наукові інтереси пов'язані з вдосконаленням систем обслуговування електрообладнання, діагностуванням електрообладнання, дослідженням експлуатаційної надійності контакт-деталей, їх відновленням та розробкою контактних матеріалів на основі міді для електричних апаратів.

Автор (співавтор) понад 100 наукових праць, з яких 5 навчальних посібників, 5 авторських свідоцтв і 3 патенти, 4 СОУ та 1 ДСТУ.

Електронна адреса: kor.vladlen.2002@gmail.com



Лут Микола Тихонович

Кандидат технічних наук, професор кафедри електропостачання ім. проф. Синькова В.М. Національного університету біоресурсів і природо-користування України. Викладає дисципліни «Автоматизовані системи контролю і управління електроспоживанням», «Основи електропостачання», «Проектування систем електропостачання», «Основи енергоощадності».

Наукові інтереси пов'язані із SMART технологіями моніторингу електроспоживання і обліку електроенергії, системами предиктивного обслуговування електрообладнання, діагностуванням електрообладнання.

Автор (співавтор) понад 100 наукових праць, з яких 2 монографії, 2 підручники, 40 навчальних посібників, 6 авторських свідоцтв і 3 патенти.

Електронна адреса: limmit1@ukr.net



Радько Віталій Іванович

Доктор економічних наук, професор кафедри організації підприємництва та біржової діяльності Національного університету біоресурсів і природокористування України
Викладає дисципліни «Планування бізнесу», «Організація виробництва», «Організація і планування виробництва в аграрних формуваннях», «Підприємницькі ризики», «Економічна оцінка малого і середнього бізнесу», «Інноваційний розвиток міжнародного агробізнесу», «Економіка і організація інноваційного підприємництва в аграрній сфері».
Наукові розробки пов'язані з забезпеченням ефективного розвитку підприємницької діяльності в аграрній сфері.

Автор (співавтор) понад 50 наукових праць.

Електронна адреса: vitrادko@ukr.net



Окушко Олександр Володимирович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природокористування України. Викладає дисципліни «Діагностування енергообладнання», «Технічний сервіс енергообладнання», «Безпека праці в енергоустановках».

Наукові інтереси пов'язані із підвищенням методик діагностування енергообладнання, моніторингу електроспоживання і обліку електроенергії.

Автор (співавтор) понад 100 наукових праць, з яких 4 монографії, 2 підручники, 15 навчальних посібників, 6 патентів.

Електронна адреса: oaleks@ukr.net



Васюк Вячеслав Володимирович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природокористування України. Викладає дисципліни «Електричні машини», «Технічний сервіс енергообладнання», «Математичні методи моделювання та оптимізації в електротехніці», «Комп'ютерні методи розрахунку електромагнітних полів» та «Електротехніка і електромеханіка». Наукові інтереси пов'язані з пов'язані з математичним моделюванням та оптимізацією технологічних процесів, експлуатацією технічних систем, питанням підвищення надійності технічних систем та програмної інженерії енергетичних об'єктів. Автор (співавтор) понад 60 наукових праць, з яких 8 навчальних посібників, 8 електронних навчальних курсів.

Електронна адреса: vasyuk@nubip.edu.ua

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	11
РОЗДІЛ 1. ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ СТРУМОВІДНИХ ЧАСТИН ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	14
Тема 1.1 Фізична сутність та схема заміщення ізоляції.....	14
Тема 1.2. Технологія та приладове забезпечення вимірювання опору ізоляції.....	16
Тема 1.3. Ємнісні методи оцінки стану ізоляції та їх технічна реалізація.....	23
Тема 1.4. Вимірювання струму витoku (спливу) через ізоляцію.....	28
Тема 1.5. Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат в ізоляції.....	30
Тема 1.6. Випробування ізоляції підвищеною напругою.....	37
1.6.1. Випробування ізоляції підвищеною напругою змінного струму.....	38
Додаток А.....	45
Додаток Б.....	47
Додаток В.....	52
Додаток Д.....	53
Додаток Е.....	55
РОЗДІЛ 2. ПЕРЕВІРКИ І ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАЗЕМЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	57
Тема 2.1. Вимоги ПУЕ щодо заземлювальних пристроїв.....	57
2.1.1. Заземлювальні пристрої електроустановок напругою до 1 кВ у електричних мережах із глухозаземленою нейтраллю.....	57
2.1.2. Заземлювальні пристрої електроустановок напругою до 1 кВ у електричних мережах із ізольованою нейтраллю.....	60
2.1.3. Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричних мережах із ізольованою, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю.....	61
2.1.4. Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричних мережах із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю.....	65
2.1.5. Заземлювальні пристрої в місцевостях з великим питомим опором землі.....	70
2.1.6. Заземлювачі.....	71

2.1.7. Заземлювальні провідники.....	73
2.1.8. Головна заземлювальна шина (ГЗШ).....	76
2.1.9. Захисні провідники (РЕ-провідники).....	78
2.1.10. PEN- провідники.....	84
2.1.11. Провідники системи зрівнювання потенціалів.....	85
2.1.12. З'єднання і приєднання захисних провідників.....	86
2.1.13. Переносні електроприймачі.....	88
2.1.14. Пересувні електроустановки.....	90
Тема 2.2 Вимоги ПТЕЕС щодо заземлювальних пристроїв.....	96
Тема 2.3. Перевірки, випробування та вимірювання параметрів заземлювальних пристроїв.....	100
2.3.1. Перевірка наявності електричного кола між заземлюваним електрообладнанням і елементами заземлювального пристрою.....	100
2.3.2. Перевірка корозійного стану елементів заземлювального пристрою.....	100
2.3.3. Вимірювання опору розтіканню струму заземлювального пристрою.....	103
2.3.4. Вимірювання напруги дотику.....	124
Тема 2.4. Приладове забезпечення випробувань та вимірювань параметрів заземлювальних пристроїв.....	129
РОЗДІЛ 3. ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ КОЛА «ФАЗА - НУЛЬ» І СТРУМУ 1-ФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ.....	155
Тема 3.1. Вимоги ПУЕ щодо опору кола «фаза - нуль».....	155
Тема 3.2. Вимоги ПТЕЕС щодо опору кола «фаза - нуль».....	156
Тема 3.3. Вимоги безпеки.....	159
3.3.1. Організаційні заходи.....	159
3.3.2. Технічні заходи.....	159
3.3.3. Вимоги до кваліфікації персоналу.....	161
Тема 3.4. Загальні засади вимірювань опору кола (петлі) «фаза- нуль» та струму 1-фазного короткого замикання.....	161
Тема 3.5. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль».....	163
3.5.1. Засоби вимірювань.....	164
3.5.2. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» з використанням окремого джерела живлення.....	164
3.5.3. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» при наявності напруги мережі живлення приладом М-417.....	165
3.5.4. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль», «фаза- фаза», вимірювачем ІФН-300.....	169

Тема 3.6. Вимірювання струму 1-фазного (міжфазного) короткого замикання.....	171
3.6.1. Вимірювання струму 1-фазного короткого замикання приладом Щ41160.....	172
3.6.2. Вимірювання струму 1-фазного короткого замикання вимірювачем ЭК 0200.....	175
3.6.3. Вимірювання струму 1-фазного короткого замикання багатофункціональним вимірювачем EP-180.....	177
Тема 3.7. Вимірювання опору кола «фаза-нуль» і струму 1-фазного (міжфазного) короткого замикання багатофункціональними вимірювачами.....	178
3.7.1. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» вимірювачем ЦК 0220.....	178
3.7.2. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» багатофункціональним вимірювачем параметрів електроустановок МІ 3102Н ВТ.....	180
3.7.3. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» вимірювачем параметрів електробезпеки електроустановок Sonel MPI-530.....	182
3.7.4. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» вимірювачем СЕМ ДТ-5301.....	194
3.7.5. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» вимірювачем кіл «фаза-нуль» та «фаза-фаза» MZC-304...	196
Додаток А.....	201
РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВИПРОБУВАНЬ.....	202
Тема 4.1. Випробування та контроль якості продукції.....	202
Додаток А.....	204
Додаток Б.....	207
Додаток В.....	209
РОЗДІЛ 5. ВИПРОБУВАННЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА АПАРАТІВ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК СПОЖИВАЧІВ.....	210
Тема 5.1. Вимоги ПТЕЕС.....	210
0 Тема 5.2. Перевірки, випробування та вимірювання параметрів	
0 силових трансформаторів.....	217
Тема 5.3. Перевірки, випробування та вимірювання параметрів напівпровідникових перетворювачів.....	232
Тема 5.4. Перевірки, випробування та вимірювання параметрів силових конденсаторів.....	235

Тема 5.5. Перевірки, вимірювання та випробування акумуляторних батарей.....	237
Тема 5.6. Перевірки, вимірювання та випробування кабельних ліній електропередавання.....	241
Тема 5.7. Перевірки, вимірювання та випробування повітряних ліній електропередавання.....	249
Тема 5.8. Перевірки, вимірювання та випробування контактних з'єднань збірних та з'єднувальних шин, проводів і грозозахисних тросів.....	259
Тема 5.9. Перевірки, вимірювання та випробування підвісних та опорних ізоляторів.....	261
Тема 5.10. Перевірки, вимірювання та випробування вводів і прохідних ізоляторів.....	263
Тема 5.11. Перевірки, вимірювання та випробування масляних та електромагнітних вимикачів.....	267
Тема 5.12. Перевірки, вимірювання та випробування елегазових вимикачів.....	272
Тема 5.13. Перевірки, вимірювання та випробування вакуумних вимикачів.....	278
Тема 5.14. Перевірки, вимірювання та випробування вимикачів навантаги.....	281
Тема 5.15. Перевірки, вимірювання та випробування запобіжників на напругу понад 1 кВ.....	284
Тема 5.16. Перевірки, вимірювання та випробування роз'єднувачів, короткозамикачів та відокремлювачів.....	285
Тема 5.17. Перевірки, вимірювання та випробування вентилях розрядників та обмежувачів перенапруг.....	288
Тема 5.18. Перевірки, вимірювання та випробування трубчастих розрядників.....	296
Тема 5.19. Перевірки, вимірювання та випробування вимірювальних трансформаторів.....	298
Тема 5.20. Перевірки, вимірювання та випробування комплектні розподільні установки внутрішнього (КРУ) та зовнішнього (КРУЗ) розташування.....	303
Тема 5.21. Перевірки, вимірювання та випробування електродвигунів змінного струму.....	307
Тема 5.22. Перевірки, вимірювання та випробування машин постійного струму (крім збудників).....	315
Тема 5.23. Перевірки, вимірювання та випробування електродних котлів.....	317
Тема 5.24. Перевірки, вимірювання та випробування заземлювальних пристроїв.....	319

Тема 5.25. Перевірки, вимірювання та випробування стаціонарних, пересувних та переносних комплектних випробувальних установок.....	332
Тема 5.26. Перевірки, вимірювання та випробування електроустановок, апаратів, вторинних кіл та електропроводки на напругу до 1 кВ.....	334
РОЗДІЛ 6. ПЕРЕВІРКИ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСНОГО ВИМКНЕННЯ.....	347
Тема 6.1. Загальні відомості.....	347
Тема 6.2. Вимоги до пристроїв захисного вимкнення.....	355
Тема 6.3. Класифікація пристроїв захисного вимкнення.....	357
Тема 6.4. Характеристики пристроїв захисного вимкнення (за ІЕК 755-83).....	359
Тема 6.5. Маркування пристроїв захисного вимкнення (за ІЕК 755-83).....	366
Тема 6.6. Номенклатура пристроїв захисного вимикання.....	369
Тема 6.7. Умовні позначення пристроїв захисного вимкнення на електричних схемах.....	375
Тема 6.8. Особливості монтажу і налагоджування пристроїв захисного вимкнення.....	376
Тема 6.9. Перевірки пристроїв захисного вимкнення.....	381
6.9.1. Загальні відомості.....	381
6.9.2. Приладове забезпечення перевірок пристроїв захисного вимкнення.....	383
Додаток А.....	391
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	394

ПЕРЕДМОВА

Сільськогосподарські споживачі електричної енергії характеризуються певними специфічними ознаками. Передусім це стосується тваринницьких і птахівничих приміщень з високою відносною вологістю, наявністю у повітрі агресивних газів, водяної пари та біологічно активного середовища. У вирішенні завдань щодо інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, забезпечення країни продуктами харчування і сировиною чільне місце відводиться електрифікації та автоматизації технологічних процесів на базі сучасного енергоефективного обладнання. Із розширенням парку такого обладнання, широким впровадженням нових його зразків, зокрема комплексів для потокових ліній, суттєво підвищуються вимоги до надійності його роботи.

Добитися підвищення експлуатаційної надійності енергетичного обладнання, подовжити термін його роботи можна шляхом впровадження системи планово-запобіжного ремонту і технічного обслуговування, яка поєднує в собі сукупність організаційно-технічних заходів щодо планування, організації та проведення комплексу робіт з обслуговування, ремонту і проведення вимірювання та випробування в електроустановках.

При вивченні дисципліни «Діагностування енергообладнання. Вимірювання та випробування в електроустановках» студенти повинні одержати не тільки теоретичні знання, але й отримати практичні навички з обслуговування енергетичного обладнання, навчитися проводити вимірювання та здійснювати випробування енергетичного обладнання тощо.

Роль дисципліни полягає в набутті бакалаврами та магістрами електротехнічних спеціальностей. практичних навиків вибору і впровадження новітніх технічних засобів і систем обліку та регулювання витрат енергоресурсів і енергоносіїв, раціональному та ефективному технічному обслуговуванню різних видів електрообладнання, грамотному проведенню діагностування енергообладнання тощо. Все це неможливо здійснити без проведення вимірювання та випробування різного роду електрообладнання, в будь-яких умовах, чи то в спеціалізованій стаціонарній лабораторії, чи на місці монтажу електрообладнання, в полі.

На перший план виходить необхідність вивчення та розуміння фахівцем напрямків проведення діагностування та ефективної виробничої експлуатації різноманітних видів електрообладнання у сільському господарстві та технології технічного обслуговування і ремонту енергетичного обладнання за конкретними його видами.

Мета навчального посібника – необхідність вивчення та розуміння фахівцем питання безпечних режимів проведення випробувань та вимірювань в електроустановках, напрямків проведення діагностування та ефективної виробничої експлуатації різноманітних видів електрообладнання та технології технічного обслуговування і ремонту енергетичного обладнання за конкретними його видами.

В навчальному посібнику розглядаються питання безпечних режимів проведення випробувань та вимірювань в електроустановках. Безсумнівна потреба у виданні даного посібника обумовлена тим, що за останні декілька років були внесені зміни до тексту нормативних документів, а саме Правил улаштування електроустановок, Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, які враховані в рукописі цього посібника.

Кожний розділ рукопису навчального посібника присвячений питанням, які характеризують вимірювання та випробування в різних видах електроустановок, і зокрема, проведення оцінювання стану ізоляції струмовідних частин електрообладнання, перевірку та вимірювання параметрів заземлювальних пристроїв, опору кола «фаза-нуль», струму однофазного короткого замикання, а також розглядаються вимоги щодо випробування і вимірювання параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів.

Потреба у підготовці навчального посібника обумовлена ще й тим фактором, що в навчальний план дисциплін «Основи технічної експлуатації електрообладнання та засобів керування», «Технічна експлуатація електроустановок» введений розділ «Вимірювання та випробування електрообладнання». Запропонований навчальний посібник містить методично узагальнений та систематизований навчальний матеріал, який супроводжується цікавими та корисними ілюстраціями, електричними схемами, таблицями та необхідними математичними викладками.

Вибраний авторами матеріал представлено в 6 розділах. Наприкінці деяких розділів подано деякі необхідні додатки.

У навчальному посібнику здебільшого використовується визначення та позначення електричних і магнітних величин, що регламентуються відповідними стандартами, перелік яких наведений в рекомендованій літературі.

Посібник належним чином ілюстрований рисунками і таблицями, авторами використані чинні нормативні документи в галузі енергетики, навчальна література з питань вимірювання і випробування та інформація зі спеціалізованих сайтів у мережі Інтернет. Достатня кількість ілюстрацій, електричних схем та коментарі до них дають можливість широкому загалу читачів розібратися з вимірюванням та випробуванням в різноманітних технологічних циклах. Відібраний авторами матеріал відповідає навчальній програмі дисципліни «Діагностування енергообладнання. Вимірювання та випробування в електроустановках» спеціальності 141 – «Енергетика, електротехніка і електромеханіка».

У навчальному посібнику передмова, розділи 2 та 4 написані В.А.Наливайком та В.В.Коробським; розділи 1 та 3 – М.Т.Лутом та І.П.Радьком; розділ 5 – О.В.Окушом та В.В.Васюком; розділ 6 – В.І.Радьком.

Вивчення матеріалу навчального посібника має сприяти набуттю майбутніми інженерами-енергетиками практичних навичок з діагностування, обслуговування енергетичного обладнання, обґрунтування та може бути використаний у практичній діяльності фахівцями електротехнічного спрямування.

РОЗДІЛ 1. ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ СТРУМОВІДНИХ ЧАСТИН ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Тема 1.1 Фізична сутність та схема заміщення ізоляції

Оцінювання стану ізоляції електрообладнання за результатами вимірювань та випробувань в основі своїй має її фізичну сутність.

Будь-яка ізоляція, як діелектрик, являє собою конденсатор із складним середовищем. Обкладки конденсатора – зовнішні елементи конструкції апарата (корпус, осердя) і струмовідні частини (жили кабелю, проводи, шини), розділені середовищем – ізоляцією.

Ізоляція може бути твердою, рідкою або газоподібною (наприклад, повітря), чи будь-якою комбінацією.

Основна ізоляція (basic insulation): ізоляція частин, які знаходяться під напругою і забезпечує основний захист.

Додаткова ізоляція (supplementary insulation): незалежна ізоляція, застосовується додатково до основної ізоляції для захисту пошкодження.

Подвійна ізоляція (double insulation): ізоляція, що включає в себе основну і додаткову ізоляцію.

Посилена ізоляція (reinforced insulation): ізоляція небезпечних частин, які знаходяться під напругою та забезпечує ступінь захисту від ураження електричним струмом, що еквівалентна подвійній ізоляції.

Структура ізоляції визначається не лише застосовуваними матеріалами (сльода, папір, картон, трансформаторне масло, синтетичні речовини), але і наявністю її дефектів та ступенем зволоження.

Фізичну сутність ізоляції доцільно розглядати шляхом аналізу процесів, що в ній протікають, використовуючи схему заміщення.

Правильність уяви про ізоляцію, відображеної схемою заміщення, підтверджує досвід вимірювання опору ізоляції та визначення коефіцієнта абсорбції.

Із прикладенням до ізоляції напруги постійного (випрямленого) струму (рис. 1.1) спочатку проходить лише струм заряджання I_{geom} геометричної ємності C_{geom} , яка визначається геометричними розмірами ізоляції. Слід зазначити, що при цьому матеріал ізоляції практично не проявляється, не мовби між обкладками конденсатора (ізоляції) існує вакуум.

Струм I_{geom} швидко затухає, а з накопиченням за цей час на границях ізоляції зарядів різної полярності створюється електричне поле (рис. 1.2). Під дією поля виникає явище *поляризації*, що є характерним вже для реального діелектрика із складною структурою.

Поляризація пов'язана із проходженням другої складової струму через ізоляцію – струму I_{abc} заряджання окремих абсорбційних ємностей, що утворюються між її шарами. Ця складова струму залежить від неоднорідності ізоляції, наявності у ній дефектів та абсорбційних опорів r_{abc} суміжних ділянок.

Повільність, яка потребує затрат енергії процесу поляризації – орієнтації диполів у електричному полі, обумовлює повільність згасання струму I_{abc} .

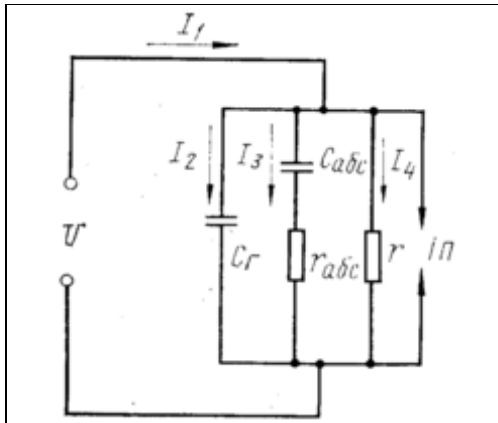


Рис. 1.1. Схема заміщення ізоляції
 C_g – геометрична ємність ізоляції;
 C_{abc} , r_{abc} – абсорбційні ємності та опір;
 r – опір ізоляції (визначає струм наскрізної провідності);
 III – іскровий проміжок (можливий пробій ізоляції).

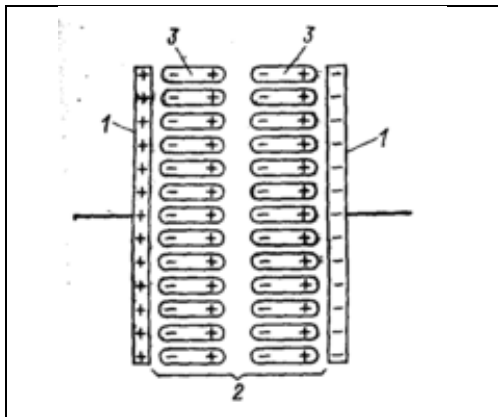


Рис. 1.2. Дипольна поляризація у діелектрикові зі складною структурою (умовному конденсаторові):
 1 – обкладки умовного конденсатора (струмовідні частини та корпус електрообладнання чи магнітопровід);
 2 – середовище-діелектрик;
 3 – диполь

Тривалість заряджання абсорбційної ємності C_{abc} (по суті значної кількості таких ємностей) визначається розглядом кіл $r_{abc} \cdot C_{abc}$, що мають свою постійну часу $\tau = r_{abc} \cdot C_{abc}$. Чим більш зволоженою є ізоляція, тим меншим буде r_{abc} і, відповідно, струм I_{abc} зростає

спочатку, але швидко затухає. **Зволоженість ізоляції насамперед впливає на значення опору r_{abc} .**

У сухої ізоляції опір r_{abc} є досить великим, струм I_{abc} має менше початкове значення, а затухає досить повільно:

$$I_{abc} = \frac{U}{R_{abc}} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1.1)$$

де U – напруга постійного (випрямленого) струму, що прикладена до ізоляції;

t – тривалість прикладання напруги;

$\tau = r_{abc} \cdot C_{abc}$ – постійна часу.

Із завершенням процесу поляризації (зарядження абсорбційної ємності) струм I_{abc} повністю затухає, а через ізоляцію продовжує протікати струм наскрізної провідності (витоку, спливу) I_{vit} . Значення цього струму залежить від загального опору ізоляції постійному струмові, позначеному на схемі заміщення як r . Цей опір теж залежить від стану ізоляції і зменшується із зволоженням та забрудненням її поверхні.

Характер зміни складових струму, що протікає через ізоляцію, та опору ізоляції протягом часу його вимірювання показаний на рис. 1.3.

Тема 1.2. Технологія та приладове забезпечення вимірювання опору ізоляції

Вимірювання опору ізоляції постійному струмові дає можливість оцінити загальний стан ізоляції переважно стосовно її зволоження та забруднення.

Як видно із графіків, які наведені на рис. 1.3, разом із абсорбційною складовою I_{abc} струму через ізоляцію обернено пропорційно їй змінюється опір ізоляції, маючи найменше значення на початку вимірювання і досягаючи усталеного значення приблизно через 60с з моменту прикладення до ізоляції напруги постійного струму. Кінцеве усталене значення опору R_{is}^{60} визначається складовою наскрізного струму провідності (струму витоку) через ізоляцію I_{vit} , оскільки до цього часу абсорбційна складова встигає практично повністю затухнути:

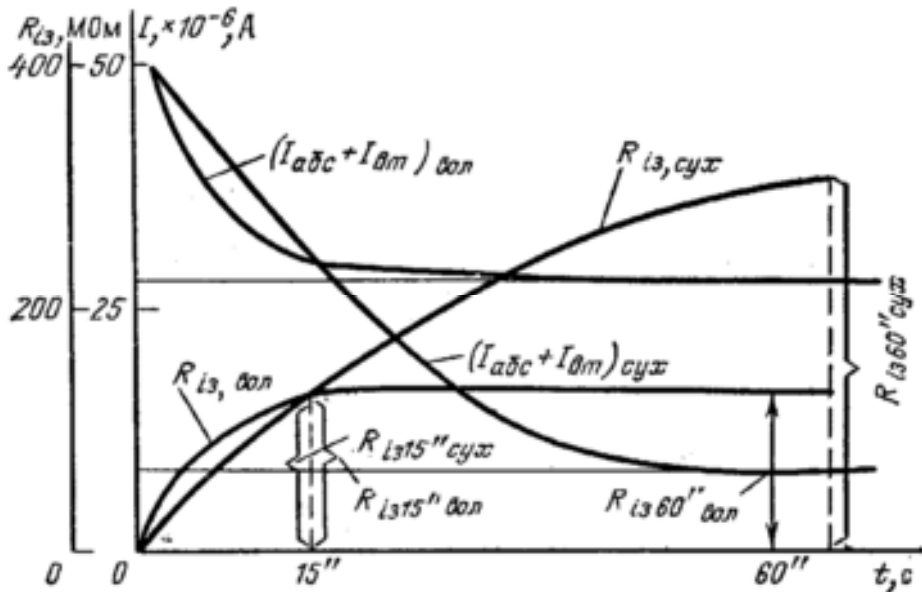


Рис. 1.3. Залежності опору ізоляції, струму абсорбції та струму витікання (спливу) від часу прикладання випрямленої напруги у процесі вимірювань.

$$R_{iz}^{60} = \frac{U}{I_{вт}} \tag{1.2}$$

Інший показник – коефіцієнт абсорбції

$$k_{абс} = \frac{R_{60}}{R_{15}} \tag{1.3}$$

не залежить від розмірів ізоляції, характеризує інтенсивність спадання у часі абсорбційної складової струму через ізоляцію. У сухої ізоляції $k_{абс} \gg 1$, у вологій - $k_{абс} \approx 1$, що можна пояснити різною тривалістю заряджання абсорбційної ємності. У сухої ізоляції ця тривалість досить велика, струм заряджання змінюється повільно, а значення опору ізоляції R_{60} і R_{15} , виміряні через 60с і 15с після початку вимірювань, значно відрізняються. У вологій ізоляції тривалість заряджання абсорбційної ємності мала, струм заряджання швидко досягає усталеного значення, а тому значення опору ізоляції R_{60} і R_{15} майже не відрізняються.

Для прикладу опір ізоляції класу нагрівостійкості В (130⁰С) знижується приблизно у 2 рази з підвищенням температури на кожні 18⁰С.

Вимірювання опору ізоляції здійснюється за допомогою мегаомметрів. Одним із важливих показників мегаомметрів поряд із межами вимірювання є значення номінальної вихідної напруги. Залежно від номінальної напруги електрообладнання (ліній, проводок) має застосовуватися мегаомметр з відповідними межами вимірювання та номінальною напругою. Конкретні рекомендації щодо цього містяться у чинних нормативних документах та документації заводів-виробників електрообладнання.

Найбільш поширеними є мегаомметри типу М4100, що містять вбудований генератор із ручним приводом в якості джерела живлення та чутливий логометричний вимірювач (рис. 1.4). Привод генератора

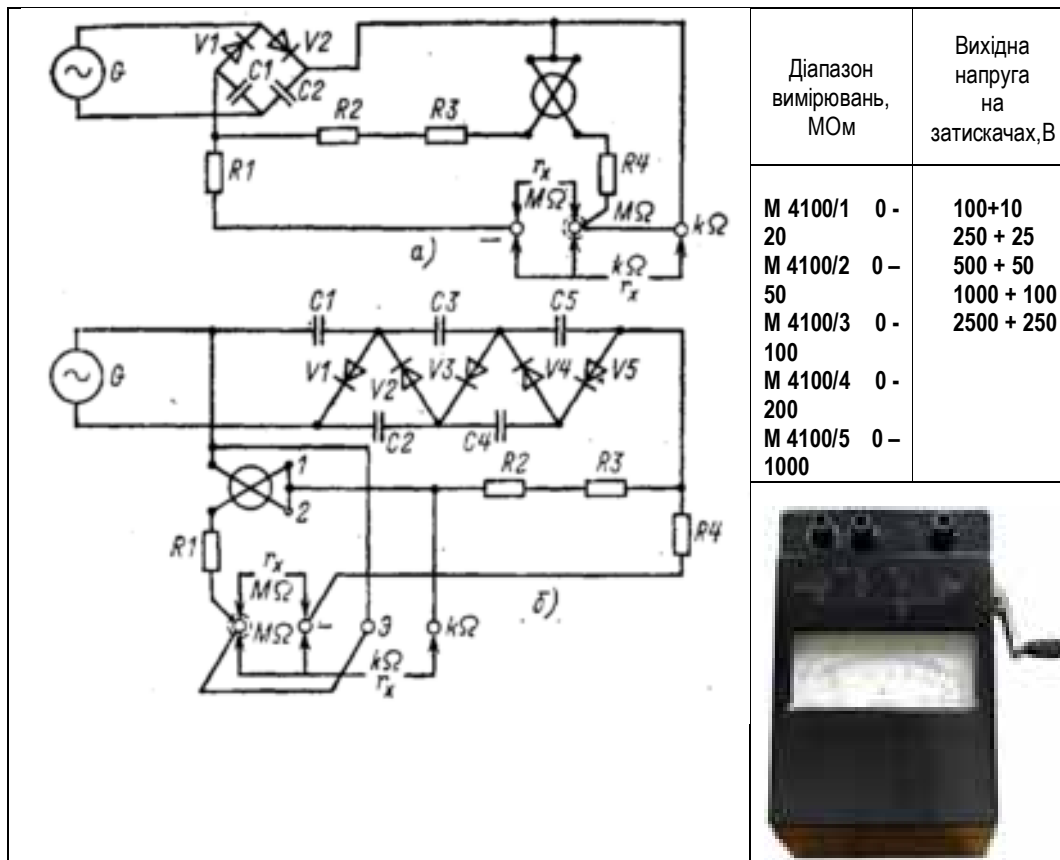


Рис. 1.4. Мегаомметр М4100. Схема електрична принципова:
а) – М4100/1 (100 В); М4100/2 (250 В); М4100/3 (500 В); М4100/4 (1000 В);
б) – М4100/5 (2500 В) із множителем напруги

обладнаний відцентровим регулятором швидкості обертання якоря, що дозволяє практично позбавитись коливань напруги. Поряд з цим встановлена номінальна частота обертання рукоятки мегаомметра – 120 об/хв, якої слід обов’язково дотримуватися.

Знаходять застосування також мегаомметри з живленням від мережі змінного струму та гальванічних батарей (акумуляторів).

Останнім часом на заміну мегаомметра М4100 приходять, впроваджені у виробництво мегаомметр ЕС (табл. 1.1).

Набули розповсюдження цифрові мегаомметри, як вітчизняного виробника (Уманський завод «Мегомметр») (табл.1.2), так і зарубіжні прилади (табл. 1.3).

Таблиця 1.1. Мегаомметр ЕС 0202

	<p>Мегаомметри ЕС 0202/2Г, ЕС 0202/1Г призначені для вимірювання опору ізоляції електричних кіл, що не перебувають під напругою – електрообладнання, електропобутових та електронних приладів, кабелів. Мегаомметри ЕС 0202/2 не потребують операцій калібрування та встановлення нуля.</p>		
<p>Технічні характеристики мегаомметрів ЕС 0202</p>			
Марка	Діапазон вимірювань, МОм	Вихідна напруга на затискачах, В	Джерело живлення
ЭС0202/1Г	0 - 1000	100 ±10	від вбудованого генератора
		250 ±25	
		500 ±50	
ЭС0202/2Г	0 - 10000	500 ±50	від вбудованого генератора
		1000 ±100	
		2500 ±250	

Межі допустимих значень основної відносної похибки дорівнюють $\pm 15\%$ від вимірюваного значення.

Час встановлення показань мегаомметра ЕСО 0202 не перевищує 15 с. Режим вимірювань мегаомметром переривчастий: вимірювання - 1 хвилина, пауза - 2 хвилини.

Мегаомметр ЕС 0202/2 виконаний у пилебризкозахищеному виконанні, а також захищений від перешкод змінного струму частотою 50(60) Гц.

Мегаомметри роботоздатні при температурі навколишнього повітря від мінус 30 до плюс 50°C, відносної вологості 90% при температурі +30°C.

Маса мегаомметра без комплекту проводів, не більше 2,2 кг.

Габаритні розміри мегаомметра 166x130x200 мм.

Таблиця 1.2. Цифровий мегаомметр ЦС 4105



Технічні характеристики мегаомметра ЦС 0202

Діапазон показань мегаомметра від 0 до 200 GΩ. Якщо опір ізоляції, що вимірюється, більше 200 GΩ, на індикаторі з'явиться інформація R > 200 GΩ.

Вимірювальна напруга мегаомметра від 100 В до 2500 В з дискретністю встановлення 50 В.

Діапазон вимірювання опору ізоляції від 500 kΩ до 100 GΩ на піддіапазонах:

- від 500 kΩ до 1 GΩ при вимірювальній напрузі від 100 В до 950 В;
- від 2,5 MΩ до 100 GΩ при вимірювальній напрузі від 1000 В до 2500 В.

Вимірювальна напруга на об'єкті вимірювання з опором ізоляції більше 10 MΩ не відрізняється від встановленого значення більше ніж на 10 %.

Номинальний струм 1 mA.

Максимальне значення сили струму в колі вимірюваного опору - 2 mA.

Індикація результатів вимірювання мегаомметра – цифрова чотирирозрядна з рухомою комою, для виконання ЦС0202-1 – на символному рідкокристалічному індикаторі, а для виконання ЦС0202-2 – на символному OLED індикаторі.

Живлення мегаомметра – вісім Ni-MH акумуляторів типорозміру AA номінальною напругою 1,2 В ємністю не менше 2 А·год. Замість акумуляторів дозволяється використовувати батарейки типорозміру AA номінальною напругою 1,5 В.

Живлення мегаомметра може здійснюватись також від блоку живлення БПС 12-0,7 В або мережевого адаптера напругою від 9,8 В до 12 В із струмом навантаження не менше 0,7 А, які підключаються в роз'єм для заряджання акумуляторів (центральне гніздо – «плюс» живлення, роз'єм живлення DJK-11A (d=2,1x5,5)).

Сила струму споживання мегаомметра від акумуляторів не більше:

- 0,5 А для виконання ЦС0202-1;
- 0,7 А для виконання ЦС0202-2.

Мегаомметр має наступні режими роботи при вимірюванні опору ізоляції:

- автоматичний;
- ручний;
- режим «Робота на ємність».

Мегаомметр також здійснює:

- визначення наявності зовнішньої напруги змінного струму середньоквадратичного значення частотою 50 Гц в діапазоні від 10 В до 500 В;
- блокування проведення вимірювання опору ізоляції при наявності напруги на об'єкті понад 40 В;
- збереження в пам'яті результатів десяти останніх вимірювань опору ізоляції, коефіцієнта абсорбції, коефіцієнта поляризації та вимірювальної напруги;
- автоматичне вимкнення мегаомметра при зниженні напруги електроживлення нижче 9,8 В (електроживлення від зовнішнього джерела) або при зниженні напруги акумуляторів до встановленого рівня;
- автоматичне розряджання ємності об'єкта вимірювання;
- автоматичне відключення від джерела електроживлення не більше чим через 100 с після завершення вимірювання або після відпускання будь-якої з кнопок керування;
- індикацію ступеня заряду акумуляторів;
- заряджання акумуляторів від мережевого блоку живлення або від бортової мережі автомобіля через гніздо прикурювача, використовуючи адаптер автомобільний з комплекту постачання.

Час встановлення робочого режиму – не більше 5 с.

Час встановлення показів мегаомметра, після того як висвітлиться перший результат на індикаторі, не більше 15 с при ємності об'єкту вимірювань до 0,1 мкФ.

Тривалість роботи мегаомметра при живленні від мережевого адаптера не обмежена.

Кількість вимірювань мегаомметром при живленні від акумуляторів в автоматичному режимі вимірювання не менше 500 в нормальних умовах застосування при повністю заряджених акумуляторах.

Ступінь захисту корпусу мегаомметра IP42 за ДСТУ EN 60529:2014 *Ступені захисту, що забезпечують кожухи (Код IP)*.

Маса мегаомметра з комплектом постачання – не більше 1,2 кг.

Габаритні розміри – не більше 220 мм x 156 мм x 61 мм.

Таблиця 1.3. Цифровий мегаомметр UNI-T UT513

	<p style="text-align: center;">Технічні характеристики мегаомметра UNI-T UT513</p> <p>Діапазони вимірювання опору ізоляції:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0.5 МОм – 20 ГОм - 2 МОм – 40 ГОм - 4 МОм – 100 ГОм - 10 МОм – 1000 ГОм <p>Вихідна напруга, В: 500, 1000, 2500, 5000 Вимірювальний струм, мА - < 2 USB інтерфейс Таймер Пам'ять: 18 комірок Дисплей 9999 відліків з підсвічуванням Індикація: слабкого заряду, переповнення Аутовимкнення: 15 хвилин Живлення: батарейки 1,5В LR14 - 8 шт. або мережевий адаптер 14В</p> <p style="text-align: center;">Сервісні функції:</p> <ul style="list-style-type: none"> - розрахунок індексу поляризації IP - функція порівняння із заданим значенням - вимірювання напруги постійного/змінного струму: 0-600 В <p>Маса, кг - 2 Габаритні розміри, мм - 202×195×94мм</p>
--	---

Можливе вимірювання опору ізоляції методом амперметра-вольтметра (рис. 1.5).

Опір ізоляції не вимірюють при температурі нижчій $+10^{\circ}\text{C}$, оскільки результати не будуть достовірними внаслідок нестабільної поведінки вологи. При мінусових температурах волога перетворюється у лід, що є діелектриком, а тому вимірювання опору ізоляції взагалі не може дати уявлення про її стан – зволоження та наявність дефектів.

Виміряні значення опору ізоляції R_{60} порівнюють із значеннями (додаток А), регламентованими нормативними документами:

- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), гл.1.8;
- Норми випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання і апаратів електроустановок споживачів (додатки 1 і 2 до ПТЕЕС);

- СОУ-Н ЕЕ 20.302. «Норми випробування електрообладнання»;
- Інструкція з експлуатації силових трансформаторів.

Як і інші показники стану ізоляції, опір ізоляції дуже залежить від температури, а тому в разі вимірювань при різних значеннях температури навколишнього середовища їх результати слід привести до однакової температури. Залежність опору ізоляції від температури можна описати виразом:

$$R_{\theta_2} = R_{\theta_1} \cdot 10^{\frac{\theta_2 - \theta_1}{\theta_1}} \quad (1.4)$$

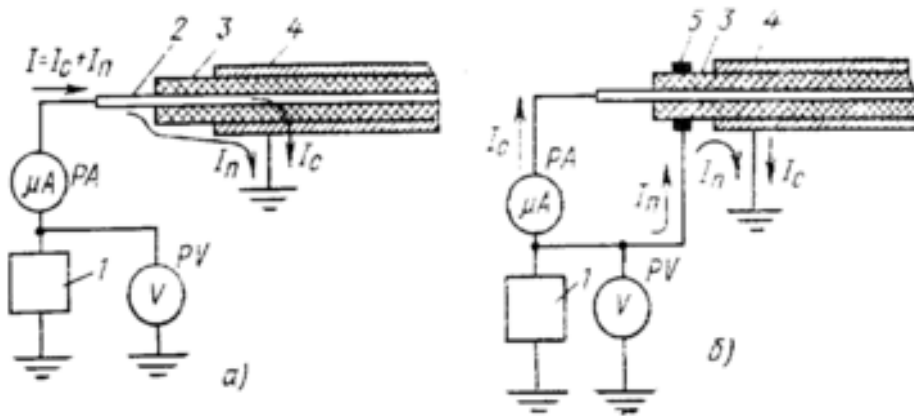


Рис. 1.5. Схеми вимірювання опору ізоляції методом амперметра-вольтметра:

- а) без накладання екрана; б) з накладанням екрана;
- 1 – джерело постійного струму.

Тема 1.3. Ємнісні методи оцінки стану ізоляції та їх технічна реалізація

Ємність діелектрика, як показано на схемі заміщення ізоляції (рис. 1.2), складається з геометричної та абсорбційної ємностей. Із зміною температури зазнає змін абсорбційна ємність, причому залежно від вологості діелектрика, відповідно змінюється і повна ємність, що дозволяє використовувати її як показник стану ізоляції.

Ємність вологого діелектрика з його нагріванням зростає швидше, ніж сухого, оскільки в останньому при цьому не відбувається значних змін; нагрівання ж вологого, а тому неоднорідного, діелектрика, спричиняє зменшення його опору внаслідок підвищення

розчинності кислот та лугів, що містяться у ньому. Поряд з цим збільшується товщина провідних вологих шарів при одночасному зменшенні товщини сухих непровідних шарів діелектрика, що в результаті призводить до зростання ємності діелектрика за рахунок абсорбційної складової.

На практиці знайшли застосування кілька ємнісних методів контролю стану ізоляції, що мають як переваги, так і недоліки.

Метод «ємність – температура» характеризує загальну вологість ізоляції, не виявляючи при цьому місцевих зволожений. Мірою зволоженості ізоляції є відношення значень ємностей ізоляції у «гарячому» і «холодному» стані ($C_{гар} / C_{хол}$).

Перевагою методу є те, що відношення $C_{гар} / C_{хол}$ мало залежить від $tg\delta$ масла, залитого до трансформатора (чи іншого маслозаповненого обладнання), ніж інші показники стану ізоляції.

Відношення $C_{гар} / C_{хол}$ визначають шляхом вимірювання у трансформаторів між кожною обмоткою та корпусом ємності ізоляції відповідно при температурі 80 (70)⁰С та 20⁰С без зливання трансформаторного масла. При цьому застосовуються мости змінного струму – МД-16, Р595 (рис. 1.6), Р571М, Р525, Р5026, а у разі відсутності моста може застосовуватися метод амперметра-вольтметра (вимірювання на силових трансформаторах напругою до 35 кВ потужністю до 10 000кВ·А).



Рис. 1.6. Міст змінного струму Р595.

Недоліком методу «ємність-температура» є потреба у нагріванні трансформатора до температури $80 (70)^{\circ}\text{C}$, що пов'язане із значними затратами енергії та витратами часу.

Значення $C_{\text{гар}} / C_{\text{хол}}$ не повинні перевищувати значень, регламентованих нормативними документами (додаток В).

Метод «ємність-температура» не передбачається, як обов'язковий під час ревізії силових трансформаторів.

Метод «ємність-частота» базується на залежності ємності діелектрика від частоти, причому ця залежність по різному проявляється у зволоженого і сухого діелектрика. Причиною цього є те, що із зменшенням частоти відбувається більш повний заряд і розрядження абсорбційної ємності. Із зволоженням діелектрика (приміром обмоток ізоляції трансформатора) зростає його неоднорідність і відповідно абсорбційна ємність. У зв'язку з цим створюються умови для більшого зростання ємності діелектрика при низькій частоті, ніж при високій. Мірою зволоженості ізоляції є відношення значень її ємностей, виміряних на частотах 2 і 50 Гц – C_2 / C_{50} , яке характеризує загальний стан ізоляції, практично не дозволяючи виявити місцеві зволоження.

Відношення C_2 / C_{50} зростає із підвищенням температури, однак це не має суттєвого значення, оскільки вимірювання проводяться за постійної температури в діапазоні $+10 \dots 30^{\circ}\text{C}$.

Водночас відношення C_2 / C_{50} зростає із зростанням $\text{tg}\delta$ трансформаторного масла.

Вимірювання ємності обмоток на частотах 2 Гц і 50 Гц проводиться із застосуванням спеціальних приладів контролю вологості ізоляції ПКВ-7 (рис. 1.7), ПК 8, ПКВ-13 між кожною обмоткою і корпусом при заземлених вільних обмотках.

Відношення C_2 / C_{50} визначається для обладнанні, (зокрема силових трансформатора), які заповнені маслом. Перед вимірюванням випробовувана обмотка повинна бути заземлена на час не менше 2 хв.

Відношення C_2 / C_{50} не повинні перевищувати значень (додаток В), регламентованих нормативними документами.



Рис. 1.7. Прилад контролю вологості ПКВ-7.

Механізм вимірювання за допомогою приладу ПКВ-7 є таким: вимірювана ємність ізоляції періодично заряджається від джерела живлення і розряджається на конденсатор відомої ємності. При цьому напруга на конденсаторі пропорційна вимірюваній ємності, а її відлік проводиться по шкалі лампового вольтметра, увімкненого паралельно вказаному еталонному конденсатору. Цикл заряд-розряд у приладі повторюється із частотою 2Гц як при вимірюванні C_{50} , так і різниці ємностей $C_2 - C_{50}$. Тривалість заряджання вимірюваної ємності не дорівнює тривалості розряджання, тобто вказаний цикл є несиметричним.

При вимірюванні $C_2 - C_{50}$, у початковий момент кожного циклу розряджання повністю розряджається геометрична ємність, а абсорбційна ємність, що не встигає розрядитися, передає частину свого заряду еталонному конденсатору.

Відношення C_2/C_{50} визначають розрахунком:

$$\frac{C_2}{C_{50}} = 1 + \frac{C_{50}}{C_2 - C_{50}}. \quad (1.5)$$

Метод «ємність-частота» широко застосовується разом з іншими методами контролю стану ізоляції, і зокрема при визначенні можливості увімкнення силових трансформаторів без сушіння.

Метод «ємність-час» полягає у вимірюванні приросту ємностей $\Delta C/C$ об'єкта вимірювань. При цьому використовуються особливості розряду в неоднорідній ізоляції – вимірюється ємність об'єкта, що

обумовлена переважно процесами поляризації в шарах діелектрика, і геометрична ємність об'єкта.

Метод є найбільш чутливим із ємнісних методів, що дозволяє ефективно його застосовувати для контролю вологості ізоляції силових трансформаторів, зокрема малозволожених.

Відношення $\Delta C/C$ значно зростає із зростанням $tg\delta$ трансформаторного масла, що однак не перешкоджає застосуванню методу «ємність-час», оскільки вимірювання, як правило, проводяться на обладнанні (переважно силових трансформаторах), не заповненому маслом. Відношення $\Delta C/C$ суттєво залежить від температури, що слід враховувати під час вимірювань.

Вимірювання за методом «ємність-час» проводяться за допомогою приладів ЕВ-3 і ПКВ-7, як і при визначенні C_2/C_{50} , але при частоті повторення циклу «заряджання-розряджання» 0,25 Гц.

Механізм вимірювання полягає у наступному:

1) при вимірюванні геометричної ємності C_{geom} попередньо заряджений об'єкт (обмотку трансформатора) ємністю C_x (рис. 1.8) розряджають протягом кількох мілісекунд на конденсатор C_n , що слугує елементом пам'яті (вимикач SI розімкнений, перемикач $SA1$ – у положенні 3). Напряга на цьому конденсаторі пропорційна геометричній ємності об'єкта, хоча до вимірної величини входять також і окремі складові абсорбційної ємності, що швидко розряджаються.

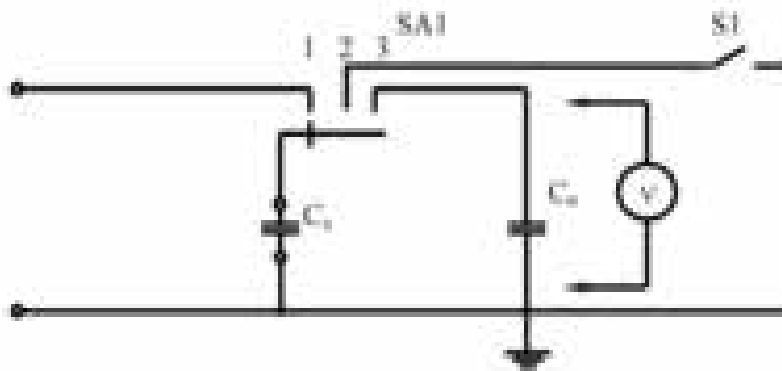


Рис. 1.8. Схема електрична принципова вимірювання приросту ємностей $\Delta C/C$ за методом «ємність-час»

2) при вимірюванні приросту ΔC попередньо заряджений об'єкт C_x спочатку протягом кількох мілісекунд закорочують, щоб розрядити геометричну ємність (вимикач SI замкнений, перемикач $SAI-$ у положенні 2), а потім на певний час з'єднують із "запам'ятовуючим" конденсатором C_n (перемикач $SAI-$ у положенні 3). Через заданий проміжок часу конденсатор C_n від'єднується від ємності об'єкта і на ньому вимірюється напруга, що є пропорційною приросту ємності ΔC .

Вимірювання $\Delta C/C$ ізоляції обмоток проводиться для силових трансформаторів:

- напругою 110 кВ і вище, що транспортуються без масла на початку і в кінці ревізії активної частини;
- трансформаторів, що транспортуються з маслом, під час огляду активної частини із зливанням масла, на початку і в кінці ревізії;
- трансформаторів, $tg\delta$ обмоток яких перевищує встановлені нормативні значення із-за підвищеного $tg\delta$ масла (коли замінити масло, або знизити його $tg\delta$ неможливо).

Вимірні значення відношення $\Delta C/C$ не повинні перевищувати значень (додаток В), регламентованих нормативними документами.

Тема 1.4. Вимірювання струму витoku (спливу) через ізоляцію

Поряд з іншими методами контролю стану ізоляції електрообладнання знаходить застосування вимірювання струмів витoku (спливу) через ізоляцію при прикладенні до неї змінюваної напруги випрямленого струму, тобто зняття характеристики

$$\dot{I}_{вт} = f(U_{випр}), \quad (1.6)$$

де $\dot{I}_{вт}$ - струм витoku (спливу);

$U_{випр}$ - напруга, прикладена до ізоляції.

Наведена залежність має нелінійний характер у зволоженої ізоляції. Нелінійність зростає із збільшенням прикладеної напруги (рис. 1.9) і пов'язана із явищем іонізації, що виникає при певному значенні напруги та із різким збільшенням при цьому струму витікання.

Критерієм зволоженості ізоляції служить коефіцієнт нелінійності $k_{нелін}$:

$$k_{нелін} = \frac{R_{із0,5U_{ном}}}{R_{із0,5U_{випробув}}} \leq 3, \quad (1.7)$$

де $R_{із0,5U_{ном}}$ – опір ізоляції, визначений за значенням струму витoku при мінімальному значенні напруги, що прикладається до неї – $0,5 \cdot U_{ном}$;

$R_{із0,5U_{випробув}}$ – опір ізоляції, визначений за значенням струму витoku при максимальному значенні напруги, що прикладається до неї – $U_{max} = U_{випробув}$.

Для побудови залежностей, наведених на рис. 1.9 струм витoku змінюється ступенями, на кожному із яких напруга витримується протягом 1хв., при цьому вимірюється струм витoku через 15 і 60 секунд.

За характером зміни залежності $I_{вт} = f(U_{випр})$ протягом часу вимірювання, асиметрією струмів по фазах та характером їх зміни під час 1-хвилинної витримки можна зробити висновки щодо зволоженості ізоляції і наявності дефектів.

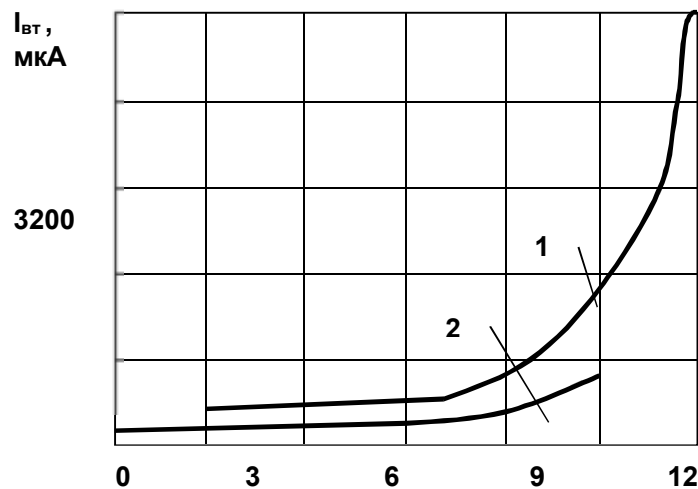


Рис. 1.9. Залежність струму спливу (витікання) від прикладеної до ізоляції електродвигуна напруги:
1 – обмотки із зволоженою ізоляцією; 2 – обмотки із задовільною ізоляцією.

Вимірювання струму витoku дає належні результати при класі нагрівостійкості ізоляції не нижче *B* і знаходить застосування як діагностичний метод у ряді схем контролю стану ізоляції електричних машин. Одним із прикладів може бути вузол контролю ізоляції *A3* електродвигунів занурювальних електронасосних агрегатів, що входить до схеми станції керування УСУЗ (рис. 1.10).

Тема 1.5. Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат в ізоляції

Тангенсом кута діелектричних втрат називається відношення активної складової струму \dot{I}_a , що протікає через ізоляцію у разі прикладення до неї напруги змінного струму, до його ємнісної складової \dot{I}_C (рис. 1.11). Цей показник прийнято виражати у відсотках:

$$tg \delta \% = \frac{\dot{I}_a}{\dot{I}_C} \cdot 100 \quad (1.8)$$

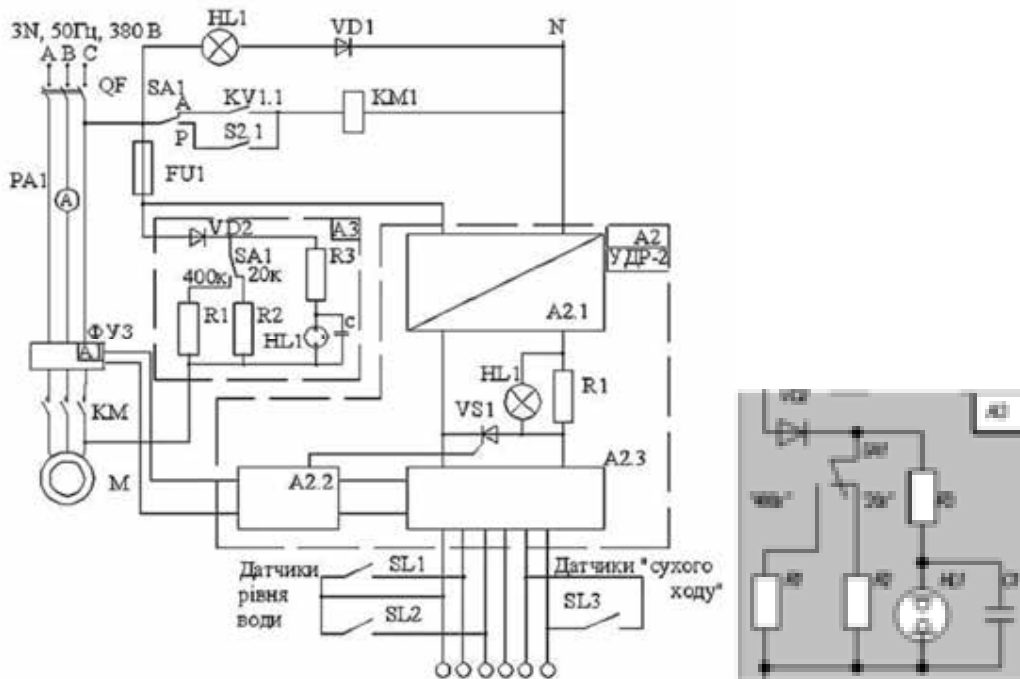
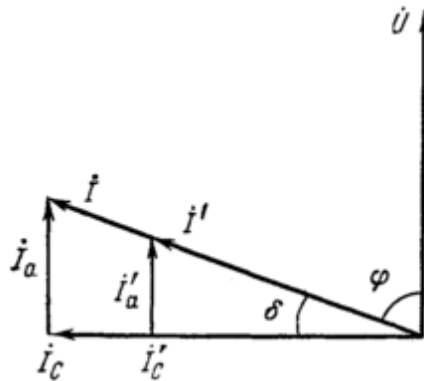


Рис. 1.10. Блок контролю ізоляції (*A3*) в схемі станції керування занурювальним електронасосним агрегатом УСУЗ

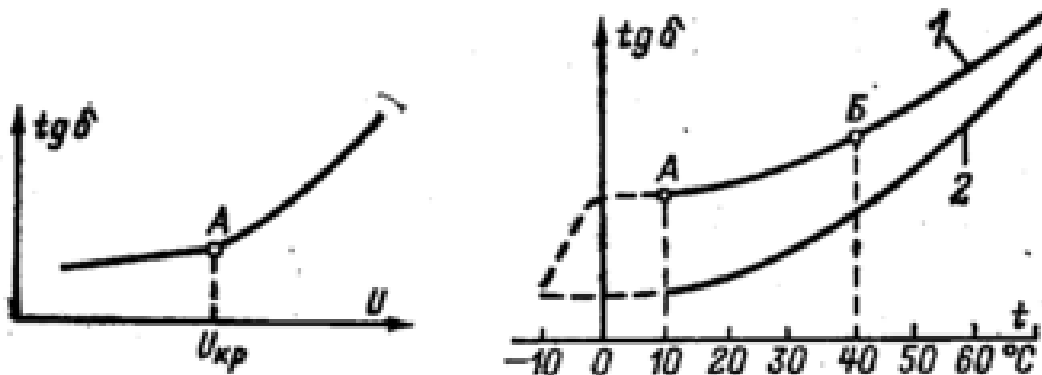
Умови роботи ізоляції на змінному струмові є більш складними, ніж на постійному, при однакових значеннях напруги змінного і постійного струму.

Характер явищ, що виникають в ізоляції, яка знаходиться під напругою змінного струму, можна пояснити, скориставшись схемою заміщення ізоляції (рис. 1.1).

У разі, коли до ізоляції прикладена напруга постійного струму, в усталеному режимі через неї протікає лише струм наскрізної провідності $I_{наскр}$. Коли ж ізоляція під'єднана до джерела змінного струму, окрім струму I протікає ще струм геометричної ємності I_{geom} та струм абсорбції $I_{абс}$.



а) векторна діаграма струмів в ізоляції у разі прикладення до неї напруги змінного струму;



б) графік залежності $tg \delta = f_1(U)$;
 $U_{кр}$ – порогова напруга іонізації

в) графік залежності $tg \delta = f_1(\theta)$;
 1 – волога ізоляція; 2 – суха ізоляція.

Рис. 1.11. Тангенс кута діелектричних втрат ($tg \delta$) в ізоляції

Повний струм I через ізоляцію є геометричною сумою трьох вказаних складових.

З іншого боку активна складова повного струму $I_{акт.}$ складається з $I_{наскр}$ та активної складової струму абсорбції $\dot{I}_{абс.}$, а ємнісна складова I_C повного струму є геометричною сумою струму заряду геометричної ємності $\dot{I}_{геом.}$ та ємнісної складової струму абсорбції $\dot{I}_{абс. ємн.}$. В ізоляції, до якої прикладена напруга змінного струму, виникають втрати електроенергії, що перетворюється на тепло. Потужність втрат, що носять назву діелектричних, можна визначити за формулою:

$$P = U \cdot \dot{I}_a = U \cdot \dot{I} \cdot \cos \varphi = U^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta = U^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (1.9)$$

де U – напруга змінного струму, що прикладена до ізоляції;

\dot{I}_a – активна складова струму через ізоляцію;

C – ємність ізоляції;

f – частота струму;

ω – кутова частота струму.

Тоді тангенс кута діелектричних втрат визначається

$$\operatorname{tg} \delta, \% = \frac{P}{\omega \cdot C \cdot U^2} \quad (1.10)$$

Діелектричні втрати в ізоляції спричиняються головним чином складовою $\dot{I}_{абс.}$, яка на змінному струмові суттєво перевищує складову $I_{наскр}$.

Тангенс кута діелектричних втрат є показником, що характеризує насамперед її зволоженість, незалежно від геометричних розмірів (із зміною розмірів діелектрика пропорційно змінюється активна і реактивна складові струму, що протікає через нього). Поряд з цим $\operatorname{tg} \delta$ дозволяє оцінити надійність ізоляції щодо можливості теплового пробою та загальне її старіння.

Зволоження ізоляції та поява інших дефектів, викликають зростання переважно активної складової струму і, відповідно, тангенса кута діелектричних втрат.

Слід зазначити, що $\operatorname{tg} \delta$ у випадку об'єктів із значними геометричними розмірами може бути лише показником середнього стану ізоляції, оскільки місцеві та зосереджені дефекти ізоляції в таких

випадках вимірюванням $tg\delta$ виявляються погано, або взагалі не виявляються.

Це можна пояснити тим, що збільшення складової $I_{акт.}$ викликається при цьому погіршенням невеликої частини об'єму ізоляції, а ємнісна складова I_C залишається практично незмінною і визначається усім об'ємом ізоляції.

Водночас вимірюванням $tg\delta$ можна виявити місцеві і зосереджені дефекти в ізоляції об'єктів відносно незначних розмірів – прохідних ізоляторів, введів, трансформаторів, силових конденсаторів, трансформаторів струму, довгих кабельних ліній, інших видів ізоляції (окрім фарфорової із-за її низької вологомісткості).

Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат входить до програм післяремонтних випробувань електрообладнання і проводиться з метою контролю рівня діелектричних втрат у трансформаторному маслі та заливочних кабельних масах.

При вимірюванні $tg\delta$ необхідно враховувати наявність електричних впливів, поверхневих забруднень та зволоження електрообладнання (особливо при вологій і туманній погоді), а також наявність заземлення металевих корпусів обладнання і металевих обмоток кабелів. Остання обставина визначає вибір схеми вимірювань.

Вимірювання $tg\delta$ проводяться із застосуванням мостів змінного струму МД-16, Р595, Р571М, Р525, Р5026 та вимірювачів ємності – Е7-8, мости вмикають за нормальною схемою, якщо обидва електроди об'єкта вимірювання ізольовані від землі, та за перевернутою схемою, якщо один із електродів об'єкта вимірювання заземлений (магнітопровід трансформатора, фланець вводу тощо).

В електроустановках напругою понад 1000 В для вимірювання тангенса кута діелектричних втрат та ємності ізоляції застосовують як «нормальну», «перевернуту» схеми, так і схему із заземленою діагоналлю (рис. 1.12.а). Міст буде урівноваженим лише у разі, коли напруги в точках А і В будуть однаковими за амплітудою і фазою.

Після урівноваження моста можна визначити ряд величин:

$$tg\delta_x = \omega \cdot r_2 \cdot C, \quad (1.11)$$

$$r_x = r_1 \cdot \frac{C}{C_{етал}}, \quad (1.12)$$

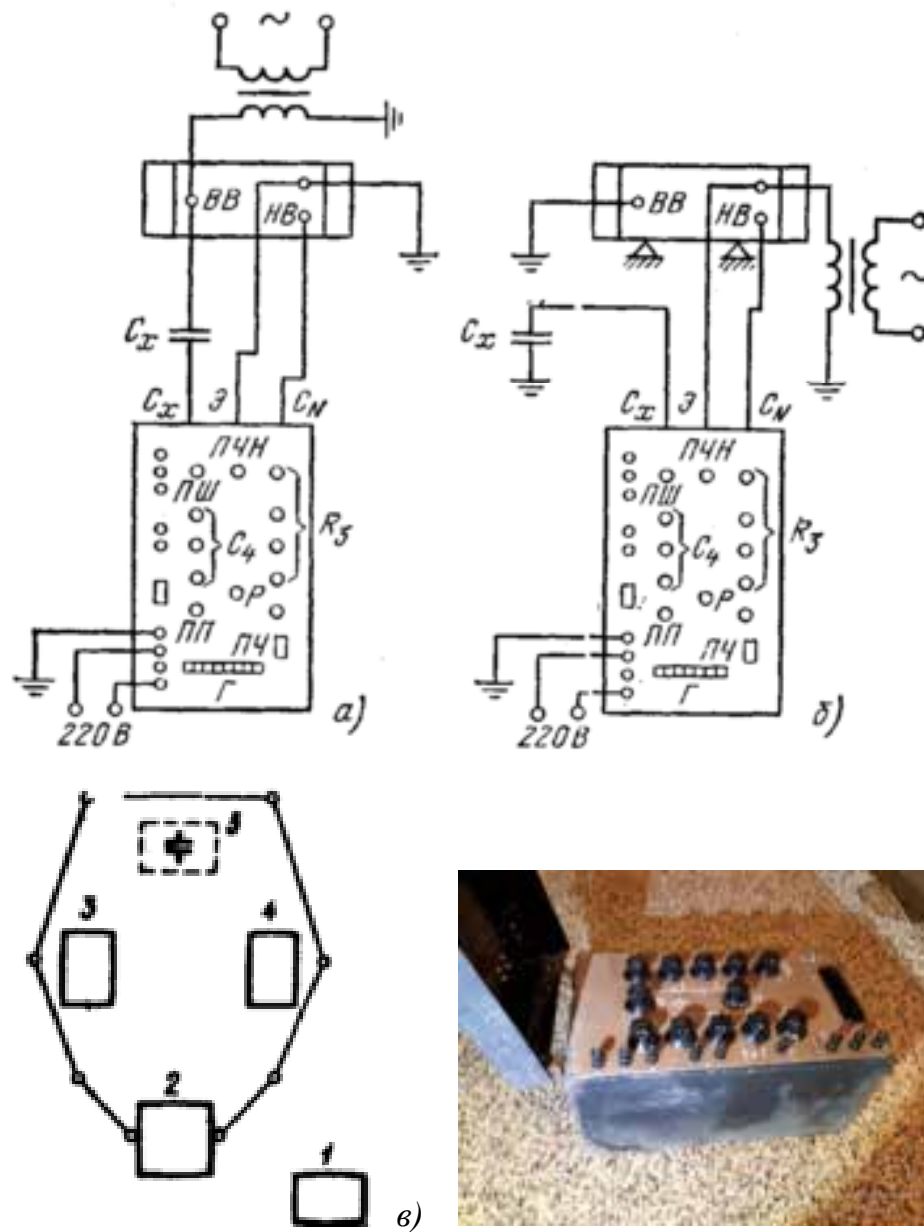


Рис. 1.12. Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$ в ізоляції:
 а) нормальна схема вмикання моста змінного струму МД-16 (обидва електроди об'єкта вимірювання C_x ізольовані від землі);
 б) «перевернута» схема вмикання моста змінного струму МД-16 (один із електродів об'єкта вимірювання C_x заземлений);
 в) – розміщення обладнання та вимірювальних приладів: 1 - регулювальний трансформатор; 2 - міст змінного струму; 3 - еталонний конденсатор; 4 - високовольтний випробувальний трансформатор; 5 - об'єкт вимірювання.

$$C_x = C_{\text{етал}} \cdot \frac{r_2}{r_1}, \quad (1.13)$$

$$P_x = \omega \cdot U^2 \cdot C_x \cdot \text{tg} \delta_x, \quad (1.14)$$

де $C_{\text{етал}}$, $C_{\text{рег}}$ і C_x – відповідно ємності еталонного, регульованого конденсаторів та об'єкта вимірювань;
 r_x , r_1 , r_2 – опори об'єкта вимірювань та резисторів $R1$, $R2$;
 P_x – потужність втрат в ізоляції;
 $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ – кутова частота струму, с^{-1} .

Під час вимірювання $\text{tg} \delta$ частота напруги, що підводиться, не повинна відхилитися від номінальної більш ніж на $\pm 0,5$ Гц.

Результати вимірювання $\text{tg} \delta$ можуть бути спотворені паразитними струмами та струмами впливів. Перші виникають під дією напруги вимірювального пристрою і протікають через його вимірювальний елемент в обхід об'єкта вимірювання. Другі протікають через вимірювальний елемент внаслідок впливу частин електроустановки, що знаходяться під напругою, особливо в мережах напругою 110 кВ і вище.

Усунути певною мірою вплив вказаних струмів на покази вимірювального пристрою можна шляхом екранування його від самого об'єкта і з'єднувальних проводів та ретельним протиранням поверхонь ізоляторів і застосуванням охоронних кілець.

Поряд з цим позбавитися від похибок, викликаних струмами впливу, при вимірюванні $\text{tg} \delta$ вводів електрообладнання на діючих станціях чи підстанціях дозволяють спеціальні методи:

- метод підбирання фази і перемикання полярності напруги, підведеної до вимірювального пристрою та полярності вимірювального елемента (гальванометра);
- метод компенсації фази напруги живлення;
- метод вимірювання $\text{tg} \delta$ при частоті випробувальної напруги, що відрізняється від частоти номінальної напруги електрообладнання.

Найпростішим, але не зовсім досконалим є перший із перелічених методів, що полягає у наступному:

- до вимірювального пристрою підводять із трьох фаз мережі дві, при яких впливи будуть найменшими;

- вимірювання проводять 4 рази:
- два рази при одній полярності напруги живлення (прямого і зворотному напрямках струму у гальванометрі);
- два рази як і у першому випадку, але при зміні на 180° фазі напруги живлення). Середнє арифметичне із чотирьох вимірювань є значення $tg \delta$ ізоляції.

Результати вимірювання $tg \delta$ залежать від температури ізоляції і з її підвищенням значення тангенса кута діелектричних втрат зростає. Якщо вимірювання під час випробувань на заводі-виробнику та на місці монтажу виконувалися при різних температурах θ_1 і θ_2 , слід застосовувати коефіцієнт перерахунку k_θ (табл. 1.2), який залежить від різниці температур (θ_1 і θ_2).

Таблиця 1.2. Значення коефіцієнта перерахунку k_θ

$\theta_2 - \theta_1$ °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
K_θ	1,15	1,31	1,51	1,75	2,0	2,3	2,65	3,0	3,5	4,0	4,6	5,3	6,1	7,0

Результати вимірювань вважаються задовільними, якщо вони відповідають нормам (додаток Г) або ж значення $tg \delta$, яке виміряне на місці монтажу електрообладнання складає не більше 130% значення, що виміряне на заводі.

Обидва показники мають бути приведені до однакової температури із застосуванням коефіцієнта k_θ .

Вимірювання $tg \delta$ обмоток трансформаторів, що знаходяться у маслі, виконується при нарузі, яка не перевищує 60% $U_{\text{випробув. завод.}}$, але не нижче 10кВ.

При випробуванні трансформаторів, не заповнених маслом, напруга не повинна перевищувати 10кВ для обмоток з номінальною напругою 35кВ і вище та $0,3U_{\text{ном}}$ для більш низьких напруг.

Як випробувальний трансформатор під час вимірювання $tg \delta$ ізоляції широко застосовують трансформатор напруги НОМ-10.

З метою забезпечення належної точності вимірювань міст та допоміжну апаратуру, що приймає участь у вимірюваннях, розміщують

якогома ближче до об'єкту вимірювань, обов'язково обладнується переносна огорожа (рис. 1.12.б).

В окремих випадках $\operatorname{tg} \delta$ вимірюють за допомогою амперметра, вольтметра і застосовують «перевернуту» схему вмикання.

Для кутів $\delta \leq 20^\circ$ у цьому випадку можна рахувати, що:

$$\operatorname{tg} \delta \approx \operatorname{tg}(90-\varphi) \approx \cos \varphi = P/S = P/(U \cdot I).$$

Тангенс кута діелектричних втрат в ізоляції трансформаторів та електричних машин вимірюється між кожною обмоткою та корпусом при заземлених виводах вільних обмоток.

З тим, щоб запобігти пробою ізоляції об'єкта при вимірюванні $\operatorname{tg} \delta$ необхідно при вимкненому вимірювальному пристрої (міст змінного струму) провести її випробування підвищеною напругою на 25% відносно значення напруги, що застосовується у схемі вимірювання.

Вимірювання $\operatorname{tg} \delta$ ізоляції силових трансформаторів у разі сушіння без масла проводиться при нарузі не вище 220 В.

Вимірювання $\operatorname{tg} \delta$ виконуються у разі отримання задовільних результатів оцінки стану ізоляції – $R_{60}; k_{abc}$; ємнісних показників $C_2/C_{50}; C_{zap}/C_{cox}, \Delta C/C$, а також задовільних результатів випробування трансформаторного масла.

Тема 1.6. Випробування ізоляції підвищеною напругою

Випробування ізоляції електротехнічного обладнання є одним із основних (заключним) випробуванням і дає можливість перевірити наявність запасу електричної міцності.

Випробування проводяться переважно на змінному струмові, однак окремі види обладнання потребують застосування установок постійного (випрямленого) струму. До того ж випробування ізоляції підвищеною напругою постійного струму дозволяє чіткіше виявити місцеві дефекти та виміряти ще один показник стану ізоляції – струми витікання (спливу).

Нормативні документи¹² регламентують ряд питань стосовно випробувань ізоляції обмоток електричних машин, трансформаторів і реакторів підвищеною напругою:

- мають бути випробувані по черзі кожне електричне незалежне коло чи паралельна вітка;
- до і після випробувань підвищеною напругою рекомендується виміряти опір ізоляції R_{60} ;
- результати випробувань підвищеною напругою вважаються задовільними, якщо при прикладанні повної випробувальної напруги не було ковзних розрядів, поштовхів струму спливу або зростання сталого значення струму пробоїв та перекриття ізоляції і якщо опір ізоляції, виміряний після випробувань залишився без змін;
- випробування напругою 1000 В промислової частоти може бути замінене вимірюванням опору ізоляції R_{60} мегаомметром на напругу 2500 В; при випробуваннях відповідальних електричних машин та кіл релейного захисту і автоматики і у випадках, обумовлених Нормами така заміна не допускається;
- при випробуваннях зовнішньої ізоляції підвищеною напругою в умовах, що відрізняються від стаціонарних (температура +20°C; абсолютна вологість 11 г/м³; атмосферний тиск 101,3 кПа) значення випробувальної напруги має визначатися з урахуванням поправочного коефіцієнта на умови випробувань; як виняток регламентовані стандарти на електрообладнання особливі умови;
- випробуванню підвищеною напругою має передувати ретельний огляд і оцінка стану ізоляції іншими методами.

1.6.1. Випробування ізоляції підвищеною напругою змінного струму.

Для проведення випробувань має бути зібрана схема (рис. 1.13), яку слід перевірити до під'єднання випробовуваного обладнання, плавно

¹ ПТЕЕС. Норми випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання і апаратів електроустановок споживачів.

² ПУЕ. Глава 1.8. Норми приймально-здавальних випробувань.

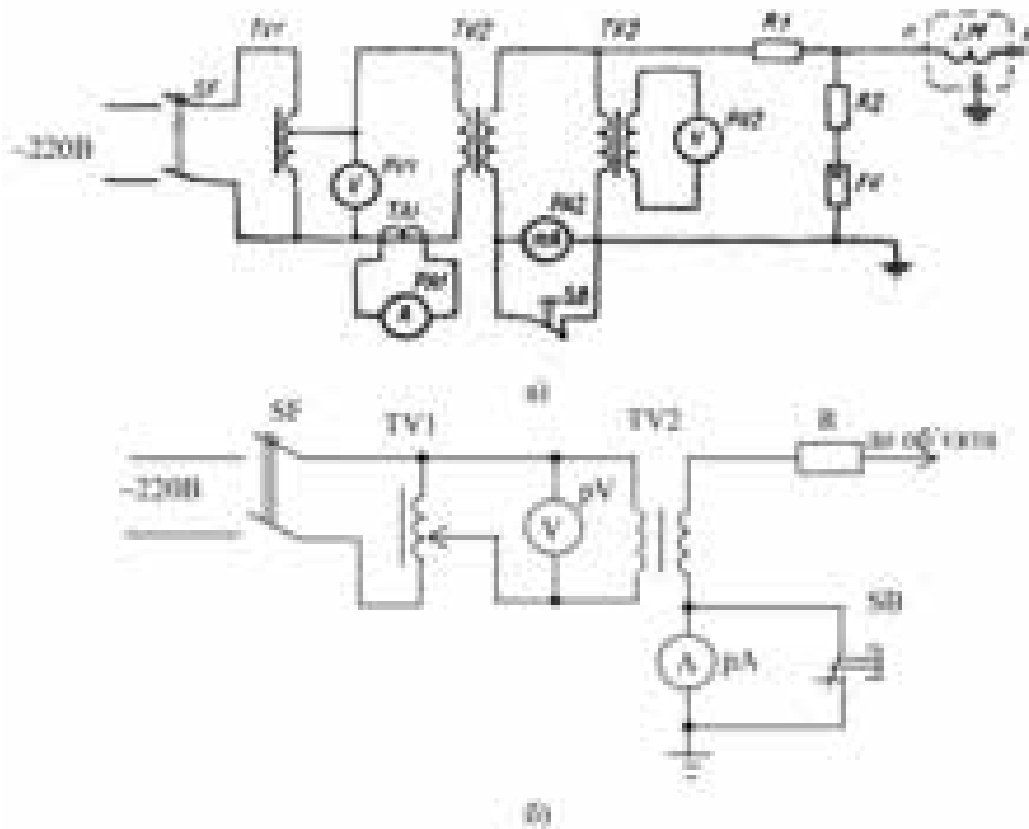


Рис. 1.13. Схеми випробувань ізоляції підвищеною напругою:
 а) електрообладнання напругою понад 1000 В;
 б) електрообладнання та кіл керування напругою до 1000 В.

піднімаючи напругу до значення, дещо вищого випробувальної напруги $U_{\text{випробув.}}$. У разі нормальної роботи схеми, обладнання і приладів, напругу плавно знижують до нуля, установку вимикають і заземлюють з боку вищої напруги з дотриманням правил техніки безпеки. Далі до установки приєднують випробовуване обладнання, знімають заземлення і приступають до проведення випробувань за встановленою технологією. Серед її вимог зокрема є наступні:

- швидкість підйому напруги не нормується до досягнення 30...40% $U_{\text{випробув.}}$, а потім не повинна перевищувати 2...3% за секунду;
- з досягненням нормованого для конкретного обладнання значення $U_{\text{випробув.}}$ (додаток Д) його утримують протягом часу, достатнього для огляду всієї ізоляції, що перебуває під напругою.

Тривалість перебування під напругою встановлюється нормативними документами і, як правило, становить:

- 5 хв для гігроскопічної ізоляції, у якої не виміряний $tg\delta$ та не визначений ступінь зволоження, з тим, щоб оцінити втрати в ізоляції за її нагрівом після випробувань;
- 1 хв для усіх інших видів ізоляції та гігроскопічної, у якої виміряний $tg\delta$ та визначений ступінь зволоження.

Напругу в схемі (рис. 1.13) вимірюють вольтметром *PVI*, проградуєваним за напругою з боку вищої напруги випробувального трансформатора.

Вимірювання з боку нижчої напруги забезпечити простіше, однак при цьому не можна досягти належної точності, оскільки вольтметр під'єднується до обмотки нижчої напруги випробувального трансформатора, а градуують його за обмоткою вищої напруги з урахуванням коефіцієнта трансформації підвищувального трансформатора у режимі неробочого ходу або при номінальному навантаженні. Похибка у вимірюваннях є тим більшою, чим більшим є навантаження на трансформатор під час випробувань у порівнянні із навантаженням, при якому градуювався вольтметр.

Ця схема вимірювань застосовується під час випробувань підвищеною напругою окремих ізоляторів, комірок КРП, електричних машин невеликої потужності та під час випробувань підвищеною напругою випрямленого струму.

Випробування потужних генераторів, електродвигунів, трансформаторів, що мають значну ємність ізоляції, потребують вимірювання напруги з боку випробовуваного об'єкта. При цьому застосовуються схеми:

- із безпосереднім увімкненням вольтметра на повну випробувальну напругу (рис. 1.14.а);
- із увімкненням вольтметра через додатковий резистор (рис. 1.14.б);
- із увімкненням вольтметра через ємнісний подільник напруги (рис. 1.14.в);
- із увімкненням вольтметра через трансформатор напруги (рис. 1.14.г);
- із приєднанням вольтметра до частини обмотки вищої напруги випробувального трансформатора (рис. 1.14.д).

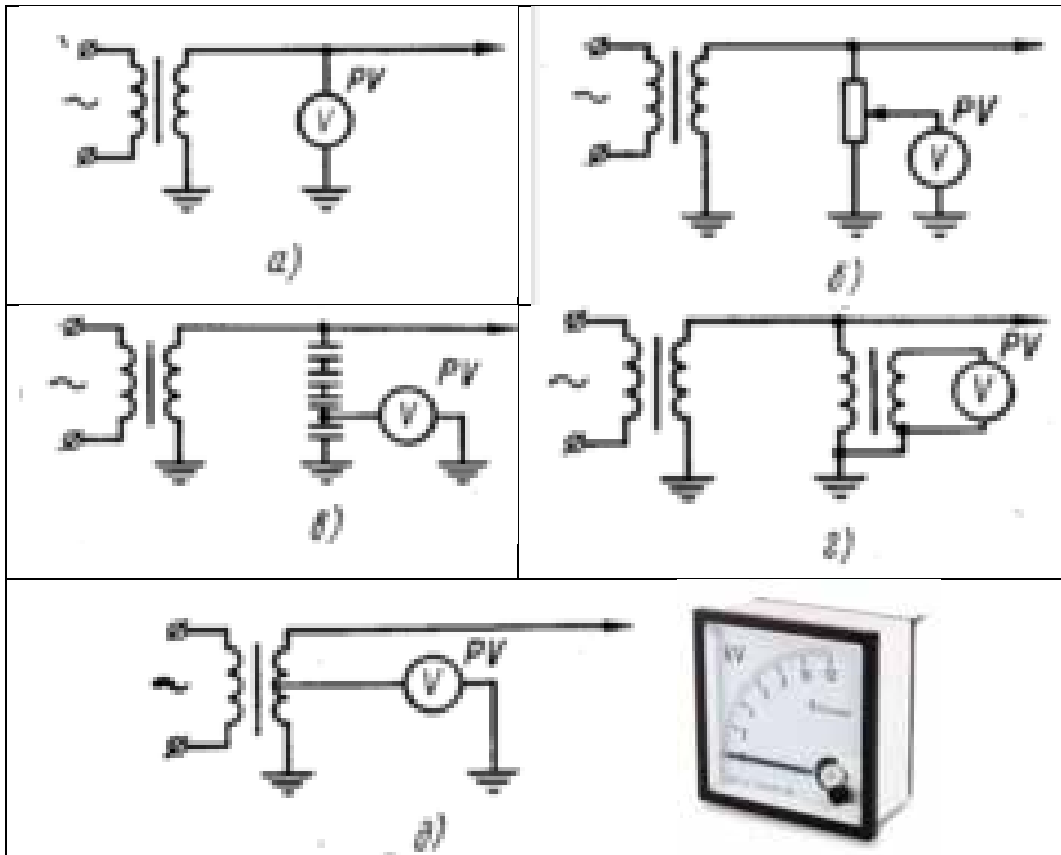


Рис.1.14. Схеми увімкнення вольтметра для вимірювання значення випробувальної напруги:

- а) на повну випробувальну напругу; б) через додатковий резистор;
- в) через ємнісний подільник напруги; г) через трансформатор напруги;
- д) до частини обмотки вищої напруги випробувального трансформатора.

Найбільш широкого застосування під час випробувань підвищеною напругою набули іскрові вольтметри, що являють собою кульовий розрядник. За відомими діаметрами куль, відстані між ними, роду струму випробувальної напруги та залежно від схеми увімкнення вольтметра можна визначити із застосуванням спеціальних таблиць пробивну напругу за нормальних умов. У коло іскрового вольтметра послідовно вмикають резистор, що обмежує струм при пробі кульового розрядника та захищає випробувальний трансформатор від перевантаження і поверхні куль від дії електричної дуги.

Застосовуються у складі схем випробування ізоляції підвищеною напругою також електростатичні вольтметри – С95, С502 на напругу до 3 кВ; С96 (рис. 1.15), С196 – на напругу до 30 кВ та С100 на напругу до 100 кВ.



Рис. 1.15. Електростатичний кіловольтметр С96.

Вказані прилади забезпечують високу точність вимірювань можуть використовуватись, як і при вимірюванні, так і при градуюванні вольтметрів, що вмикаються з боку нижчої напруги випробувального трансформатора. Електростатичні вольтметри вмикаються на випробувальну напругу або безпосередньо, або через ємнісний подільник напруги, який можна зібрати із підвісних ізоляторів.

Під час випробувань ізоляції підвищеною напругою необхідно уважно стежити за випробовуваним об'єктом з безпечної відстані, причому як при світлі, так і у темноті, щоб мати більш чітку інформацію про поведінку ізоляції (зокрема, перекриття).

Після завершення випробування підведена до об'єкта напругу плавно (протягом певного часу) знижують до 30...40% $U_{\text{випробув.}}$, а далі або продовжують її зниження з довільною швидкістю або ж вимикають наявним у схемі випробувань комутаційним апаратом.

Ізоляцію вважають придатною до експлуатації, якщо не виник її пробій (перекриття), не було зафіксовано порушень ізоляції за показами приладів – вольтметра і амперметра та не були помічені виділення диму і газу, значні ковзні розряди по поверхні, а також місцеве нагрівання після завершення випробувань.

Слід мати на увазі, що допускаються явища корони на струмовідних частинах або ж невеликі часткові розряди на поверхні ізоляторів.

Випробувальна напруга, значення якої регламентується нормативними документами, залежить від типу випробовуваного обладнання та його номінальної напруги.

Потужність випробувального трансформатора визначають за формулою:

$$S_{tr} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U^2 \cdot 10^{-9}, \quad (1.15)$$

де f – частота випробувальної напруги, Гц;

C – ємність випробовуваного об'єкта, пФ;

U – випробувальна напруга, кВ.

Струм $I_{випробув}$ [А] через ізоляцію під час випробувань можна розрахувати за формулою:

$$I_{випробув} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U \cdot 10^{-9}. \quad (1.16)$$

Під час випробувань ізоляції підвищеною напругою використовуються випробувальні трансформатори: - типу НОМ (100...500 кВ; 25...500 кВА); НОМ (15...35 кВ; 5...50 кВА).

Випробувальні трансформатори слід вмикати на лінійну напругу з тим, щоб запобігти появі вищих гармонік.

Як регульовальні пристрої знаходять застосування автотрансформатори та індукційні регулятори.

Випробування ізоляції підвищеною напругою постійного (випрямленого) струму проводять за допомогою установок, до складу яких входять підвищувальний трансформатор та випрямляч (кенотронний або напівпровідниковий).

Технологія проведення випробувань загалом така, як і на змінному струмові, щоправда слід обов'язково здійснювати розрядання випробовуваного об'єкта після вимкнення випробувальної установки. Дещо більшою є тривалість випробувань напругою постійного струму – різна для різних видів обладнання. Під час випробувань поряд із випробувальною напругою вимірюють також струм витікання (спливу). При цьому можливі два варіанти увімкнення міліамперметра:

- з боку заземлювальної частини випробовуваного об'єкта – вимірюється сума струмів спливу об'єкта та випробувальної установки; струм спливу останньої можна визначити,

піднявши напругу до значення $U_{випробує}$ при від'єданому об'єкті і потім вирахувати струм його спливу;

- з боку підведення високої напруги – вимірюється струм спливу лише об'єкта випробувань, але оскільки міліамперметр перебуває під повною випробувальною напругою, виникають труднощі з його ізоляцією та екрануванням.

В умовах виробництва знаходить застосування спеціалізоване обладнання для випробувань ізоляції підвищеною напругою – апарат випробування ізоляції АИИ-70М (рис. 1.15), АИД-70М (додаток Д), установка Р-0,5, випробувально-пошуковий комплекс ИПК-10, лабораторії високовольтних випробувань на базі автомобілів.

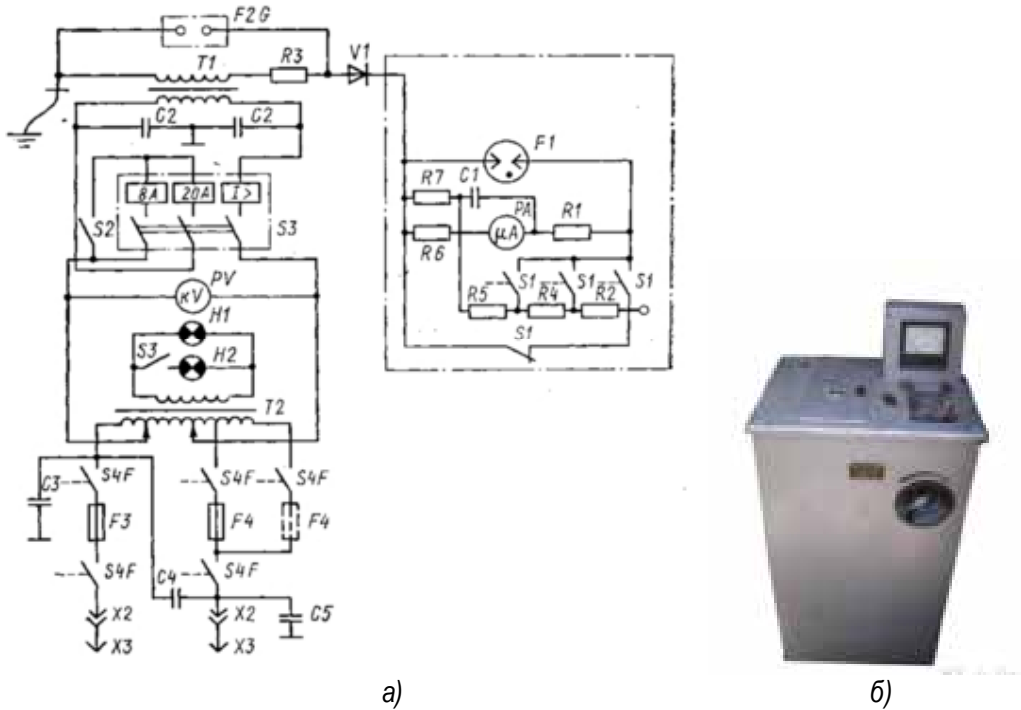


Рис. 1.15. Апарат випробування ізоляції АИИ-70М:
а) схема електрична принципова; б) зовнішній вигляд.

Додаток А

Таблиця А.1. Допустимі значення опору ізоляції
(ПУЕ, гл. 1.8. Норми приймально-здавальних випробувань)

Випробовуваний об'єкт	Напруга мегаомметра, В	Опір ізоляції
Обмотки машин постійного струму: - за номінальної напруги обмотки до 0,5 кВ - за номінальної напруги обмотки, вищої ніж 0,5 кВ	500 1000	За температури навколишнього повітря від 10°C до 30°C не менше ніж 0,5 МОм.
Обмотка статора асинхронного електродвигуна змінного струму напругою до 1 кВ	1000	За температури навколишнього повітря від 10°C до 30°C не менше 0,5 МОм
Обмотка ротора асинхронного електродвигуна з фазним ротором	500	За температури навколишнього повітря від 10°C до 30°C не менше 0,2 МОм

Найменші допустимі значення опору ізоляції обмоток силового трансформатора на напругу до 35 кВ, залитих маслом

Потужність трансформатора	Значення R_{60}'' , МОм, за температури ізоляції, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
До 6300 кВ·А	450	300	200	130	90	60	40
10 000 кВ·А і більше	900	600	400	260	180	120	80

Примітка. Значення R_{60}'' відносяться до всіх обмоток даного трансформатора.

Опір ізоляції обмоток вимірюють мегаомметром на напругу 2,5 кВ.
Вимірювання опору ізоляції обмоток виконують за температури ізоляції, °С:
– для трансформаторів на напругу до 35 кВ – не нижчої ніж 5.

Опір ізоляції трансформаторів струму

Клас напруги трансформаторів, кВ	Допустимі значення опору ізоляції, МОм, не менше			
	Основна ізоляція	Вимірювальний вивід	Вторинні обмотки*)	Проміжні обмотки
3 – 35	1000	–	50 (1)	–

*)Значення опору ізоляції вторинних обмоток наведено: без дужок – за від'єднаних вторинних кіл, у дужках – з приєднаними вторинними колами.

Вимірювання опору основної ізоляції та ізоляції вимірювального виводу трансформаторів струму проводять мегаомметром на напругу 2,5 кВ.

Опір ізоляції трансформаторів напруги

Клас напруги трансформаторів, кВ	Допустимі значення опору ізоляції, МОм, не менше		
	Основна ізоляція	Вторинні обмотки*)	Зв'язуючі обмотки
3 – 35	50	50 (1)	–

*) Значення опору ізоляції вторинних обмоток наведено: без дужок – за від'єднаних вторинних кіл, у дужках – з приєднаними вторинними колами.

Вимірювання опору ізоляції первинної обмотки трансформаторів напруги проводять мегаомметром на напругу 2,5 кВ.

Вимірювання опору ізоляції вторинних обмоток, а також зв'язуючих обмоток каскадних трансформаторів напруги проводять мегаомметром на напругу 1,0 кВ.

<p>Опір ізоляції опорних та рухомих частин вакуумного вимикача, виконаних із органічних матеріалів. Значення опору ізоляції полюса вимикача відносно його корпусу має бути не менше ніж 3000 МОм. Вимірювання проводять мегаомметром на напругу 2,5 кВ.</p>		
Випробовуваний об'єкт	Напруга мегаомметра, В	Опір ізоляції, МОм
<p>Вторинні кола керування, захисту, вимірювання, сигналізації і т. д. - в електроустановках напругою понад 1 кВ: - шини оперативного струму та шини кіл напруги на щиті керування</p>	500-1000	10
- кожне приєднання вторинних кіл та кіл живлення приводів вимикачів і роз'єднувачів	500-1000	1
Те ж, але в релейно-контактних схемах установок напругою до 1 кВ	500-1000	0,5
Силові і освітлювальні проводки	1000	0,5
Розподільні пристрої, щити і струмопроводи напругою до 1 кВ	500-1000	0,5
<p>Силові кабельні лінії напругою: - до 1 кВ - понад 1 кВ</p>	<p>Опір ізоляції вимірюють мегаомметром на напругу 2,5 кВ протягом 1 хв до і після випробування кабелю підвищеною напругою</p>	<p>Не менше 0,5 Не нормується</p>

Додаток Б

Таблиця Б.1. Допустимі значення опору ізоляції
(ПТЕЕС. Додаток 2. Основні нормативно-технічні показники,
які використовуються при проведенні випробувань та вимірювань параметрів
електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів)

Найменші допустимі значення опору ізоляції R_{60} обмоток трансформатора на напругу до 35 кВ потужністю до 10 МВ·А після капітального ремонту

Температура обмотки, °C	10	20	30	40	50	60	70
Значення R_{60} , МОм	450	300	200	130	90	60	40

Примітка. Значення R_{60} відносяться до всіх обмоток даного трансформатора

Таблиця 41. Допустимі значення опору ізоляції електродвигунів змінного струму

Випробний елемент	Періодичність вимірювання	Значення напруги мегаомметра, кВ	Допустимі значення опору ізоляції, МОм	Примітка
Обмотка статора	К, Т*	0,5/1,0/2,5**	Для електродвигунів, які знаходяться в експлуатації, допустимі значення опору ізоляції R_{60} і коефіцієнт абсорбції не нормуються , але їх треба враховувати у разі вирішення питання про необхідність їх сушіння	Під час експлуатації визначення коефіцієнта абсорбції R_{60} / R_{15} обов'язкове лише для електродвигунів на напругу, вищу ніж 3 кВ, або потужністю, більшою ніж 1000 кВт

* Вимірюють під час поточних ремонтів, якщо для цього не потрібно проводити спеціальні демонтажні роботи.

** Значення опору ізоляції вимірюють за номінального значення напруги обмотки до 0,5 кВ мегаомметром на 0,5 кВ; за номінального значення напруги обмотки в межах 0,5 кВ - 1 кВ - мегаомметром на 1,0 кВ, а за номінального значення напруги, вищого ніж 1 кВ, - мегаомметром на 2500 В.

**Мінімально допустимий опір ізоляції електроустановок, апаратів,
вторинних кіл та електропроводки**

Найменування випробного елемента	Напруга мегаомметра, В	Значення опору ізоляції, МОм	Вказівки
1.Електровироби та апарати на напругу, В:		Повинен відповідати даним, наведеним у паспорті або ТУ на конкретний вид виробу, але не менше ніж 0,5	Цей пункт поширюється на К та П автоматичних і неавтоматичних вимикачів, контакторів, магнітних пускачів, реле, контролерів, запобіжників, резисторів, реостатів та інших апаратів на напругу до 1 кВ, якщо вони були демонтовані. Випробування недемонтованих апаратів, а також їх міжремонтні випробування проводяться відповідно до вимог і періодичності вимірювань розподільних пристроїв, щитів, силових, освітлювальних або вторинних кіл
до 50	100		
понад 50 до 100	250		
понад 100 до 380	500-1000		
понад 380	1000 - 2500		У разі відсутності додаткових вимог підприємства-виробника значення опору ізоляції апаратів з напівпровідниковими елементами вимірюється мегаомметром на напругу 100 В. У цьому випадку діоди, транзистори та інші напівпровідникові елементи необхідно зашунтувати
2. Ручний електроінструмент і переносні світильники з допоміжним обладнанням (трансформатори перетворювачі частоти, пристрої, кабелі-подовжувачі тощо), зварювальні трансформатори	500	Після капітального ремонту: між деталями, що перебувають під напругою: для робочої ізоляції - 2 ; для додаткової - 5 ; для підсиленої - 7 . В експлуатації: 0,5 ; для виробів класу II - 2	Для інструмента вимірюється значення опору ізоляції обмоток та кабелю живлення відносно корпусу та зовнішніх металевих деталей; у трансформаторів між первинною та вторинною обмотками і між кожною з обмоток та корпусом не рідше ніж один раз на 6 місяців

3. Стационарні електроплити	1000	1,0	Вимірювання здійснювати не рідше ніж один раз на рік у нагрітому стані плити
4. Крани та ліфти	1000	0,5	Вимірювання здійснювати не рідше ніж один раз на рік
5. Силові й освітлювальні електропроводки	1000	0,5	<p>Значення опору ізоляції при знятих плавких вставках вимірювати на ділянці між суміжними запобіжниками або за останніми запобіжниками між будь-яким проводом та землею, а також між двома будь-якими проводами. Під час вимірювання опору ізоляції в силових колах повинні бути вимкнуті електроприймачі, прилади тощо. Під час вимірювання опору ізоляції в освітлювальних колах лампи повинні бути викручені, а штепсельні розетки та вимикачі приєднані.</p> <p>Значення опору ізоляції електропроводки в особливо небезпечних приміщеннях слід вимірювати не рідше ніж один раз на рік, в вибухонебезпечних а пожежонебезпечних зонах, а також в приміщеннях з масовим перебуванням людей – один раз на 3 роки, в інших випадках (крім житлових будинків) - один раз на 6 років.</p> <p>Для населення вимірювання опору ізоляції проводиться при вводі мережі електричного освітлення в роботу або у разі її реконструкції.</p> <p>Надалі - на вимогу споживача</p>
6. Вторинні кола розподільних пристроїв, щитів і струмопроводів	1000-2500	0,5	Вимірювання слід здійснювати для кожної секції розподільного пристрою. За можливості такі вимірювання дозволяється виконувати одночасно з випробуванням електроустановок силових та освітлювальних кіл, приєднаних до пристроїв, щитів або струмопроводів

<p>7. Вторинні кола керування, захисту, вимірювання, автоматики, сигналізації, телемеханіки, особливо відповідальних вторинних кіл тощо</p>			<p>У схемах керування, захисту, вимірювання, автоматики, сигналізації та телемеханіки допускається не проводити вимірювання опору ізоляції, якщо для перевірки потрібен значний обсяг підготовчих робіт і ці кола захищені запобіжниками або розчіплювачами, що мають обернено залежні від сили струму характеристики. Перевірку стану таких кіл, приладів і апаратів необхідно здійснювати шляхом ретельного зовнішнього огляду не рідше ніж один раз на рік. У разі заземленої нейтралі огляд здійснюється одночасно з перевіркою спрацьовування захисту відповідно до пункту 4 таблиці 27 додатка 1 до цих Правил</p>
<p>7.1. Шини постійного струму і напруги на щиті керування та у розподільних пристроях (особливо відповідальні вторинні кола)</p>	<p>1000-2500</p>	<p>10</p>	<p>Випробування слід проводити при від'єднаних вторинних колах</p>
<p>7.2. Кожне приєднання вторинних кіл і кіл живлення приводів вимикачів та роз'єднувачів</p>	<p>1000-2500</p>	<p>0,5 - в електроустановках до 1 кВ, 1,0 - в електроустановках понад 1 кВ</p>	<p>Випробування слід здійснювати на всіх приєднаних апаратах (котушки приводів, контактори, реле, прилади, вторинні обмотки ТС та ТН тощо)</p>
<p>7.3. Кола керування, захисту, автоматики і збудження машин постійного струму напругою до 1,0 кВ, приєднаних до силових кіл.</p>	<p>1000-2500</p>	<p>0,5 - в електроустановках до 1 кВ, 1,0 - в електроустановках понад 1 кВ</p>	<p>Значення опору ізоляції кіл напруги до 60 В, що нормально живляться від окремого джерела, вимірюється мегаомметром на 500 В і повинно бути не нижче ніж 0,5 МОм</p>

8. Вторинні кола, які містять пристрої з мікроелектронними елементами, що розраховані на робочу напругу, В:			Вимірювання опору ізоляції здійснювати згідно з указівками підприємства-виробника і за необхідності ужити додаткових заходів (закорочувати окремі елементи, ділянки схеми тощо)
до 30	100	1,0	
30-60	250	1,0	
понад 60	500	1,0	

Додаток В

Таблиця В.1. Найбільші допустимі значення C_2/C_{50} ізоляції обмоток трансформаторів у маслі

(ПТЕЕС. Додаток 2. Основні нормативно-технічні показники, які використовуються при проведенні випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів)

Характеристика трансформатора	Значення C_2/C_{50} обмоток трансформаторів у маслі при температурі, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
Напругою до 35 кВ включно незалежно від потужності	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Напругою 110...150 кВ незалежно від потужності	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Напругою понад 150 кВ	Не нормується						

Таблиця В.2. Найбільші допустимі значення $\Delta C/C, \%$ ізоляції обмоток трансформаторів напругою 110 кВ і вище

(ПТЕЕС. Додаток 2. Основні нормативно-технічні показники, які використовуються при проведенні випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів)

Характеристика трансформатора	Значення $\Delta C/C$, обмоток трансформаторів без масла при температурі, °С				
	10	20	30	40	50
Напругою 110 кВ і вище незалежно від потужності - відношення $\Delta C/C$	8	12	18	29	44
- приріст відношень $\Delta C/C$, виміряних у кінці і на початку ремонту (приведених до однакової температури)	3	4	5	8,5	13

Додаток Д

Найбільші допустимі значення tgδ ізоляції електрообладнання і трансформаторного масла

(ПУЕ, гл. 1.8. Норми приймально-здавальних випробувань)

Таблиця Д.1. Найбільші допустимі значення tgδ ізоляції обмоток трансформаторів на напругу 35 кВ потужністю 10000 кВА і більше, залитих маслом

Назва показника	Значення						
Температура ізоляції, °С	10	20	30	40	50	60	70
Значення tgδ, %	0,8	1,0	1,3	1,7	2,3	3,0	4,0
Примітка. Значення tg δ відносяться до всіх обмоток даного трансформатора.							

Вимірювання tg δ ізоляції обмоток виконують за температури ізоляції, °С: для трансформаторів на напругу до 150 кВ – не нижчої ніж 10°С.

Таблиця Д.2. Граничні значення tgδ основної ізоляції обмоток трансформаторів струму за температури ізоляції 20°С

Тип ізоляції	Граничні значення tgδ, %, ізоляції трансформатора струму на номінальну напругу, кВ						
	35	110	150	220	330	500*)	750*)
Паперово-масляна ланкового типу	2,2	2,2	1,65	1,1	–	1,1	–
Паперово-масляна конденсаторного типу (кабельно-конденсаторна)	150 % від вимірюного на підприємстві-виробнику, але не більше ніж 0,5						

*) Норму надано для одного блока каскадного трансформатора струму.

Таблиця Д.3. Гранично допустимі значення tgδ, % трансформаторного масла, не більше

Умови вимірювання	Свіже сухе масло перед заливанням до обладнання			
	За ГОСТ 982-80 марки ТК _п	За ГОСТ 10121-76	За ТУ-38-1-182-68	За ТУ-38-1-1-239-69
При 20°С	0,2	0,2	0,05	-
При 70°С	1,5	2,0	0,7	0,3
При 90°С	-	-	1,5	0,5
Умови вимірювання	Масло безпосередньо після замірювання до обладнання			
	За ГОСТ 982-80 марки ТК _п	За ГОСТ 10121-76	За ТУ-38-1-182-68	За ТУ-38-1-1-239-69
При 20°С	0,4	0,4	0,1	-
При 70°С	2,0	2,5	1,0	0,5
При 90°С	-	-	2,0	0,7

Таблиця Д.4. Найбільші допустимі значення $\text{tg}\delta, \%$ ізоляції обмоток трансформаторів у маслі
 (ПТЕЕС. Додаток 2. Основні нормативно-технічні показники, які використовуються при проведенні випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів)

Трансформатори	Значення $\text{tg}\delta, \%$ при температурі ізоляції обмоток, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
Напругою 35 кВ понад 10000 кВА і 110...150 кВ всіх потужностей	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0

Додаток Е

Апарат випробування діелектриків цифровий АИД-70Ц



Апарат АИД-70Ц призначений для вимірювання електричної міцності ізоляції силових високовольних кабелів, електроізоляційних матеріалів і пристроїв, що працюють у складі електричних установок високої напруги.

АИД-70Ц може використовуватися як джерело високої напруги змінного і постійного струму.

Застосовувана в апараті мікропроцесорна система обробки сигналів і керування силовою частиною дозволила підвищити точність вимірювання і наділити АИД-70Ц новими функціями для зручності роботи з апаратом.

В апараті використовується двоконтурна система стабілізації, що дозволяє підвищити точність підтримання напруги на заданому рівні і виключити можливі коливання. Це стало можливим завдяки роздільному відстеженню коливань напруги електроживлення і напруги, пов'язаної зі зміною струму навантаження. Система керування відстежує можливі зміни і оптимізує сигнал керування автотрансформатором.

Особливості апарату АИД-70Ц, що відрізняють його від пропонованої на ринку апаратури подібного призначення:

- діапазон вимірювання сили змінного струму - від 0,2 до 50 мА;
- наявність вбудованої пам'яті, що дозволяє записувати параметри п'яти видів випробувань, що найбільш часто проводяться (ізолятори, розрядники, вимикачі, кабелі 6,3 кВ, кабелі 10 кВ тощо);
- можливість вибору між ручним і автоматичним режимом роботи, останній передбачає завдання оператором величини випробувальної напруги з кроком 1 кВ, швидкості підйому випробувальної напруги, напруги і струму спрацьовування захисту, часу проведення випробування;

- виведення всієї необхідної інформації про параметри і результати випробувань на яскравий шестидюймовий рідкокристалічний дисплей;
- керування апаратом здійснюється енкодером, оператор легко може встановити за допомогою вбудованого меню користувача режими випробувань і змінити необхідні налаштування точності апарату, наприклад, під час проходження чергової держпівірки;
- можливість виведення протоколу випробувань на друк (опціонально);
- пульт апарату виконаний в зручному пластиковому корпусі з лямкою для транспортування;
- надійна вбудована система швидкого зняття залишкової напруги;
- світлодіодний індикатор і звукова сигналізація про наявність залишкової напруги;
- порівняно компактні габарити і низька маса апарату - маса генератора високовольтного 35 кг, пульта керування 15 кг.

Технічні характеристики апарата АИД-70 Ц

Діапазон регулювання напруги (постійного / змінного струму), кВ	2-70 / 2-50
Максимальний робочий струм при постійній / змінній напрузі, мА	0-10 / 0-50
Безпосереднє вимірювання напруги на навантаженні з відносною (абсолютною) похибкою, %	не більше 3
Захист від перевищення максимальної напруги і струму навантаження	✓
Межі вимірювання струму на додатковому діапазоні для змінного / постійного струму, мкА	0-2000 /0-1000
Живлення	Мережа змінного струму 220±22 В, 50 Гц

РОЗДІЛ 2. ПЕРЕВІРКИ І ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАЗЕМЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Основними параметрами, які характеризують **заземлювальний пристрій (ЗП)**, є:

- опір (якщо ЗП виконано за нормами на опір);
- напруга дотику (якщо ЗП виконано за нормами на напругу дотику);
- напруга на ЗП при стіканні з нього струму замикання на землю;
- опір контактних з'єднань.

Додаткові характеристики стану заземлювального пристрою:

- конструкційне виконання;
- якість та надійність з'єднань елементів заземлювального пристрою;
- корозійний стан елементів заземлювального пристрою.



Тема 2.1. Вимоги ПУЕ щодо заземлювальних пристроїв

2.1.1. Заземлювальні пристрої електроустановок напругою до 1 кВ у електричних мережах із глухозаземленою нейтраллю.

ПУЕ (п.1.7.91) встановлюють, що «в електроустановках з глухозаземленою нейтраллю нейтральну або середню точку чи один з виводів джерела живлення необхідно надійно приєднувати до заземлювача за допомогою заземлювального провідника.

Не допускається використовувати *PEN-* (*PE-* або *N-*)-провідники, які з'єднують нейтраль з розподільним щитом, як заземлювальні.

Якщо в *PEN*-провіднику, який з'єднує нейтраль джерела трифазного струму з шиною *PEN* розподільного щита напругою до 1 кВ, встановлено трансформатор струму, то заземлювальний провідник слід приєднувати не до нейтралі джерела безпосередньо, а до *PEN*-провідника і, за можливості, відразу за трансформатором струму. У такому випадку поділ *PEN*-провідника на *PE-* і *N-*провідники в системі *TN-S* слід виконувати також поза трансформатором струму. Трансформатор струму треба розташовувати якомога ближче до виводу нейтралі джерела живлення.

Вивід *PEN* або *N-* провідника від нейтралі джерела на розподільний пристрій слід здійснювати: у разі виводу фаз шинами – шиною на ізоляторах; у разі виводу фаз кабелем (проводом) – жилою кабелю (проводу)».

Значення опору заземлювального пристрою встановлені ПУЕ у п.1.7.92, а саме: «опір заземлювального пристрою, до якого приєднано **нейтраль джерела живлення** або виводи джерела однофазного струму, у будь-яку пору року не повинен перевищувати 2, 4 і 8 Ом відповідно для лінійних напруг 660, **380** і 220 В джерела трифазного струму або 380, **220** і 127 В джерела однофазного струму. **Цей опір необхідно забезпечувати з урахуванням використання всіх заземлювачів, приєднаних до *PEN-* (*PE-*)- провідника, якщо кількість відхідних ліній не менше двох. Лінія з найбільшою кількістю заземлювачів, приєднаних до *PEN-* (*PE-*)- провідника, не враховується. Опір заземлювача, до якого безпосередньо приєднують нейтраль джерела трифазного струму або виводи джерела однофазного струму, має бути не більшим за 15, **30** і 60 Ом відповідно для лінійних напруг 660, **380** і 220 В джерела трифазного струму або 380, **220** і 127 В джерела однофазного струму (див. також п. 1.7.96 ПУЕ)».**

У п.1.7.93 ПУЕ наведені наступні вимоги: «на початках та на кінці повітряних ліній електропередавання як з неізольованими, так і з самоутримними ізольованими проводами або відгалужень від них довжиною понад 200 м слід влаштовувати **повторні заземлення *PEN-* (*PE-*)-провідника** зі значенням опору згідно з п.1.7.95. У першу чергу необхідно використовувати природні заземлювачі (підземні

частини залізобетонних і металевих опор), а також заземлювачі, призначені для захисту від грозових перенапруг (див. главу 2.4 ПУЕ).

Зазначені повторні заземлення виконують тільки в тому разі, якщо на повітряних лініях відсутні заземлювачі, призначені для захисту від грозових перенапруг, або їх недостатньо для виконання умови, зазначеної в п. 1.7.95.

Повторні заземлення *PEN*-провідника в мережах постійного струму слід влаштовувати із застосуванням окремих штучних заземлювачів. Вони не повинні мати металевих з'єднань з підземними трубопроводами».

На вводі до електроустановки будинку (будівлі), в якій для захисту від непрямого дотику застосовується автоматичне вимкнення живлення, за рішенням власника будинку (будівлі) рекомендовано влаштовувати повторне заземлення *PEN*- (*PE*)-провідника, опір якого має бути не більше ніж 30 Ом (п.1.7.94 ПУЕ). Для цього, перш за все, слід використовувати природні заземлювачі (арматуру фундаменту, з'єднану між собою безперервно – для будинків, що проектуються чи будуються) та заземлювачі грозозахисту будинку. Якщо грозозахист будинку не виконується і безпосередньо біля нього відсутні природні заземлювачі, то роль повторного заземлювача на вводі до електроустановки будинку може виконувати повторний (грозозахисний) заземлювач *PEN*- (*PE*)-провідника, встановлений на повітряній лінії живлення, якщо відстань між ним і ввідно-розподільним пристроєм електроустановки не перевищує 60 м.

Установлена на фасаді будинку або на опорі ПЛ будь-яка металева шафа з електрообладнанням, яка обслуговується безпосередньо з поверхні землі(наприклад шафа на вводі в будинок з комутаційно-захисним пристроєм і лічильником електроенергії), повинна бути з'єднана з *PE*-провідником електроустановки і провідником **системи вирівнювання потенціалів**³, яка виконується шляхом закладання в землю (на глибину 0,5 – 0,7 м і відстань 1 метр від шафи) провідника із чорної сталі діаметром, не меншим ніж 10 мм.

³ **Захисне вирівнювання потенціалів** - зниження напруги дотику і (або) напруги кроку шляхом укладання в землю чи в провідну підлогу або на їх поверхні провідних частин, приєднаних до заземлювального пристрою, або шляхом застосування спеціального покриття землі (підлоги) (ПУЕ, п.1.7.37).

У разі асфальтного або бетонного покриття землі закладення в землю провідника для вирівнювання потенціалів можна не виконувати.

Пункт 1.7.95 ПУЕ встановлює, що: «сумарний опір всіх заземлювачів, приєднаних до *PEN*-провідника кожної лінії, у тому числі природних заземлювачів, у будь-яку пору року не повинен перевищувати 5, **10** і 20 Ом відповідно для лінійної напруги 660, **380** і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму. Опір кожного з повторних заземлювачів має бути не більшим ніж 15, **30** і 60 Ом відповідно для тієї самої напруги (див. також п. 1.7.96)».

Деталізує інформацію, що міститься у п.1.7.96 ПУЕ, п.1.7.96: «у районах з питомим опором землі $\rho > 100$ Ом·м допускається одночасно збільшувати зазначені в п.1.7.92 і п.1.7.95 значення опору заземлення в 0,01ρ разів, але не більше, ніж в 10 разів, за винятком мереж, в яких заземлювальний пристрій, до якого приєднано нейтраль джерела живлення, використовують одночасно для електроустановок напругою до і понад 1 кВ. В останньому випадку збільшення опору можливе лише до значення, за яким напруга на заземлювальному пристрої не перевищує допустиму напругу, наведену в табл. 4.3 (табл. 1.7.3 ПУЕ)».

2.1.2. Заземлювальні пристрої електроустановок напругою до 1 кВ у електричних мережах із ізольованою нейтраллю.

ПУЕ (п.1.7.97) встановлюють, що: «опір заземлювального пристрою R , Ом, який використовують для захисного заземлення відкритих провідних частин в електроустановках з ізольованою нейтраллю, у разі одиничного замикання струмовідної частини на заземлену, має відповідати умові:

$$R \leq \frac{U_0}{I}, \quad (2.1)$$

де U_0 – допустима напруга дотику, значення якої в приміщеннях без підвищеної небезпеки приймають для електроустановок змінного струму – **50 В**, а для постійного – 120 В (див. також п. 1.7.56);

I – повний струм замикання на землю (на заземлену провідну частину), А.

Виконання зазначеної умови можна не перевіряти, якщо опір заземлювального пристрою R не перевищує:

- 4 Ом в електроустановках змінного струму в разі потужності джерела живлення більшої, ніж 100 кВ·А;
- 10 Ом в електроустановках змінного струму в разі потужності джерела живлення або сумарної потужності паралельно працюючих джерел живлення до 100 кВ·А і у всіх електроустановках постійного струму».

2.1.3. Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричних мережах із ізольованою, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю.

Відповідно до вимог ПУЕ (п 1.7.98): «в електроустановках напругою понад 1 кВ електричної мережі з ізольованою, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю опір заземлювального пристрою R , Ом, у разі проходження розрахункового струму замикання на землю у будь-яку пору року з урахуванням опору природних заземлювачів, має бути:

1) у разі використання заземлювального пристрою одночасно для електроустановок напругою до 1 кВ, в яких N -, PEN - (PE)-провідники виходять за межі цього заземлювального пристрою:

$$R \leq \frac{U_o}{I_p}, \quad (2.2)$$

де U_o – допустима напруга на заземлювальному пристрої, В;

I_p – розрахунковий струм замикання на землю, А (п. 1.7.99 ПУЕ).

Для електроустановок, в яких захист від замикання на землю діє на сигнал, значення U_o приймають 67 В, а для електроустановок, в яких захист діє на автоматичне відключення приєднання із замиканням на землю, U_o визначають залежно від тривалості замикання на землю в електроустановці напругою понад 1 кВ (табл. 2.1) (табл. 1.7.3 ПУЕ).

За розрахункову тривалість замикання на землю слід приймати суму часу дії захисту і повного часу вимикання вимикача.

У всіх випадках, незалежно від дії захисту в разі замикання на землю в електроустановках напругою понад 1 кВ опір заземлювального пристрою має також відповідати вимогам п.1.7.92 і п.1.7.97 для електроустановок напругою до 1 кВ.

Таблиця 2.1. Залежність допустимої напруги на заземлювальному пристрої, який одночасно використовують для електроустановок до і понад 1 кВ, від тривалості замикання на землю в електроустановках напругою понад 1 кВ з ізолюваною, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю

Допустима напруга на заземлювальному пристрої $R \times I_p$, В	67			70	75	90	100	110
Тривалість замикання на землю, с	Захист діє на сигнал			3	2	1	0,8	0,6
Допустима напруга на заземлювальному пристрої $R \times I_p$, В	140	200	330	460	500	560	670	
Тривалість замикання на землю, с	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,05	

Якщо умова (формула (2.2) п.1.7.5 ПУЕ) не виконується для системи заземлення **TN**, то нейтральну точку джерела живлення напругою до 1 кВ треба приєднувати до електрично незалежного заземлювача, який треба встановлювати на відстані одного чи двох прогонів ПЛ 0,4кВ від трансформаторної підстанції. У цьому разі заземлювальний провідник, який з'єднує нейтральну точку джерела живлення з електрично незалежним заземлювачем, а також *N*-, *PEN*- (*PE*)-провідники в межах заземлювального пристрою електроустановки напругою понад 1 кВ повинні мати таку саму ізоляцію відносно землі, як і лінійні провідники установки напругою до 1 кВ. Якщо це з'єднання виконують за допомогою кабелю, то кабель має бути без металевої оболонки і броні.

Якщо умова (формула (2.2) п.1.7.5 ПУЕ)) не виконується для системи заземлення **IT**, то *PE*-провідник, до якого приєднують відкриті провідні частини електроустановки споживача електричної енергії, має бути приєднано до заземлювача, електрично незалежного від заземлювача електроустановки напругою понад 1 кВ, або у споживача має бути виконаним захисне вирівнювання потенціалів.

2) у разі використання заземлювального пристрою тільки для електроустановок напругою понад 1 кВ, а також у разі використання його одночасно для електроустановок напругою до 1 кВ, у яких *N*-, *PEN*- (*PE*)-провідники не виходять за межі цього заземлювального пристрою:

$$R \leq \frac{250}{I_p}, \quad (2.3)$$

але не більше ніж 10 Ом.

Умова (формула (2.3) п.1.7.6 ПУЕ) не поширюється на заземлювальні пристрої опор повітряних ліній, опір яких визначають згідно з главою 2.5 ПУЕ».

За розрахунковий струм I_p приймають:

1) в електричних мережах з ізольованою нейтраллю – повний струм замикання на землю;

2) в електричних мережах з компенсованою нейтраллю:

- для заземлювальних пристроїв, до яких приєднано дугогасні реактори, – струм, який дорівнює 125% номінального струму цих реакторів;

- для заземлювальних пристроїв, до яких не приєднано дугогасні реактори, – струм замикання на землю в разі вимикання найпотужнішого з реакторів;

3) в електричних мережах із заземленою через резистор нейтраллю або через дугогасні реактори та резистор струм I_p визначають за формулою:

$$I_p = \sqrt{I_3^2 + \left(\frac{U_\phi}{R_p}\right)^2}, \quad (2.4)$$

де U_ϕ – фазна напруга мережі, В;

I_3 – струм, прийнятий згідно з переліками 1) або 2), за відсутності резистора, А;

R_p – опір резистора, Ом.

Розрахунковий струм замикання на землю слід визначати для тієї з можливих схем мережі, в якій цей струм має найбільше значення (ПУЕ, п.1.7.99).

Ряд конкретних вимог наведено в п.1.7.100 ПУЕ: «для трансформаторних підстанцій 6-10/0,4 кВ рекомендовано влаштовувати один спільний заземлювальний пристрій, до якого слід приєднувати:

- нейтраль обмоток трансформатора зі сторони напруги до 1 кВ;
- корпус трансформатора;
- металеві оболонки і броню кабелів напругою до 1 кВ;

- металеві оболонки і броню трифазних кабелів напругою понад 1 кВ, а також екрани одножильних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену КЛ понад 1 кВ, якщо це передбачено;
- відкриті провідні частини обладнання напругою до і понад 1 кВ;
- сторонні провідні частини.

У кабельних мережах 6-10 кВ, де екрани і броню кабелів заземлено з обох боків і вони є неперервними між підстанцією живлення і підстанцією 6-10/0,4 кВ, умова (формула (2.2) п. 7.5 ПУЕ) завжди виконується, якщо опір спільного заземлювального пристрою підстанції 6-10/0,4 кВ відповідає вимогам до електроустановок напругою до 1 кВ (п.п. 1.7.92 і 1.7.97).

Якщо підстанція 6-10/0,4 кВ отримує живлення повітряною або кабельною лінією з одножильними кабелями з ізоляцією із зшитого поліетилену, екрани яких заземлено тільки з одного боку, опір спільного заземлювального пристрою потрібно визначати за розрахунковим струмом I_p (п. 1.7.99 ПУЕ)».

Зміст п.1.7.101 ПУЕ є наступним: «у зовнішніх електроустановках напругою понад 1 кВ довкола площі, зайнятої електрообладнанням, на глибині, не меншій, ніж 0,5 м, слід прокладати замкнутий горизонтальний заземлювач, до якого приєднують відкриті провідні частини, що заземлюються.

Кінцеві опори ПЛ напругою понад 1 кВ, з'єднані з РП кабельними вставками, які мають металеву оболонку або броню, мають бути охоплені зовнішнім контуром заземлювального пристрою і з'єднаними з ним.

Приєднувати зовнішню огорожу підстанції до заземлювального пристрою не вимагається.

Якщо опір заземлювального пристрою становить понад 10 Ом (згідно з п. 1.7.113 для землі з питомим опором понад 500 Ом·м), то необхідно додатково здійснювати захисне вирівнювання потенціалів уздовж рядів електрообладнання з боку обслуговування, для чого в землі слід прокладати горизонтальні заземлювачі на глибині 0,5 м і на відстані 0,8–1 м від фундаментів або основ електрообладнання, попередньо приєднавши їх до заземлювального пристрою.

Заземлювальний пристрій електроустановки мережі напругою понад 1 кВ з ізолюваною, заземленою через дугогасний реактор або (і) резистор

нейтраллю, об'єднаний із заземлювальним пристроєм електроустановки мережі напругою понад 1 кВ з глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю в один загальний заземлювальний пристрій, має задовольняти також вимогам 1.7.103–1.7.111 (ПУЕ, п.1.7.102)».

2.1.4. Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричних мережах із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю.

П.1.7.103 ПУЕ: «Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричній мережі з глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю слід влаштовувати з дотриманням вимог або до напруги дотику (п.1.7.105), або до їх опору (п.1.7.106), а також з дотриманням вимог до їх конструкційного виконання (п.п. 1.7.107–1.7.109). При цьому напругу на заземлювальному пристрої необхідно обмежувати відповідно до п. 1.7.104.

Вимоги п.п.1.7.103–1.7.109 не поширюються на заземлювальні пристрої опор ПЛ і екранів силових одножильних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену КЛ, опір яких визначають згідно глав 2.3 і 2.5 ПУЕ».

У п.1.7.104. зазначено: «у разі стікання струму короткого замикання на землю з заземлювального пристрою, який виконують з дотриманням вимог до його опору, напруга на заземлювальному пристрої в усіх випадках не має перевищувати 10 кВ (див. також п.1.7.111). Напруга понад 10 кВ допускається на заземлювальному пристрої, який виконують з дотриманням вимог до напруги дотику і з якого не може виноситись потенціал за межі зовнішньої огорожі електроустановки.

Для напруги на заземлювальному пристрої понад 5 кВ слід передбачати заходи щодо запобігання винесенню небезпечних потенціалів за її межі і захисту ізоляції кабелів зв'язку та телемеханіки, а також ізоляції зовнішньої оболонки екранів силових одножильних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену КЛ, які відходять від електроустановки».

П.1.7.105. ПУЕ: «заземлювальний пристрій, який влаштовують за вимогами до напруги дотику, має забезпечувати в будь-яку пору року значення напруги дотику, що не перевищує наведену в табл. 2.2 (табл.1.7.4 ПУЕ).

Таблиця 2.2. Гранично допустима напруга дотику

Тривалість дії, с	До 0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	Понад 1,0 до 5,0
Напруга дотику, В	500	400	200	130	100	65

Опір заземлювального пристрою в цьому разі визначають за допустимою напругою на заземлювальному пристрої та за струмом замикання на землю.

Для визначення допустимої напруги дотику за розрахункову тривалість дії слід приймати суму часу дії захисту і повного часу вимикання вимикача. На робочих місцях оперативного обслуговування електричного обладнання, де під час виконання оперативних перемикачів може виникнути коротке замикання на конструкції, досяжній для дотику персоналу, який виконує перемикач, треба приймати мінімальний час дії резервного захисту від цього виду пошкодження, а для іншої території – основного захисту.

Поздовжні і поперечні горизонтальні заземлювачі для виконання захисного вирівнювання потенціалів необхідно розміщувати з урахуванням вимог обмеження напруги дотику до нормованих значень і зручності приєднання заземлювального обладнання.

Глибина закладання в ґрунті поздовжніх і поперечних горизонтальних штучних заземлювачів має бути не меншою ніж 0,3 м. Для зниження напруги дотику в місцях оперативного обслуговування електричного обладнання може бути виконана підсипка шару щебеню товщиною від 0,1 м до 0,2 м.

У разі поєднання заземлювальних пристроїв електроустановок різних напруг у один спільний заземлювальний пристрій, напругу дотику слід визначати як найбільшу з випадків замикання на землю на кожній з цих електроустановок».

За вимогами ПУЕ (п.1.7.106) заземлювальний пристрій, який влаштовують за вимогами до його опору, у будь-яку пору року повинен мати опір, не більший ніж 0,5 Ом, з урахуванням опору штучних і природних заземлювачів.

Поздовжні заземлювачі слід прокладати вздовж осей електрообладнання з боку обслуговування на глибині 0,5–0,7 м від поверхні землі і на відстані 0,8–1,0 м від фундаментів або основ устаткування. Допускається збільшувати відстані від фундаментів або

основ устаткування до 1,5 м з прокладенням одного заземлювача для двох рядів устаткування, якщо сторони обслуговування повернено одна до одної, а відстань між підвалинами або фундаментами двох рядів не перевищує 3 м.

Поперечні заземлювачі треба прокладати в зручних місцях між устаткуванням на глибині 0,5–0,7 м від поверхні землі. Відстань між ними рекомендовано приймати в бік збільшення від периферії до центру заземлювальної сітки. При цьому перша і наступні відстані, починаючи від периферії, не мають перевищувати відповідно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 11; 13,5; 16; 20 м. Розміри чарунок заземлювальної сітки, які прилягають до місць приєднання нейтралей силових трансформаторів і короткозамикачів до заземлювального пристрою, не мають перевищувати 6 м × 6 м.

Горизонтальні заземлювачі необхідно прокладати по краю території, зайнятої заземлювальним пристроєм, так, щоб вони в сукупності утворювали замкнений контур.

Якщо заземлювальний пристрій знаходиться в межах зовнішньої огорожі електроустановки, то біля входів і в'їздів на її територію слід вирівнювати потенціал, наприклад, шляхом установа двох вертикальних заземлювачів, приєднаних до зовнішнього горизонтального заземлювача напроти входів і в'їздів. У цьому разі вертикальні заземлювачі мають бути довжиною 3–5 м, а відстань між ними повинна дорівнювати ширині входу чи в'їзду.

П.1.7.107 ПУЕ: «у разі влаштування заземлювального пристрою за вимогами до напруги дотику (п.1.7.105) або до його опору (п.1.7.106) додатково необхідно:

- прокладати замкнений горизонтальний заземлювач навколо площі, зайнятої електрообладнанням;
- прокладати поздовжні і поперечні горизонтальні заземлювачі та з'єднувати їх між собою в заземлювальну сітку;
- забезпечувати якомога меншу довжину заземлювальних провідників;
- прокладати поздовжні і поперечні горизонтальні заземлювачі так, щоб вузол з'єднання їх між собою в заземлювальну сітку був поблизу місць розміщення нейтралей силових трансформаторів і короткозамикачів;

- приєднувати високовольтне обладнання до заземлювача, який забезпечує стікання струму не менше, ніж у двох напрямках;
- прокладати заземлювальні провідники, які приєднують обладнання або конструкції до заземлювача, у землі на глибині, не меншій ніж 0,3 м;
- прокладати горизонтальні заземлювачі, які знаходяться поза територією електроустановки, на глибині, не меншій ніж 1 м, а зовнішній контур заземлювального пристрою в разі виходу його за межі електроустановки рекомендовано влаштовувати у вигляді багатокутника з тупими або заокругленими кутами».

П.1.7.108 ПУЕ встановлює, що: «зовнішню огорожу електроустановок не рекомендовано приєднувати до заземлювального пристрою.

Якщо від електроустановки відходять повітряні лінії напругою 110 кВ і вище, то огорожу необхідно заземлювати за допомогою вертикальних заземлювачів довжиною від 2 м до 3 м, установлених біля стояків огорожі по всьому її периметру через кожні 20–50 м. Установлювати такі заземлювачі не потрібно для огорожі з металевими стояками і з тими стояками із залізобетону, арматуру яких електрично з'єднано з металевими ланками огорожі.

Для усунення електричного зв'язку зовнішньої огорожі з заземлювальним пристроєм відстань від огорожі до елементів заземлювального пристрою, розташованих уздовж неї з внутрішнього, зовнішнього або з обох боків, має бути не меншою ніж 2 м. Горизонтальні заземлювачі, труби і кабелі з металевою оболонкою або бронею та інші металеві комунікації, які виходять за межі огорожі, слід прокладати посередині між стояками огорожі на глибині, не меншій ніж 0,5 м. У місцях прилягання зовнішньої огорожі до будівель і споруд, а також у місцях прилягання до зовнішньої огорожі внутрішніх металевих огорож, необхідно влаштовувати цегляні або дерев'яні вставки довжиною, не меншою ніж 1 м.

Живлення електроприймачів, установлених на зовнішній огорожі, необхідно здійснювати від розділових трансформаторів (згідно з п.1.7.111). Розділові трансформатори не допускається установлювати на огорожі. Лінію, що з'єднує вторинну обмотку розділового трансформатора з електроприймачем, установленим на

огорожі, необхідно ізолювати від землі на розрахункову напругу на заземлювальному пристрої».

П.1.7.109 ПУЕ: «якщо здійснити хоча б один із зазначених у п.1.7.108 заходів неможливо, то металеві частини огорожі необхідно приєднувати до заземлювального пристрою і виконувати захисне вирівнювання потенціалів так, щоб напруга дотику із зовнішнього і внутрішнього боків огорожі не перевищувала допустимих значень. У разі влаштування заземлювального пристрою за допустимим опором необхідно прокласти горизонтальний заземлювач із зовнішнього боку огорожі на відстані 1 м від неї і на глибині 1 м. Цей заземлювач необхідно приєднувати до заземлювального пристрою не менше, ніж у чотирьох точках».

П.1.7.110 ПУЕ: «якщо заземлювальний пристрій будь-якої іншої електроустановки з'єднано з заземлювачем електроустановки напругою понад 1 кВ електричної мережі із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю кабелем з металевою оболонкою чи бронею, а також із іншими металевими зв'язками, то для вирівнювання потенціалів навколо такої електроустановки або будівлі, в якій її розташовано, необхідно застосовувати один з таких заходів:

- прокласти в землі на глибині 1 м і на відстані 1 м від фундаменту будівлі або периметра території, яку зайнято устаткуванням, заземлювач, з'єднаний із системою зрівнювання потенціалів цієї території, а на вході і на в'їзді на територію будівлі –провідники на відстані 1 і 2 м від заземлювача на глибині 1 і 1,5 м відповідно і з'єднати ці провідники із заземлювачем;
- використати залізобетонні фундаменти як заземлювачі відповідно до п.1.7.115, якщо при цьому забезпечується допустимий рівень вирівнювання потенціалів. Забезпечувати умови захисного вирівнювання потенціалів за допомогою залізобетонних фундаментів, які використовують як заземлювачі, необхідно згідно з ГОСТ 12.1.030.

Дотримуватися заходів, зазначених у переліках 1) і 2), не обов'язково, якщо навколо будівлі є асфальтове покриття, у тому числі на входах і на в'їздах. Якщо біля якого-небудь входу (в'їзду) покриття (вимощення) відсутнє, то біля цього входу (в'їзду) слід здійснювати захисне вирівнювання потенціалів шляхом укладання двох провідників, як зазначено в переліку 1), або дотримуватися заходу за

переліком 2). В усіх випадках необхідно дотримуватися вимог згідно з п.1.7.111».

П.1.7.111 ПУЕ: «з метою уникнення винесення потенціалу не допускається здійснювати живлення електроприймачів, що знаходяться за межами заземлювальних пристроїв електроустановки напругою понад 1 кВ електричної мережі з глухозаземленою нейтраллю, від трансформатора з заземленою нейтраллю з боку напруги до 1 кВ, який знаходиться в межах контура заземлювального пристрою електроустановки напругою понад 1 кВ.

За необхідності живлення таких електроприймачів можна здійснювати від трансформатора з ізолюваною нейтраллю на боці напруги до 1 кВ повітряною лінією або кабельною лінією з кабелем без металевої оболонки і броні. У цьому разі напруга на заземлювальному пристрої не має перевищувати напругу спрацьовування пробивного запобіжника, встановленого з боку нижчої напруги трансформатора з ізолюваною нейтраллю.

Живлення таких електроприймачів можливе також від розділового трансформатора. Розділовий трансформатор і лінія від його вторинної обмотки до електроприймача, якщо вона проходить територією, зайнятою заземлювальним пристроєм електроустановки напругою понад 1 кВ, мають бути ізолюваними від землі на розрахункове значення напруги на заземлювальному пристрої».

2.1.5. Заземлювальні пристрої в місцевостях з великим питомим опором землі.

П.1.7.112 ПУЕ: «у разі спорудження штучних заземлювачів на території електроустановки в місцевостях з великим питомим опором землі рекомендовано вживати таких заходів:

- улаштування вертикальних заземлювачів збільшеної довжини, якщо з глибиною питомий опір землі зменшується, а природні заглиблені заземлювачі (наприклад, свердловини з обсадними металевими трубами) відсутні;
- улаштування виносних заземлювачів, якщо поблизу від електроустановки є місця з меншим питомим опором землі;
- укладання в траншеї навколо горизонтальних заземлювачів у скельних структурах вологого глинистого ґрунту з наступним трамбуванням і засипанням щебенем до верху траншеї;

- застосування штучного оброблення ґрунту з метою зниження його питомого опору, якщо інші заходи не можуть бути застосовані або не дають необхідного ефекту».

П.1.7.113 ПУЕ: «для електроустановок з ізольованою нейтраллю напругою до 1 кВ та понад 1 кВ у районах з питомим опором землі $\rho > 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, якщо заходи, передбачені п.1.7.112, не дають змоги отримати прийнятні за економічними показниками заземлювачі, допускається збільшувати встановлені цією главою значення опорів заземлювальних пристроїв у $0,002\rho$ рази, але не більше ніж у 10 разів. Збільшення встановлених цією главою опорів має бути таким, щоб напруга на заземлювальному пристрої не перевищувала допустиму, наведену в п.п. 1.7.97 і 1.7.98.

П.1.7.114 ПУЕ: «заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю в районах з великим питомим опором землі слід, як правило, влаштовувати за вимогами до напруги дотику (п.1.7.105). За наявності природних заземлювачів з малим опором допускається здійснювати їх за нормами до опору.

У скельних структурах допускається прокладати горизонтальні заземлювачі на меншій глибині, ніж вимагається згідно з 1.7.105–1.7.108, але не меншій ніж 0,15 м. Крім того, допускається не влаштовувати вертикальні заземлювачі згідно з 1.7.106 на входах і на в'їздах».

2.1.6. Заземлювачі.

П.1.7.115 ПУЕ встановлює, що: «як **природні заземлювачі** можна використовувати:

- металеві і залізобетонні конструкції будівель і споруд, що перебувають у контакті з землею, у тому числі залізобетонні фундаменти в неагресивних, слабоагресивних і середньоагресивних середовищах;
- підземні частини залізобетонних і металевих опор повітряних ліній електропередавання, у тому числі фундаменти опор, за відсутності гідроізоляції залізобетону полімерними матеріалами;
- металеві трубопроводи, прокладені в землі (окрім трубопроводів, зазначених у п.1.7.116);
- інші провідні частини, які є придатними для цілей заземлення і не можуть бути навіть тимчасово демонтованими

(повністю або частково) без відома персоналу, який експлуатує електроустановку (обсадні труби бурових свердловин, металеві шпунти гідротехнічних споруд, закладні частини затворів тощо);

- заземлювачі опор повітряних ліній електропередавання, з'єднані з заземлювальним пристроєм електроустановки за допомогою грозозахисного троса, якщо трос не ізолювано від опор лінії;

- заземлювачі опор повітряних ліній електропередавання напругою до 1 кВ, з'єднані PEN-провідником із заземлювальним пристроєм джерела живлення за кількості ліній, не менше двох;

- рейки магістральних неелектрифікованих залізниць і під'їзних колій за наявності перемичок між рейками.

П.1.7.116 ПУЕ: «не допускається використовувати як природні заземлювачі діючі трубопроводи горючих рідин, горючих або вибухонебезпечних газів і сумішей. Не слід також використовувати як природні заземлювачі труби каналізації, центрального опалення та комунального водопроводу. Проте ці вимоги не виключають необхідності приєднання цих трубопроводів і труб в електроустановках напругою до 1кВ до основної системи зрівнювання потенціалів.⁴ Не слід також використовувати як природні заземлювачі залізобетонні конструкції будівель і споруд з попередньо напруженою арматурою, проте це обмеження не поширюється на опори повітряних ліній електропередавання і опорні конструкції відкритих розподільних пристроїв.

Можливість використання природних заземлювачів за умовою густини струму, який протікає по них, необхідність зварювання арматурних стрижнів залізобетонних фундаментів і конструкцій, приварювання анкерних болтів до арматурних стрижнів залізобетонних фундаментів, а також можливість використання фундаментів у сильноагресивних середовищах мають визначатися за допомогою розрахунків».

П.1.7.117 ПУЕ: «штучні заземлювачі можуть бути з чорної сталі без покриття або з покриттям, з нержавіючої сталі і мідними. Штучні заземлювачі не слід фарбувати.

⁴ **Захисне зрівнювання потенціалів** - досягнення однакового значення потенціалів провідних частин шляхом електричного з'єднання їх між собою (ПУЕ, п.1.7.37).

Матеріал, який використовують для заземлювачів і заземлювальних провідників, має бути електрохімічно сумісним з матеріалом з'єднувальних і контактних елементів.

Мінімальні розміри заземлювачів і заземлювальних провідників, прокладених у землі, мають відповідати розмірам, зазначеним у табл. 2.3 (табл. 1.7.5 ПУЕ).

Заземлювачі з чорної сталі, як правило, не слід використовувати в сильноагресивному середовищі. У цьому випадку рекомендовано застосовувати мідні заземлювачі або заземлювачі із сталі з мідним гальванічним покриттям. У разі використання заземлювачів з чорної сталі без покриття в середньоагресивному середовищі їх розміри порівняно з поданими в табл. 2.3 (табл. 1.7.5 ПУЕ) рекомендовано збільшувати з урахуванням розрахункового терміну служби заземлювального пристрою».

П.1.7.118 ПУЕ: «переріз горизонтальних заземлювачів для електроустановок напругою понад 1 кВ необхідно вибирати за умови термічної стійкості і допустимої температури нагрівання 400°C (короткочасне нагрівання, яке відповідає повному часу дії основного захисту і вимкнення вимикача). За розрахунковий приймають струм однофазного замикання на землю в електроустановках із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю і струм подвійного замикання на землю в електроустановках з ізольованою, компенсованою або заземленою через резистор нейтраллю».

П.1.7.119 ПУЕ: «траншеї для горизонтальних заземлювачів необхідно заповнювати однорідним ґрунтом, який не містить у собі щебеню і будівельного сміття.

Не слід розташовувати заземлювачі в місцях, де земля підсушується штучним нагріванням, наприклад, поблизу трубопроводів».

2.1.7. Заземлювальні провідники.

П.1.7.120 ПУЕ: «переріз заземлювальних провідників залежно від напруги електроустановки і режиму нейтралі має відповідати вимогам згідно з п.п.1.7.121–1.7.123.

Якщо заземлювальний провідник прокладають у землі, то його мінімальні розміри залежно від матеріалу, з якого його виготовлено, має відповідати розмірам згідно з табл. 2.3 (табл. 1.7.5 ПУЕ).

Таблиця 2.3. Мінімальні розміри заземлювачів і заземлювальних провідників, прокладених у землі

Матеріал	Характеристика зовнішньої поверхні	Тип заземлювачів	Мінімальні розміри			
			діаметр, мм	переріз, мм ²	товщина стінки, мм	товщина покриття, мкм
Сталь чорна	Без покриття	Для вертикальних заземлювачів: круглий	1 6	–	–	–
		Для горизонтальних заземлювачів: круглий	–	–	–	–
		прямокутна штаба	– 10	10 0	4 4	– –
		профіль	– –	10 0	– –	– –
			–	0	–	–
Сталь з покриттям	Гарячеоцинковане покриття	Для вертикальних заземлювачів: круглий	6	–	–	70
		Для горизонтальних заземлювачів: круглий	10	–	–	50
		прямокутна штаба,	–	90	3	70
		профіль	–	90	3	70
	Гальванічне мідне покриття	Для вертикальних заземлювачів: круглий	14	–	–	250
		Для горизонтальних заземлювачів: круглий	10	–	–	250
Нержавіюча сталь	Без покриття	Так само, як для сталі з гарячеоцинкованим покриттям				
Мідь	Без покриття	Круглий	12	–	–	–
		Прямокутна штаба	– 20	5 0	2 2	– –
		Труба	1,8	–	–	–
		Канат багатодротовий	–	35	–	–
			кожного з дротів			

Прокладати в землі алюмінієві заземлювальні провідники не допускається, а також не допускається використовувати як заземлювальні провідники відкриті провідні частини кабельних споруд.

Заземлювальні провідники необхідно захищати від корозії одним з існуючих способів, наприклад, шляхом фарбування в слабоагресивних ґрунтах, а в середньо- та сильноагресивних ґрунтах додатково на переході ґрунт-повітря рекомендовано встановлювати термоусаджувальну трубку довжиною, не меншою ніж 0,6 м (0,3 м під землею та 0,3 м – над землею).

П.1.7.121 ПУЕ: «в електроустановках напругою до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю переріз заземлювальних провідників, які з'єднують струмовідну частину джерела живлення з заземлювачем, має відповідати вимогам п.1.7.137 до захисних провідників. Переріз заземлювальних провідників повторних заземлень, а також у системах заземлення *TT* і *IT*, які з'єднують заземлювач із *PE*-шиною або ГЗШ, визначають за максимальним струмом, який може протікати через заземлювач за час спрацьовування захисного пристрою.

В усіх випадках мінімальний переріз заземлювального провідника має бути не меншим ніж 6 мм² – для міді, 16 мм² – для алюмінію і 50 мм² – для сталі.

Переріз заземлювального провідника, який з'єднує заземлювач робочого (функціонального) заземлення з ГЗШ, має відповідати вимогам стандартів і інструкцій виробника обладнання щодо влаштування його заземлення та бути не меншим ніж 10 мм² – для міді, 16 мм² – для алюмінію, 75 мм² – для сталі.

Переріз заземлювальних провідників повітряних ліній електропередавання напругою до 1 кВ слід приймати відповідно до вимог глави 2.4 ПУЕ».

П.1.7.122 ПУЕ: «в електроустановках напругою понад 1 кВ електричної мережі з ізолюваною, компенсованою або заземленою через резистор нейтраллю провідність заземлювальних провідників має становити не менше 1/3 провідності фазних провідників. Як правило, не вимагається застосовувати мідні провідники перерізом понад 25 мм², алюмінієві – понад 35 мм², сталеві – понад 120 мм²».

П.1.7.123 ПУЕ: «в електроустановках напругою понад 1 кВ з глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю переріз заземлювальних провідників необхідно вибирати таким чином, щоб у разі протікання через них найбільшого струму однофазного замикання на землю температура заземлювальних провідників не перевищувала

400°C (короткочасне нагрівання, яке відповідає повному часу дії основного захисту і вимкнення вимикача)».

П.1.7.124 ПУЕ: «для вимірювання опору заземлювального пристрою необхідно в зручному місці передбачати можливість від'єднання заземлювального провідника. Від'єднання заземлювального провідника повинне бути можливим тільки за допомогою інструмента. В електроустановках напругою до 1 кВ таким місцем, як правило, є ГЗШ».

П.1.7.125 ПУЕ: «у місці введення в будівлю або споруду заземлювального провідника, який не входить до складу кабелю живлення, треба наносити знак



2.1.8. Головна заземлювальна шина (ГЗШ)

П.1.7.126 ПУЕ: «у кожній електроустановці напругою до 1кВ, в якій виконують основну систему зрівнювання потенціалів (рис. 2.1), необхідно передбачати влаштування ГЗШ (рис. 2.2)».

П.1.7.127 ПУЕ: «якщо будівля має кілька окремих введів, то ГЗШ⁵ потрібно влаштувати для кожного ввідного пристрою. За наявності вбудованих трансформаторних підстанцій ГЗШ необхідно влаштувати для кожної з них».

П.1.7.128 ПУЕ: «матеріал і конструкція ГЗШ повинні забезпечувати її механічну міцність, термічну і корозійну стійкість, зручність приєднання до неї провідників.

ГЗШ слід виготовляти з міді, латуні; допускається виготовляти її зі сталі. Застосовувати алюмінієві шини не допускається.

Переріз ГЗШ має забезпечувати її провідність, не меншу, ніж провідність того з безпосередньо приєднаних до неї провідників, у якого провідність має найбільше значення».

П.1.7.129 ПУЕ: «конструкція ГЗШ має передбачати можливість індивідуального приєднання і від'єднання провідників.

Приєднувати і від'єднувати провідники повинно бути можливим тільки за допомогою інструмента».

⁵ Головна заземлювальна шина (ГЗШ) - затискач або збірна шина, які є частиною заземлювального пристрою електроустановки напругою до 1 кВ і дають змогу виконувати електричні з'єднання визначеної кількості провідників з метою заземлення і зрівнювання потенціалів.

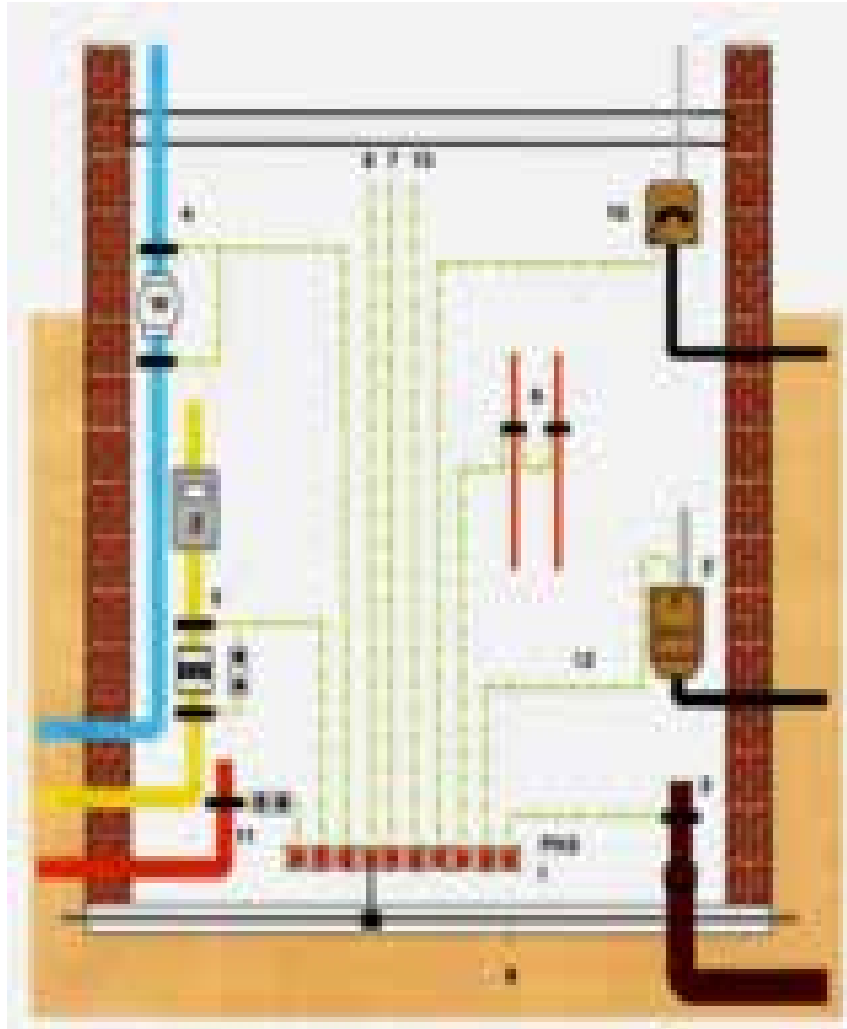


Рис. 2.1. Система зрівнювання потенціалів :

1 – головна заземлювальна шина; 2 – ввідний щит; 3 – металева труба каналізації; 4 – труба водогону з лічильником води; 5 – газопровід з ізолювальною перемичкою; 6 – труби системи опалення; 7 – заземлювальний провідник до антенних систем; 8 - заземлювальний провідник до системи блискавкозахисту; 9 – заземлювальний пристрій (фундаментне заземлення); 10 – телекомунікаційні лінії; 11 - трубопровід від ємності з рідким паливом; 12 – PEN провідник мережі від ввідного щита; 13 - захисний PE провідник до додаткової системи зрівнювання потенціалів

П.1.7.130 ПУЕ: «ГЗШ можна розташовувати всередині ввідного пристрою електроустановки напругою до 1 кВ або влаштовувати окремо біля нього в місці, доступному і зручному для обслуговування. Як ГЗШ можна використовувати PE-шину ввідного пристрою.

У місцях, доступних особам, які не експлуатують електроустановку, влаштовувати окрему ГЗШ не рекомендовано. Якщо уникнути цього неможливо, то окрему ГЗШ слід розташовувати в шафі з дверцями, які зачиняються на ключ. У місцях, доступних тільки обслуговуючому персоналу (наприклад, в електроприміщеннях), окрему ГЗШ можна встановлювати відкрито».

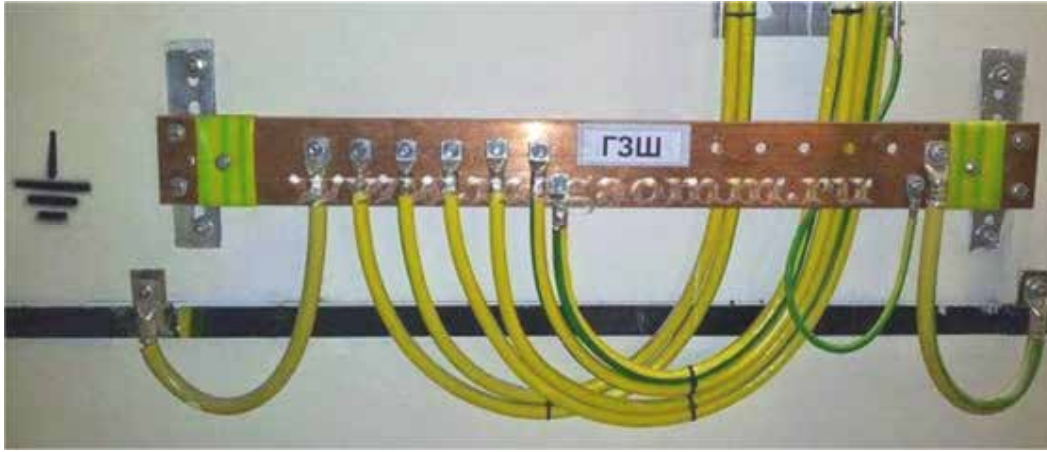


Рис. 2.2. Головна заземлювальна шина

2.1.9. Захисні провідники (*PE*-провідники).

П.1.7.131 ПУЕ: «як захисні провідники в електроустановках напругою до 1 кВ можна використовувати:

- спеціально передбачені для цього провідники:
 - жили багатожильних кабелів і проводів;
 - стаціонарно прокладені ізолювані або неізолювані провідники;
 - ізолювані або неізолювані провідники, прокладені в огорожувальній конструкції (трубі, коробі, лотку) спільно з фазними провідниками лінії живлення;
- відкриті провідні частини:
 - металеві оболонки і екрани кабелів та проводів;
 - металеві оболонки і опорні конструкції комплектних пристроїв і шино-проводів, які входять до складу електроустановки напругою до 1 кВ;

- металеві короби і лотки електропроводок, якщо їх конструкція допускає таке використання і це зазначено в документації виробника;
- металеві труби електропроводок;
- деякі сторонні провідні частини:
 - металеві конструкції будівель і споруд (ферми, колони тощо);
 - сталева арматура залізобетонних будівельних конструкцій будівель і споруд;
 - металеві конструкції виробничого призначення (підкранові рейки, галереї, площадки, шахти ліфтів і підйомників, обрамлення каналів тощо).

Провідники, спеціально передбачені як захисні, не можна використовувати з іншою метою».

Пункт 1.7.132 ПУЕ: «використовувати відкриті і сторонні провідні частини, зазначені в п.1.7.131, як захисні провідники допускається в разі, якщо вони відповідають вимогам цієї глави до провідності електричного кола.

Відкриті і сторонні провідні частини можна використовувати як захисні провідники в разі, якщо вони, крім того, одночасно відповідають таким вимогам:

- неперервність електричного кола забезпечується їх конструкцією або відповідними з'єднаннями, захищеними від механічних, хімічних і електрохімічних пошкоджень;
- їх демонтаж неможливий без відома персоналу, який експлуатує електроустановку».

П.1.7.133 ПУЕ: «не допускається використовувати як захисні провідники такі провідні частини:

- труби газопостачання та інші трубопроводи горючих або вибухонебезпечних речовин і сумішей;
- труби водопостачання, каналізації та центрального опалення;
- несучі троси для тросової проводки;
- свинцеві оболонки кабелів і проводів (див. примітку);
- конструкційні частини, які можуть зазнавати механічного пошкодження в нормальних умовах експлуатації;
- металеві оболонки ізоляційних трубок і трубчастих проводів, металорукави тощо.

Примітка. Використовувати свинцеві оболонки кабелів як захисні провідники можна в разі, якщо воно буде обґрунтованим відповідними розрахунками».

П.1.7.134 ПУЕ: «*РЕ*-провідник, якщо він входить до складу лінії (кабелю, проводу), що живить обладнання, не допускається використовувати для виконання функцій *РЕ*-провідника електрообладнання, яке отримує живлення від іншої лінії. Також не допускається використовувати відкриті провідні частини електрообладнання як *РЕ*-провідники для іншого обладнання. Винятком є оболонки і опорні конструкції комплектних пристроїв і комплектних шинопроводів, якщо є можливість приєднання до них захисних провідників у потрібному місці».

П.1.7.135 ПУЕ: «ізоляція захисних провідників не вимагається. Проте в місцях, де можливе пошкодження ізоляції фазних провідників через іскріння між неізольованим захисним провідником і металевією оболонкою або конструкцією (наприклад, у разі прокладання провідників у трубах, коробах, лотках), захисні провідники повинні мати ізоляцію, рівноцінну з фазними провідниками».

П.1.7.136 ПУЕ: «*РЕ*-провідники необхідно, як правило, прокладати в спільній оболонці з фазними провідниками або поряд з ними.

Ця вимога є обов'язковою, якщо для захисту від ураження електричним струмом використовують пристрої захисту від надструму».

П.1.7.137 ПУЕ: «мінімальний переріз *РЕ*-провідників має відповідати значенням, наведеним у табл. 2.4 (табл. 1.7.6 ПУЕ).

Переріз провідників у табл. 1.7.6 наведено для випадку, коли їх виготовлено з того самого матеріалу, що й фазні. Переріз провідників з іншого матеріалу повинен бути за провідністю еквівалентним зазначеному в табл. 2.4 (табл. 1.7.6 ПУЕ).

Таблиця 2.4. Мінімальний переріз *РЕ*-провідників, які є жилою кабелю або ізольованого проводу живлення

Переріз фазних провідників, мм ²	Мінімальний переріз захисних провідників, мм ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Мінімальний переріз *РЕ*-провідника, який є жилою кабелю (проводу) з перерізом фазних жил 150 мм², допускається приймати 70 мм².

П.1.7.138 ПУЕ: «переріз *РЕ*-провідника має також бути не меншим від мінімального значення, яке визначають за формулою:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}, \quad (2.6)$$

де *S* – мінімальний переріз *РЕ*-провідника, мм²;

I – струм короткого замикання, який забезпечує час вимикання пошкодженого кола захисним апаратом відповідно до табл. 2.3 (табл. 1.7.1 ПУЕ) або час, не більший ніж 5 с відповідно до п.1.7.82, А;

t – час спрацьовування захисного пристрою, с;

K – коефіцієнт, значення якого залежить від матеріалу *РЕ*-провідника, його ізоляції, початкової та кінцевої температур. Значення *K* для *РЕ*-провідників за різних умов наведено в табл. 2.5 – 2.9 (табл. 1.7.7–1.7.11 ПУЕ).

Якщо в результаті розрахунку отримано нестандартний переріз, як мінімальний переріз *РЕ*-провідника необхідно приймати його найближче більше стандартне значення.

Таблиця 2.5. Значення коефіцієнта *K* для ізольованих *РЕ*-провідників, які не входять до складу кабелів (проводів) живлення і які не прокладено в джгуті з іншими кабелями (проводами)

Ізоляція провідника (у дужках зазначено тривало допустиму температуру ізоляції)	Температура, °С		Матеріал провідника		
			мідь	алюміній	сталь
	початкова	кінцева	значення коефіцієнта <i>K</i>		
Полівінілхлорид (70 ⁰ С)	30	160(140)	143(133)	95(88)	52(49)
Полівінілхлорид (90 ⁰ С)	30	160(140)	143(133)	95(88)	52(49)
Зшитий поліетилен, етилен-пропіленова гума (90 ⁰ С)	30	250	176	116	64
Гума(60 ⁰ С)	30	200	159	105	58
Гума (85 ⁰ С)	30	220	166	110	60
Силіконова гума	30	350	201	133	73

Примітка. Значення кінцевої температури і коефіцієнта *K*, зазначеного в дужках, використовують для провідників, переріз яких перевищує 300 мм².

Таблиця 2.6. Значення коефіцієнта K для неізольованих PE-провідників, які перебувають у контакті з покриттям кабелю (ізольованого проводу), і які не прокладено в джгуті з іншими кабелями (ізольованими проводами)

Ізоляційне покриття кабелю або проводу	Температура, °С		Матеріал провідника		
			мідь	алюміній	сталь
	початкова	кінцева	значення коефіцієнта K		
Полівінілхлорид	30	200	159	105	58
Поліетилен	30	150	138	91	50
Бутилова гума	30	220	166	110	60

Таблиця 2.7. Значення коефіцієнта K для PE-провідників, які входять до складу кабелів (ізольованих проводів) живлення або які прокладено в джгуті з іншими кабелями (ізольованими проводами)

Ізоляція провідника (у дужках зазначено тривало допустиму температуру ізоляції)	Температура, °С		Матеріал провідника		
			мідь	алюміній	сталь
	початкова	кінцева	значення коефіцієнта K		
Полівінілхлорид (70°С)	70	160(140)	115(103)	76(68)	42(37)
Полівінілхлорид (90°С)	90	160(140)	100(86)	66(57)	36(31)
Зшитий поліетилен, етилен-пропіленова гума (90°С)	90	250	143	94	52
Гума (60°С)	60	200	141	93	51
Гума(85°С)	85	220	134	89	48
Силіконова гума	180	350	132	87	47

Примітка. Значення кінцевої температури і коефіцієнта K , зазначеного в дужках, використовують для провідників, переріз яких перевищує 300 мм².

Таблиця 2.8. Значення коефіцієнта K у разі використання як PE-провідника металевої оболонки або екрану кабелю живлення

Ізоляція кабелю або проводу (у дужках зазначено тривало допустиму температуру ізоляції)	Температура, °С		Матеріал провідника		
			мідь	алюміній	свинець
	початкова	кінцева	значення коефіцієнта K		
Полівінілхлорид (70°С)	60	200	141	93	51
Полівінілхлорид (90°С)	80	200	128	85	46
Зшитий поліетилен, (етилен-пропіленова гума 90°С)	80	200	128	85	46
Гума (60°С)	55	200	144	95	52
Гума(85°С)	75	220	140	93	51

Таблиця 2.9. Значення коефіцієнта K для неізольованих PE -провідників у разі, якщо вказані температури не є небезпечними для матеріалів, що знаходяться поблизу цих провідників (початкова температура провідника - 30°C)

Умови експлуатації провідників	Матеріал					
	мідь		алюміній		сталь	
	K	максимальна температура, °C	K	максимальна температура, °C	K	максимальна температура, °C
Прокладені відкрито і в спеціально відведених місцях	228	500*	125	300*	82	500*
Звичайні	159	200	105	200	58	200
Пожежо-небезпечні	138	150	91	150	50	150

* Зазначені температури допускаються, якщо вони не погіршують якості з'єднання.

П.1.7.139 ПУЕ: «переріз мідних PE -провідників, які не входять до складу кабелів або проводів живлення і прокладених не в загальній огорожувальній конструкції (трубі, коробі, лотку) з фазними провідниками, в усіх випадках повинен бути не меншим, ніж:

- 2,5 мм² - за наявності механічного захисту;
- 4 мм² - за відсутності механічного захисту.

Переріз окремо прокладених алюмінієвих PE -провідників повинен бути не меншим за 16 мм²».

П.1.7.140 ПУЕ: «якщо PE -провідник є спільним для двох або більше кіл, то його мінімальний переріз має визначатися з урахуванням:

- провідності фазних провідників того кола, в якому вона найбільша;
- найбільшого значення добутку $I^2 \cdot t$ в цих колах».

П.1.7.141 ПУЕ: «захисні провідники допускається прокладати в землі, у підлозі, по краю фундаментів технологічних установок тощо. Не допускається прокладати в землі неізольовані алюмінієві захисні провідники».

П.1.7.142 ПУЕ: «у сухих приміщеннях без агресивного середовища захисні провідники можна прокладати безпосередньо по стінах. У вологих, сирих і особливо сирих приміщеннях, а також у

приміщеннях з агресивним середовищем захисні провідники необхідно прокладати на відстані від стін, не меншій ніж 10 мм».

П.1.7.143 ПУЕ: «неізолювані захисні провідники слід захищати від корозії.

У місцях перетину їх з кабелями, трубопроводами тощо, а також у місцях їх введення в будівлі, переходу крізь стіни і перекриття вони повинні бути захищені від механічних пошкоджень.

У місцях перетину температурних і осадових швів треба передбачати компенсацію їх довжини».

П.1.7.144 ПУЕ: «захисні провідники повинні мати кольорове позначення у вигляді поздовжніх або поперечних жовтих і зелених смуг однакової ширини, які чергуються (рис. 2.3) (див. також главу 1.1 ПУЕ)».

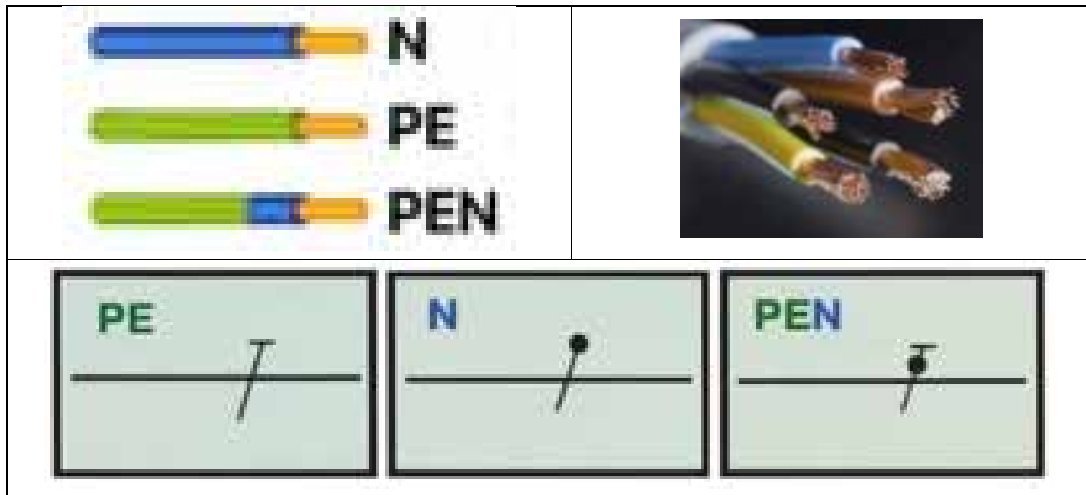


Рис. 2.3. Нейтральний **N** і захисний **PE** провідники та **PEN** провідник, який поєднує в собі функції захисного (**PE**-) і нейтрального (**N**-) провідників

2.1.10. **PEN** - провідники.

П.1.7.145 ПУЕ: «у стаціонарних електроустановках з типом заземлення системи **TN** функцію захисного (**PE**-) і нейтрального (**N**-) провідників можна поєднувати в одному **PEN**-провіднику, якщо його переріз не менший ніж 10 мм^2 – для мідних і 16 мм^2 – для алюмінієвих провідників, а частина електроустановки, що розглядається, не захищена ПЗВ».

П.1.7.146 ПУЕ: «спеціально передбачені *PEN*-провідники мають відповідати вимогам п.1.7.137 до перерізу *PE*-провідників, а також глави 1.3 або інших чинних нормативних документів до перерізу нейтрального провідника.

***PEN*-провідники повинні мати ізоляцію, рівноцінну з ізоляцією фазних провідників.**

Ізолювати *PEN*-шини в комплектних розподільних пристроях не вимагається.

Не допускається використовувати сторонні провідні частини як єдиний *PEN*- провідник».

П.1.7.147 ПУЕ: «якщо, починаючи з якої-небудь точки електроустановки, *PEN*-провідник поділено на *N*- і *PE*-провідники, то об'єднувати ці провідники, а також приєднувати *N*-провідник до заземлених частин за цією точкою по ходу розподілу енергії не дозволено. У точці поділу провідників необхідно передбачати окремі затискачі або шини для *N*- і *PE*-провідників. ***PEN*-провідник необхідно приєднувати до затискача (шини) захисного провідника** » (рис. 2.4).

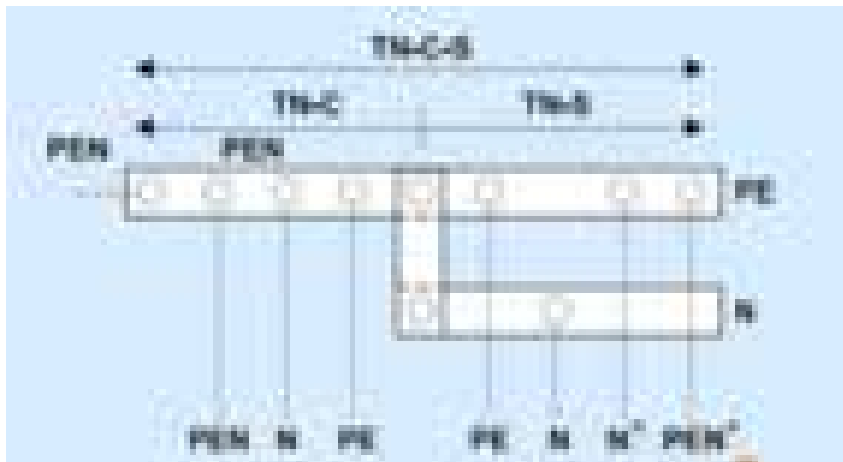


Рис. 2.4. Поділ *PEN*-провідника на *N*- і *PE*-провідники:
* - недопустиме приєднання

2.1.11. Провідники системи зрівнювання потенціалів.

П.1.7.148 ПУЕ: «для влаштування систем зрівнювання потенціалів можна використовувати сторонні і відкриті провідні частини електроустановок, зазначені в п.1.7.131, або спеціально прокладені провідники чи їх сполучення».

П.1.7.149 ПУЕ: «переріз провідників основної системи зрівнювання потенціалів має бути не меншим ніж:

- 6 мм² для міді,
- 16 мм² для алюмінію,
- 50 мм² для сталі».

П.1.7.150 ПУЕ: «переріз провідників додаткової системи зрівнювання потенціалів має забезпечувати провідність, не меншу ніж:

- у разі з'єднання двох відкритих провідних частин – провідність найменшого із захисних провідників, приєднаних до цих частин;
- у разі з'єднання відкритої і сторонньої провідних частин – половину провідності захисного провідника, приєданого до відкритої провідної частини.

Переріз провідників додаткової системи зрівнювання потенціалів має також відповідати вимогам п.1.7.139».

2.1.12. З'єднання і приєднання захисних провідників.

П.1.7.151 ПУЕ: «з'єднання і приєднання заземлювальних, *РЕ*-провідників і провідників системи зрівнювання і вирівнювання потенціалів повинні забезпечувати неперервність електричного кола. З'єднання сталевих провідників рекомендовано здійснювати зварюванням. У приміщеннях і зовнішніх електроустановках без агресивного середовища допускається з'єднувати заземлювальні і захисні провідники іншими способами, які забезпечують вимоги ГОСТ 10434 до з'єднань класу 2.

У разі влаштування заземлювальних пристроїв з використанням штучних оміднених заземлювачів (рис. 2.5) або заземлювачів із чорної сталі з покриттям для з'єднання заземлювачів між собою і приєднання до них заземлювальних провідників можна застосовувати спеціальні різьбові з'єднання, виготовлені за технічними умовами, узгодженими в установленому порядку, або такі, що мають сертифікат відповідності.

З'єднання слід захищати від корозії і механічного пошкодження. Для болтових з'єднань необхідно забезпечувати заходи проти ослаблення контакту. У разі з'єднання провідників з різних матеріалів слід передбачати заходи проти можливої електролітичної корозії.

П.1.7.158 ПУЕ: «якщо *РЕ*-провідники можуть бути роз'єдані за допомогою такого самого штепсельного з'єднувача, що й фазні провідники, розетка і вилка штепсельного з'єднувача повинні мати

спеціальні захисні контакти для приєднання до них PE-провідників (рис. 2.6).

Якщо корпус штепсельної розетки металевий, то його необхідно приєднувати до захисного контакту цієї розетки».

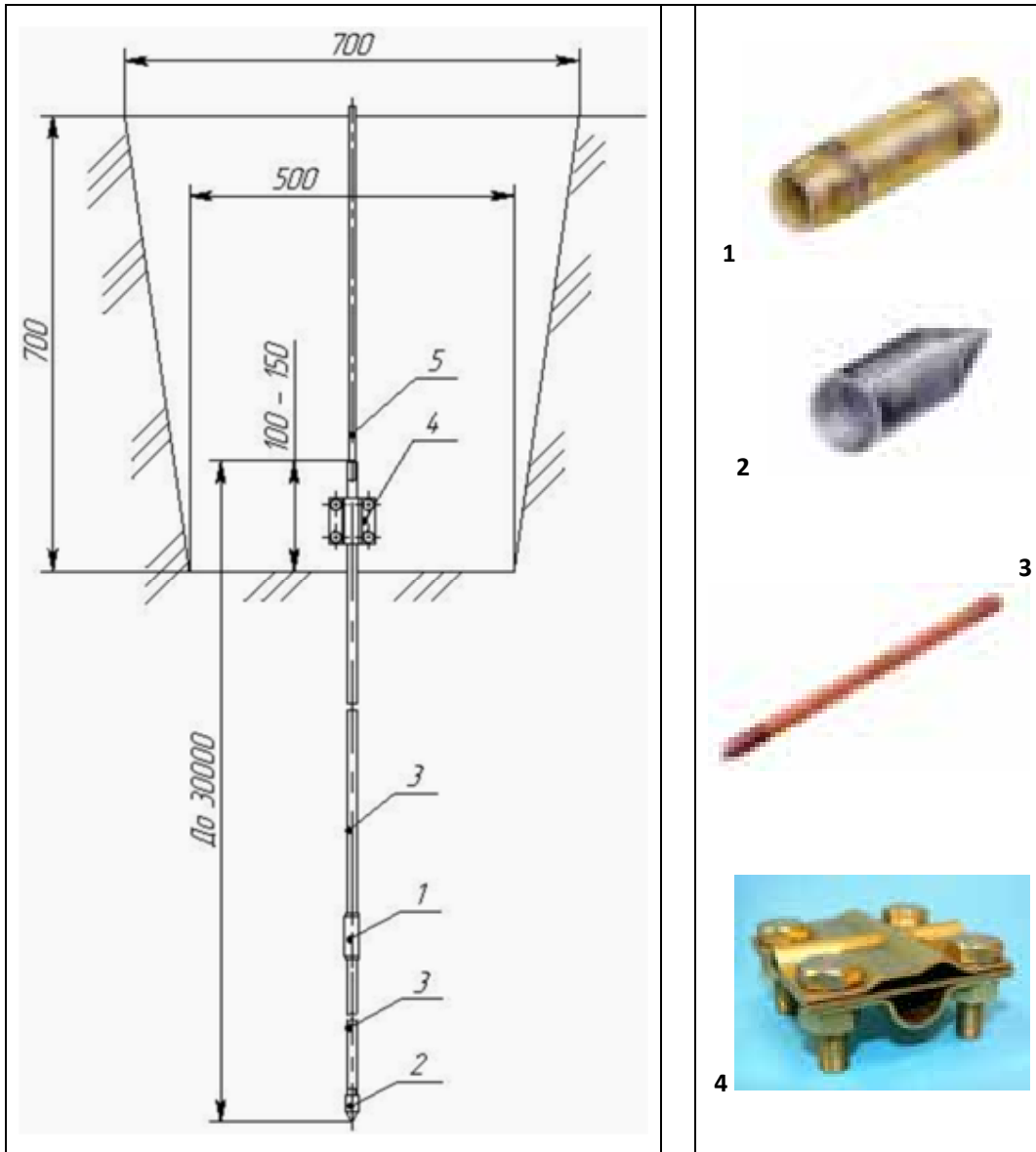


Рис. 2.5. Модульний заземлювальний пристрій з омідненими сталевими електродами:

1 – сполучна муфта; 2 - ударна насадка; 3 - стержень заземлення; 4 – спеціальний затискач; 5 – заземлювальний провідник.



Рис .2.6. Розетка і вилка із захисними контактами для приєднання до них *РЕ*-провідників

П.1.7.159 ПУЕ: «приєднувати кожен відкриту провідну частину електроустановки до *РЕ*-провідника або до захисного заземлення потрібно за допомогою окремих відгалужень. Послідовно включати в *РЕ*-провідник або заземлювальний провідник відкриті провідні частини не допускається.

Приєднувати сторонні провідні частини до основної системи зрівнювання потенціалів потрібно також за допомогою окремих відгалужень.

Приєднувати відкриті і сторонні провідні частини до додаткової системи зрівнювання потенціалів можна за допомогою як окремих відгалужень, так і за допомогою одного спільного нероз'ємного провідника».

2.1.13. Переносні електроприймачі.

П.1.7.160 ПУЕ: «до переносних електроприймачів відносяться електроприймачі, які можуть у процесі їх експлуатації перебувати в руках людини (ручний електроінструмент, побутові електроприлади тощо)».

П.1.7.161 ПУЕ: «живлення переносних електроприймачів змінного струму слід виконувати від мережі напругою, не вищою ніж 380/220 В.

Залежно від категорії приміщення за рівнем небезпеки ураження людей електричним струмом для захисту в разі непрямого дотику в колах, які живлять переносні електроприймачі, можна застосовувати автоматичне вимкнення живлення, захисне електричне відокремлення, наднизьку напругу і подвійну ізоляцію переносних електроприймачів».

П.1.7.162 ПУЕ: «у разі застосування автоматичного вимкнення живлення металеві корпуси переносних електроприймачів, за винятком

електроприймачів з подвійною ізоляцією, слід приєднувати до *РЕ*-провідника відповідно до особливостей типу заземлення системи.

Для цього необхідно передбачати додатковий провідник, розташований в одній оболонці з фазними провідниками (третя жила кабелю або проводу – для електроприймачів однофазного і постійного струму, четверта або п'ята жила – для електроприймачів трифазного струму), який приєднують до корпусу електроприймача та захисного контакту вилки штепсельного з'єднувача.

Цей провідник має бути мідним, гнучким, а його переріз - дорівнювати перерізу фазних провідників. Використовувати з цією метою нейтральний провідник, навіть розташований у спільній оболонці з фазними провідниками, не допускається».

П.1.7.163 ПУЕ: «допускається застосовувати стаціонарні та окремі переносні *РЕ*-провідники і провідники зрівнювання потенціалів для переносних електроприймачів випробувальних лабораторій і експериментальних установок, переміщення яких під час їхньої роботи не передбачене. При цьому стаціонарні провідники мають задовольняти вимогам п.п.1.7.131–1.7.144, а переносні провідники повинні бути мідними, гнучкими і мати переріз, не менший за переріз фазних провідників. У разі прокладання таких провідників не в складі спільного з фазними провідниками кабелю їх переріз має бути не меншим від зазначеного в п.1.7.139».

П.1.7.164 ПУЕ: «штепсельні розетки з робочим струмом до 32 А, до яких можливе приєднання переносних електроприймачів, які перебувають в приміщеннях з підвищеною небезпекою або особливо небезпечних, у тому числі на місцевості просто неба, мають бути захищеними ПЗВ з номінальним диференційним струмом не більшим за 30 мА. Допускається застосовувати переносні електроприймачі, обладнані ПЗВ-вилками.

У разі застосування захисного електричного поділу кіл в особливо небезпечних приміщеннях (наприклад, в стиснених приміщеннях з провідними підлогою, стінами і стелею) кожна розетка повинна отримувати живлення від індивідуального розділового трансформатора або від його окремої обмотки.

Застосування наднизької напруги живлення переносних електроприймачів напругою до 50 В повинно здійснюватися від безпечного розділового трансформатора».

П.1.7.165 ПУЕ: «для приєднання переносних електроприймачів до мережі живлення слід застосовувати штепсельні з'єднувачі, які відповідають вимогам п.1.7.158.

У штепсельних з'єднувачах переносних електроприймачів, а також подовжувальних проводів і кабелів провідники з боку джерела живлення слід приєднувати до розетки, а з боку електроприймача – до вилки».

П.1.7.166 ПУЕ: «для захисту кіл розеток ПЗВ рекомендовано розташовувати в розподільних щитках. Допускається застосовувати ПЗВ-розетки».

П.1.7.167 ПУЕ: «захисні провідники переносних проводів і кабелів слід позначати поздовжніми або поперечними жовтими і зеленими смугами однакової ширини, які чергуються (рис. 2.7)».




	Жовто-зелений	Захисний нульовий провідник (<i>PE</i>)
	Жовто-зелений Голубий	<i>PEN</i> провідник, який поєднує в собі функції захисного (<i>PE</i>-) і нейтрального (<i>N</i>-) провідників
	Голубий	Нейтральний провідник (<i>N</i>)

Рис. 2.7. Кольори провідників *PE*, *PEN* і *N*

2.1.14. Пересувні електроустановки.

До пересувних електроустановок, на які поширюються наведені вимоги, відносяться автономні пересувні джерела живлення електричною енергією (рис. 2.8) та пересувні установки, електроприймачі яких можуть отримувати живлення від стаціонарних або автономних пересувних джерел електричної енергії (ПУЕ, п.1.7.168).

Вимоги до пересувних електроустановок не поширюються на суднові електроустановки, рухомий склад електротранспорту, житлові автофургони та електрообладнання, розташоване на рухомих частинах верстатів, машин і механізмів.

П.1.7.169 ПУЕ: «автономне пересувне джерело живлення - це таке джерело живлення електричною енергією, яке дає змогу

здійснювати живлення споживачів незалежно від централізованого електропостачання (енергосистеми)».

П.1.7.170 ПУЕ: «електроприймачі пересувних електроустановок можуть отримувати живлення від стаціонарних або автономних пересувних джерел живлення з глухозаземленою або ізольованою нейтраллю».



Рис. 2.8. Пересувні джерела живлення електричною енергією

П.1.7.171 ПУЕ: «автономні пересувні джерела електричної енергії можна застосовувати для живлення електроприймачів як стаціонарних, так і пересувних установок».

П.1.7.172 ПУЕ: «у разі живлення стаціонарних електроприймачів від автономних пересувних джерел живлення режим нейтралі джерела живлення і заходи захисту мають відповідати режиму нейтралі і заходам захисту, які прийнято для стаціонарних електроприймачів».

П.1.7.173 ПУЕ: «у разі живлення електроприймачів пересувних установок від стаціонарних або автономних пересувних джерел живлення з глухозаземленою нейтраллю слід застосовувати системи заземлення *TN-S* або *TN-C-S*. Об'єднувати функції захисного провідника *PE* і нейтрального *N* в одному спільному провіднику *PEN* усередині пересувної електроустановки заборонено. Поділ *PEN*-провідника лінії живлення на *PE*- і *N*-провідники слід виконувати в точці приєднання установки до джерела живлення.

Для захисту в разі непрямого дотику слід застосовувати автоматичне вимкнення живлення відповідно до п.1.7.82.

Наведений у табл. 2.10 (табл. 1.7.1 ПУЕ) допустимий час автоматичного вимкнення живлення слід зменшувати вдвічі».

Таблиця 2.10. Найбільший допустимий час захисного автоматичного вимкнення живлення в кінцевих колах з робочим струмом до 32 А для електроустановок із системою заземлення TN і TT

Номинальна напруга U_0 , В, між лінійним провідником і землею	Час вимкнення, с, в електроустановках			
	змінного струму для системи		постійного струму для системи	
	TN	TT	TN	TT
$50 < U_0 \leq 127$	0,8	0,3	–	–
$127 < U_0 \leq 230$	0,4	0,2	5,0	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,2	0,07	0,4	0,2
$U_0 > 400$	0,1	0,04	0,1	0,1

П.1.7.174 ПУЕ: «у разі живлення електроприймачів пересувних електроустановок від стаціонарних або автономних пересувних джерел живлення з ізолюваною нейтраллю для захисту в разі непрямого дотику слід застосовувати захисне заземлення в поєднанні з металевим зв'язком корпусів пересувної установки і джерела живлення та безперервним контролем ізоляції з дією на сигнал або із захисним вимкненням живлення. Опір заземлювального пристрою пересувних установок у цьому випадку має відповідати п.п.1.7.97 і 1.7.98 (див. також п.1.7.175).

Для виконання металевого зв'язку корпусів пересувної установки і джерела живлення слід використовувати одну з жил кабелю

живлення, наприклад, четверту жилу кабелю в трифазних мережах без N -провідника або п'яту жилу кабелю в трифазних мережах з N -провідником.

Провідність фазних провідників і провідників металевого зв'язку має забезпечувати автоматичне вимкнення живлення в межах нормованого часу в разі подвійного замикання на відкриті провідні частини електрообладнання.

Допускається не виконувати металевий зв'язок корпусів джерела живлення і установки, якщо власні пристрої захисного заземлення джерела живлення і пересувної установки забезпечують допустимий рівень напруги дотику в разі подвійного замикання на відкриті провідні частини електрообладнання».

П.1.7.175 ПУЕ: «у разі живлення електроприймачів пересувної електроустановки від автономного пересувного джерела електричної енергії його нейтраль, як правило, має бути ізольованою. У цьому випадку для захисту в разі непрямого дотику допускається виконувати захисне заземлення тільки джерела живлення, а провідники металевого зв'язку корпусів джерела живлення і установки (див. п.1.7.174) використовувати як заземлювальні провідники для відкритих провідних частин електроприймачів пересувної установки.

У разі подвійного замикання на відкриті провідні частини електрообладнання пересувних електроустановок слід виконувати автоматичне вимкнення живлення, забезпечуючи допустимий час вимкнення згідно з табл. 2.11 (табл. 1.7.12 ПУЕ).

Таблиця 2.11. Найбільший допустимий час захисного автоматичного вимикання для пересувних електроустановок, які живляться від автономного пересувного джерела з ізольованою нейтраллю

Номінальна лінійна напруга U , В	230	400	690	Понад 690
Час вимикання, с	0,4	0,2	0,06	0,02

П.1.7.176 ПУЕ: «у разі живлення електроприймачів пересувних установок від автономних пересувних джерел живлення з ізольованою нейтраллю заземлювальний пристрій слід влаштовувати з дотриманням вимог до його опору або напруги дотику в разі однофазного замикання на відкриті провідні частини.

Якщо заземлювальний пристрій виконують із дотриманням вимог до його опору, значення опору не повинне перевищувати 25 Ом. Допускається збільшувати зазначений опір відповідно до п.1.7.113.

Якщо заземлювальний пристрій виконується з дотриманням вимог до напруги дотику, значення опору заземлювального пристрою не нормують. У цьому разі слід дотримуватися умови:

$$R \leq \frac{25}{I_3}, \quad (2.7)$$

де R – опір заземлювального пристрою пересувної електроустановки, Ом;

I_3 – повний струм однофазного замикання на відкриті провідні частини пересувної електроустановки, А».

П.1.7.177 ПУЕ: «допускається не виконувати захисне заземлення електроприймачів пересувних електроустановок, які отримують живлення від автономних пересувних джерел живлення з ізольованою нейтраллю в таких випадках:

- якщо джерело живлення та електроприймачі розташовано безпосередньо на пересувній електроустановці, їх відкриті провідні частини мають між собою металевий зв'язок, а від джерела не живляться інші електроустановки;
- якщо пересувні установки (не більше двох) отримують живлення від спеціально призначеного для них джерела живлення, від якого не отримують живлення інші електроустановки, а корпуси джерела живлення і установки з'єднано між собою за допомогою провідників металевого зв'язку (захисних провідників).

Кількість електроустановок і довжину кабелів їх живлення не нормують, якщо значення напруг дотику в разі першого замикання на землю (на корпус) не перевищує нормованих. Ці значення треба визначати за допомогою спеціального розрахунку або експериментально;

- якщо опір заземлювального пристрою, розрахований за напругою дотику в разі першого замикання на відкриту провідну частину, більший від опору робочого заземлення пристрою постійного контролю опору ізоляції».

П.1.7.178 ПУЕ: «автономні пересувні джерела живлення з ізольованою нейтраллю повинні мати пристрій неперервного контролю

опору ізоляції відносно корпусу (землі) зі світловим і звуковим сигналами. Має бути забезпечено можливість перевірки справності пристрою контролю ізоляції та його вимкнення».

П.1.7.179 ПУЕ: «для здійснення захисного вимкнення живлення пересувних електроустановок слід застосовувати пристрої захисту від надструму в поєднанні з пристроями, які реагують на диференційний струм (ПЗВ) або виконують безперервний контроль ізоляції і діють на вимкнення або які реагують на потенціал корпусу відносно землі. У разі застосування пристроїв, які реагують на потенціал корпусу відносно землі, уставка значення напруги спрацьовування має дорівнювати 25 В, якщо час вимкнення не перевищує 5 с.

Напругу живлення треба вимикати захисним пристроєм, встановленим до вводу в електроустановку».

П.1.7.180 ПУЕ: «на вводі в пересувну електроустановку слід передбачати затискач або збірну шину згідно з вимогами п.п.1.7.128 і 1.7.129, до яких треба приєднувати:

- захисний *РЕ*-провідник лінії живлення;
- захисний *РЕ*-провідник пересувної електроустановки з приєднаними до нього захисними провідниками відкритих провідних частин електрообладнання;
- провідники зрівнювання потенціалів корпусу пересувної установки та інших її сторонніх провідних частин;
- заземлювальний провідник, приєднаний до місцевого заземлювача, пересувної установки (якщо він є).

П.1.7.181 ПУЕ: «захист від прямого дотику в пересувних електроустановках необхідно забезпечувати за допомогою застосування ізоляції струмовідних частин, огорож і оболонки зі ступенем захисту, не меншим за IP2X (ГОСТ 14254). Застосування бар'єрів і розміщення поза зоною досяжності не допускається.

Кола штепсельних розеток слід виконувати відповідно до п.1.7.164».

П.1.7.182 ПУЕ: «*РЕ*-провідники та провідники зрівнювання потенціалів повинні бути мідними, гнучкими. Їх, як правило, слід прокладати в спільній оболонці з фазними провідниками. Переріз провідників повинен відповідати таким вимогам:

- захисних – п.п.1.7.137–1.7.139;
- заземлювальних – п.п.1.7.120–1.7.121;

- зрівнювання потенціалів – п.п.1.7.148–1.7.150.

У переносних кабелях переріз захисного провідника повинен бути таким самим, як і переріз фазних провідників».

П.1.7.183 ПУЕ: «допускається одночасно вимикати всі провідники лінії, яка живить пересувну електроустановку від автономного пересувного джерела живлення, у тому числі РЕ-провідник, за допомогою штепсельного з'єднувача».

П.1.7.184 ПУЕ: «якщо пересувна електроустановка живиться з використанням штепсельних з'єднувачів, вилку штепсельного з'єднувача слід приєднувати з боку пересувної електроустановки. Вона повинна мати оболонку з ізолювального матеріалу».

Приймально-здавальні випробування заземлювальних пристроїв мають проводитися за вимогами глави 1.8 «Норми приймально-здавальних випробувань» (п. 10.21 розділу «ПРИЙМАЛЬНО-ЗДАВАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРО-УСТАТКУВАННЯ»).

Результати вимірювань і випробувань мають бути оформлені відповідними протоколами.

Тема 2.2. Вимоги ПТЕЕС щодо заземлювальних пристроїв

ПТЕЕС встановлюють, що для визначення технічного стану заземлювального пристрою має періодично здійснюватися комплекс цілеспрямованих заходів (рис. 2.9):

- зовнішній огляд видимої частини заземлювального пристрою;
- огляд з перевіркою кола між заземлювачем і заземлювальними елементами (відсутність обривів і незадовільних контактів у заземлювальному провіднику, надійність з'єднань природних заземлювачів;
- вимірювання опору заземлювального пристрою;
- вибіркове розриття ґрунту для огляду елементів заземлювального пристрою, що знаходяться в землі;
- вимірювання питомого опору ґрунту для опор ліній електропередавання напругою понад 1000 В;
- вимірювання напруги дотику в електроустановках, заземлювальний пристрій яких виконано за нормами на напругу дотику;

- перевірка пробивних запобіжників в електроустановках до 1000 В з ізольованою нейтраллю;
- вимірювання повного опору петлі «фаза-нуль» або струму однофазного замикання на корпус, або на нульовий провідник в електроустановках до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю.

За необхідності мають вживатися заходи для доведення параметрів заземлювальних пристроїв до нормативних.



Рис. 2.9. Обсяг документації, яка має надаватися монтажною організацією під час здавання в експлуатацію заземлювальних пристроїв

Випробування та вимірювання параметрів заземлювальних пристроїв в умовах експлуатації проводяться відповідно до вимог Норм⁶ (розділ 11 «ВИПРОБУВАННЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА АПАРАТІВ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК СПОЖИВАЧІВ»).

⁶ Норми і методи випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів (ПТЕЕС, додаток 1).

Основні нормативно-технічні показники, які використовуються при проведенні випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів (ПТЕЕС, додаток 2).

На кожен заземлювальний пристрій, що знаходиться в експлуатації, повинен бути заведений паспорт, склад якого наведений на рис. 2.10.

Дата введення в експлуатацію	
	Виконавча схема заземлення <p>1 – заземлювач; 2 – заземлювальні провідники; 3 – заземлюване обладнання</p>
Основні технічні характеристики	
Дані про результати перевірок стану заземлювального пристрою Протоколи : <ul style="list-style-type: none"> – вимірювання опору розтікання на основних заземлювачах і заземленнях магістралей і устаткування – перевірки повного опору петлі «фаза-нуль» 	
Відомість оглядів і виявлених дефектів	
Характер ремонтів і змін, внесених до заземлювального пристрою	

Рис. 2.10. Склад паспорта заземлювального пристрою

Візуальний огляд видимої частини заземлювального пристрою повинен проводитись за графіком огляду електрообладнання, встановленим особою, відповідальною за електрогосподарство.

Огляди заземлювачів з вибіркоvim розкриттям ґрунту в місцях найбільшого впливу корозії повинні проводитись згідно з графіками, затвердженими особою, відповідальною за електрогосподарство, але не рідше, ніж один раз на 12 років.

Для заземлювачів, що піддаються інтенсивній корозії, за рішенням особи, відповідальної за електрогосподарство, може бути встановлена частіша періодичність вибіркового розриву ґрунту.

Про результати огляду, виявлені несправності і вжиті заходи щодо їх усунення необхідно зробити відповідні записи в оперативному журналі.

Вибіркова перевірка заземлювальних пристроїв із розкриттям ґрунту повинна проводитись:

- на підстанціях поблизу нейтралей силових трансформаторів і автотрансформаторів, короткозамикачів, шунтувальних реакторів, заземлювальних введів дугогасильних реакторів, розрядників, обмежувачів перенапруг;
- на повітряних лініях електропередавання – у 2 % опор із заземлювачами.

Характеристики заземлювального пристрою (ЗП) повинні відповідати вимогам забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу і забезпечувати в нормальних і аварійних умовах наступні **експлуатаційні функції електроустановки:**

- дію релейних захистів від замикання на землю;
- дію захисту від перенапруг;
- відведення в ґрунт струмів блискавки;
- відведення робочих струмів (струмів несиметрії і тощо);
- захист ізоляції низьковольтних кіл і устаткування;
- зниження електромагнітних впливів на вторинні кола;
- захист підземного устаткування і комунікацій від струмових перевантажень;
- стабілізацію потенціалів відносно землі і захист від статичної електрики;
- забезпечення вибухо- і пожежобезпечності.

Основними параметрами, що характеризують стан заземлювального пристрою(ЗП), є:

- **опір розтіканню струму;**
- напруга на ЗП при стіканні з нього струму замикання на землю;
- напруга дотику (для електроустановок вище 1 кВ з ефективно заземленою нейтраллю, окрім опор повітряних ліній електропередавання).

При виникненні на території об'єкту короткого замикання або пов'язаних з ним аварійних ситуацій необхідно провести обстеження заземлювальних пристроїв в зоні аварії і на прилеглих до неї ділянках заземлювального пристрою.

Рекомендується проводити перевірку стану заземлювальних пристроїв після реконструкції, особливо при встановленні на об'єкті електронних і мікропроцесорних пристроїв (приміром пристроїв релейного захисту).

Особлива відповідальність заземлювальних пристроїв вимагає ретельної перевірки їх і оцінювання того, наскільки вони задовольняють технічним вимогам безпеки. При виконанні пуско-налагоджувальних робіт оцінюється якість виконання ЗП, що характеризується опором розтіканню струму, тобто опором ґрунту довкола заземлювача.

Тема 2.3. Перевірки, випробування та вимірювання параметрів заземлювальних пристроїв

2.3.1. Перевірка наявності електричного кола між заземлюваним електрообладнанням і елементами заземлювального пристрою. Перевірка наявності електричного кола між заземлюваним електрообладнанням і елементами заземлювального пристрою (перевірка металозв'язку) виконується при проведенні приймально-здавальних випробувань електроустановки і протягом її експлуатації в терміни, що встановлюються системою планово-запобіжних ремонтів.

Чинними ПТЕЕС встановлюється, що за результатами перевірки «не повинно бути обривів і незадовільних контактів у проводі, що з'єднує елементи або нульовий провід із заземлювачами».

Контактні з'єднання перевіряються оглядом, простукуванням, а також шляхом вимірювання перехідних опорів мостами, мікроомметрами і за методом амперметра-вольтметра.

Значення опору контактів не нормується, але практикою встановлено, що якісне приєднання до заземлювального пристрою (заземлювача) забезпечується при перехідному опорі не більше 0,05 Ом.

2.3.2. Перевірка корозійного стану елементів заземлювального пристрою. Заземлювальні пристрої піддаються спільній дії ґрунтової корозії та струмів короткого і подвійного

замикання на землю. Дія великих струмів прискорює руйнування природних і штучних заземлювачів.

При цьому, як правило, руйнуються:

- трубопроводи господарського водопостачання і аварійної пожежогасіння;
- заземлювальні провідники в місцях входу в ґрунт, безпосередньо під поверхнею ґрунту;
- зварні з'єднання в ґрунті;
- горизонтальні заземлювачі;
- нижні кінці вертикальних електродів.

Руйнування бувають локальні, місцеві і загальні.

Локальні корозійні пошкодження заземлювальних провідників виявляються при оглядах (в основному з розкопуванням ґрунту), а також при вимірюваннях напруги дотику і перевірці металозв'язку.

Місцева корозія характеризується появою на поверхні провідника окремих, інколи множинних, пошкоджень у формі виразок або кратерів, глибина і поперечні розміри яких співрозмірні і знаходяться в межах від долей міліметра до кількох міліметрів.

Загальна корозія виникає в ґрунтах з великою корозійною активністю.

Для суцільної поверхневої корозії характерне рівномірне по всій поверхні провідника проникнення в глиб металу з відповідним зменшенням розмірів поперечного перерізу елемента заземлювального пристрою. Після механічного видалення продуктів корозії поверхня металу виявляється шорсткою, але без очевидних виразок, точок корозії або тріщин.

Кількісна оцінка ступеню корозійного зношування виконується вибірково по ділянках контрольованого елемента заземлювальних пристроїв шляхом вимірювання характерних розмірів, залежних від дії корозії. Ці розміри визначаються після видалення з поверхні елемента продуктів корозії.

При суцільній поверхневій корозії характерними розмірами є лінійні розміри поперечного перерізу провідника (діаметр, товщина, ширина), вимірювані штангенциркулем.

При місцевій виразковій корозії вимірюється глибина окремих виразок (наприклад, за допомогою штангенциркуля), а також площа виразок на контрольованій ділянці.

Елемент заземлювальних пристроїв має бути замінений, якщо зруйновано більше 50% його перетину.

Для виявлення тенденції корозії і прогнозування терміну служби заземлювачів рекомендується виконати вимірювання електрохімічного окислювально-відновного потенціалу, питомого опору ґрунту і визначати наявність блукаючих струмів в землі.

Корозійний стан **заземлювальних пристроїв** перевіряється вибірково з розкриттям ґрунту в місцях, де заземлювачі найбільше підлягають корозії, а також поблизу нейтралей силових трансформаторів, автотрансформаторів, реакторів, короткозамикачів, розрядників, обмежувачів перенапруг.

Елемент **заземлювального пристрою** потрібно замінити, якщо зруйновано більше ніж 50 % його перерізу.

Заземлювальні провідники повинні бути захищені від корозії відповідно до вимог ПУЕ та ГКД 34.20.507-2003⁷. Відкрито прокладені заземлювальні провідники повинні мати захисне (відмітне) пофарбування чорного кольору (рис. 2.11).

На заземлювальних спусках на межі «земля-повітря» в екологічно несприятливих районах потрібно встановлювати термоусадочну трубку (не менше ніж 150 мм над землею і не менше ніж 150 мм під землею). В інших районах як захисний захід на межі «земля-повітря» допускається застосовувати й інші способи захисту (захисні оболонки, пофарбування на довжину 70 см).



а)

⁷ ГКД 34.20.507-2003 Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила (у редакції наказу від 21.06.2019 № 271)



б)

Рис. 2.11. Елементи заземлювального пристрою, що не допускають (а) і потребують (б) захисного фарбування

2.3.3. Вимірювання опору розтіканню струму заземлювального пристрою.

2.3.3.1. Теорія вимірювання опору заземлення та питомого опору ґрунту. На опір одноелементного заземлювача (рис. 2.12) впливають кілька факторів:

- опір металу заземлювача та опір контакту заземлювального провідника із заземлювачем. Штучний заземлювач виготовляють з міді, чорної або оцинкованої сталі (п. 1.7.111 ПУЕ) і використовують заземлювальний провідник відповідного розміру та перерізу (таблиця 1.7.4 ПУЕ), тому при наявності надійного контакту заземлювача із заземлювальним провідником можна знехтувати зазначеними опорами;
- опір контакту заземлювача із ґрунтом. Якщо заземлювач щільно вбитий у ґрунт на достатню глибину і не має на своїй підземній поверхні слідів фарби, олії та значної корозії, то опір контакту з ґрунтом також можна не враховувати;
- опір ґрунту.

Уявивши заземлювач у вигляді стрижня, оточеного концентричними шарами ґрунту однакової товщини (рис. 2.12), можна констатувати, що прилеглий до електроду шар ґрунту має найменшу поверхню, але найбільший опір. У міру віддалення електрода поверхня шару збільшується, а його опір зменшується. Вклад опору віддалених шарів у загальний опір ґрунту швидко стає незначним. Область, поза якою опором шарів землі можна знехтувати, називається **областю**

ефективного опору. Її розмір залежить від глибини занурення електроду в ґрунт. При обчисленні опору землі питомий опір ґрунту вважають незмінним.



Рис. 2.12. Одноелементний стрижневий заземлювач

Опір одноелементного стрижневого заземлювача визначається за формулою Дуайта:

$$R = \rho / 2\pi L \cdot ((\ln 4L) - 1) / r \quad (2.8)$$

де L - глибина занурення стрижня (електрода) в землю, м;

r - радіус стрижня, м

ρ — середній питомий опір ґрунту, Ом·м.

Аналіз формули Дуайта показує, що збільшення діаметра стрижня (заземлювача) зменшує опір заземлення незначно, зокрема, подвоєння діаметра знижує опір менше, ніж на 10%. Набагато сильніше впливає глибина залягання електрода. Теоретично при подвоєнні глибини опір заземлення зменшується на 40%. Головний чинник, який у результаті визначає опір заземлення і глибину розміщення стрижня, необхідну забезпечення заданого опору — це питомий опір ґрунту. Значною мірою він залежить від вмісту в ґрунті електропровідних мінералів та електролітів, тобто води, з розчиненими у ній солями. Питомий опір ґрунту сильно змінюється залежно від району земної кулі та пори року. Сухий ґрунт пустелі чи вічна мерзлота мають високий опір.

Через залежність питомого опору ґрунту від температури та вмісту вологи, опір заземлювального пристрою також змінюється

протягом року. Оскільки стабільність температури і вміст вологи в ґрунті підвищуються в міру віддалення від поверхні, система заземлення буде ефективна цілий рік, якщо заземлювач поміщений на значну глибину, що перевищує максимальну глибину промерзання.

Необхідність вимірювання питомого опору ґрунту та опору заземлювальних пристроїв виникає вже на етапі проектування та монтажу. Для вимірювання опору заземлювальних пристроїв використовують спеціальні прилади, які використовують принцип падіння напруги, створеного змінним струмом, що протікає між допоміжним електродом і заземлювальним пристроєм (заземлювачем).

Трипровідна (3р) схема вимірювання опору заземлювального пристрою (рис. 2.13) є основною і полягає у забиванні в ґрунт двох вимірювальних електродів (струмовий електрод Н і електрод напруги (потенціальний) S поблизу заземлювального пристрою (Е) за однопроменевою схемою. Потенціальний електрод S поміщають на одній лінії між заземлювальним пристроєм Е і струмовим електродом Н **в області нульового потенціалу**. Для точного вимірювання необхідно, щоб потенціал на допоміжному електроді напруги вимірювався за межами зон ефективного опору, як заземлювального пристрою, так і допоміжного струмового електрода. Область нульового потенціалу також розширюється зі збільшенням відстані між заземлювальним пристроєм, опір якого вимірюється, і допоміжним струмовим електродом. На практиці використовується **метод 62%**, що забезпечує найвищу точність за умови однорідності ґрунту. Користуючись цим методом, можна легко знайти місце встановлення допоміжного електрода напруги (точку нульового потенціалу) при розташуванні електродів уздовж прямої (рис. 2.14).

У міських умовах важко знайти місце для встановлення двох допоміжних електродів на потрібній відстані. Але при добре розвиненій інфраструктурі, поруч із заземлювачем (N) може виявитися ще одне заземлення (M) з відомим опором (рис. 2.15).

У цьому випадку застосовують **двопровідний метод (двопровідну схему) вимірювання (2р)**, результатом якого буде опір двох послідовно увімкнених заземлювальних пристроїв. Тому другий (допоміжний при вимірюванні) заземлювальний пристрій, має бути настільки добрим, щоб його опором можна було знехтувати. Крім того, необхідно додатково визначити опір вимірювальних провідників та відняти його від отриманого результату. Такий спрощений метод

застосовується як альтернативний спосіб, і він не такий точний, як 3-провідний (метод 62%), оскільки залежить від відстані між вимірюваним і допоміжним заземленням.

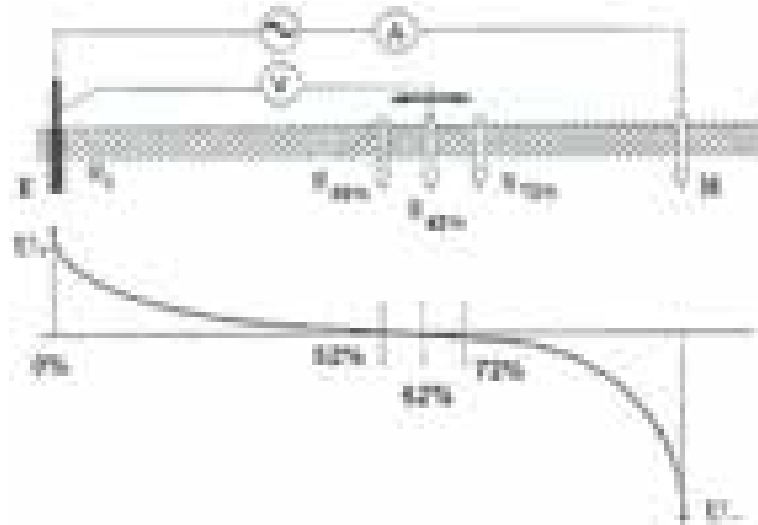


Рис. 2.13. Схема вимірювання опору заземлювального пристрою (заземлювача) за принципом падіння напруги

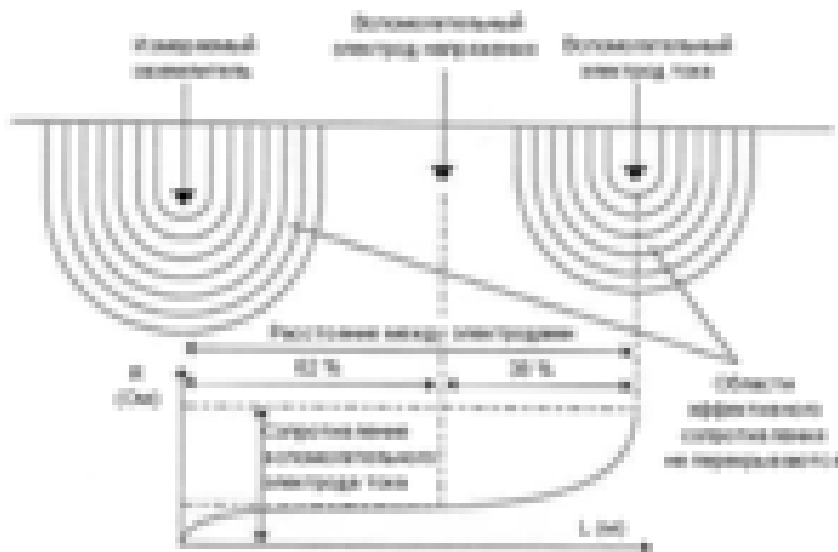


Рис. 2.14. Визначення точки нульового потенціалу методом 62%

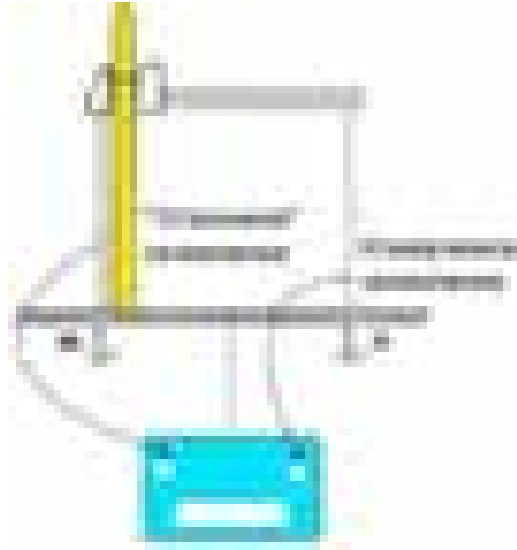


Рис. 2.15. Застосування спрощеного двопровідного методу (2р) вимірювання опору заземлювального пристрою

Тоді, коли потрібна виключно висока точність вимірювання, використовують **чотирипровідну (4р) схему** (рис. 2.16), що виключає вплив опору вимірювальних провідників.

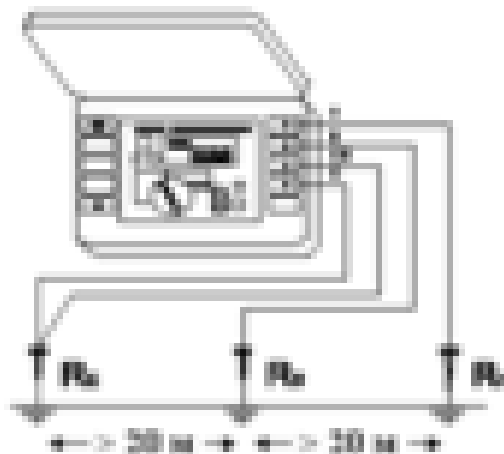


Рис. 2.16. Чотирипровідна схема (4р) із компенсацією впливу вимірювальних провідників

Всі перераховані вище способи на час вимірювання вимагають від'єднання заземлювального пристрою (заземлювача), опір якого вимірюється, від загальної системи заземлення (розкручування різьбового з'єднання/демонтаж зварного з'єднання). Для

багатоелементного заземлення такий процес є дуже трудомістким, тому приміром в приладах Sonel існує можливість проведення вимірювання без від'єднання заземлювача, опір якого вимірюється. При цьому методі (Зр+кліщі) струмовий електрод Н і потенціальний електрод S поміщаються в ґрунт таким же чином, як при класичному трипровідному методі, але струм вимірюється за допомогою кліщів, які встановлюються на заземлювачі (рис. 2.17). Прилад визначає опір заземлювача, на якому встановлені струмові кліщі (розраховує опір за величиною струму через цей заземлювач та ігнорує струм, що протікає через суміжні заземлювачі).

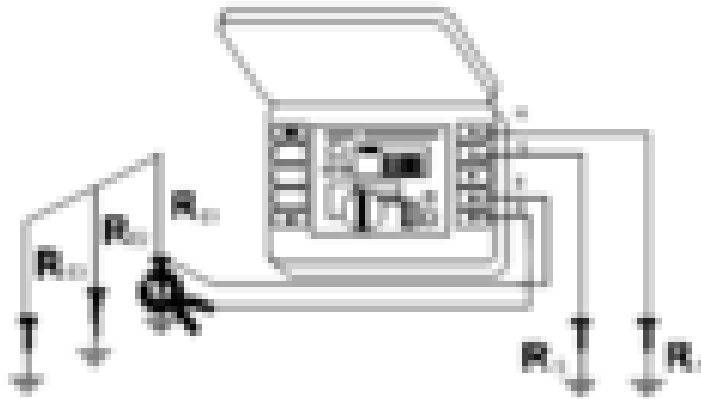


Рис. 2.17. Вимірювання опору одного елемента складного заземлення із застосуванням струмових кліщів без від'єднання заземлювального пристрою (заземлювача), опір якого вимірюється

Після вимірювання значення опорів окремих елементів заземлення $R_{E1}, R_{E2}, R_{E3} \dots R_{EN}$, загальну величину опору R_E розраховують за формулою:

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \dots + \frac{1}{R_{EN}}} . \quad (2.9)$$

Вимірювання опору заземлювальних пристроїв біля мегаполісів пов'язане із великими труднощами, особливо в центрі міста, де є щільна забудова, а через дорожнє покриття або тротуарну плитку неможливо встановити допоміжні електроди.

У разі складної системи заземлення, елементи якої з'єднані під землею, застосовують **метод двох кліщів** (рис. 2.18). Якщо заземлення з'єднані під землею, цей метод дозволяє встановити лише відсутність

обриву в колі. Передавальні кліщі за рахунок електромагнітної індукції збуджують струм у вимірюваному контурі, а додаткові кліщі вимірюють його. Не має значення, які з них знаходяться вгорі, важливо забезпечити мінімальну відстань між ними ($>3\text{см}$), щоб унеможливити вплив передавальних кліщів на струмовимірювальні кліщі.

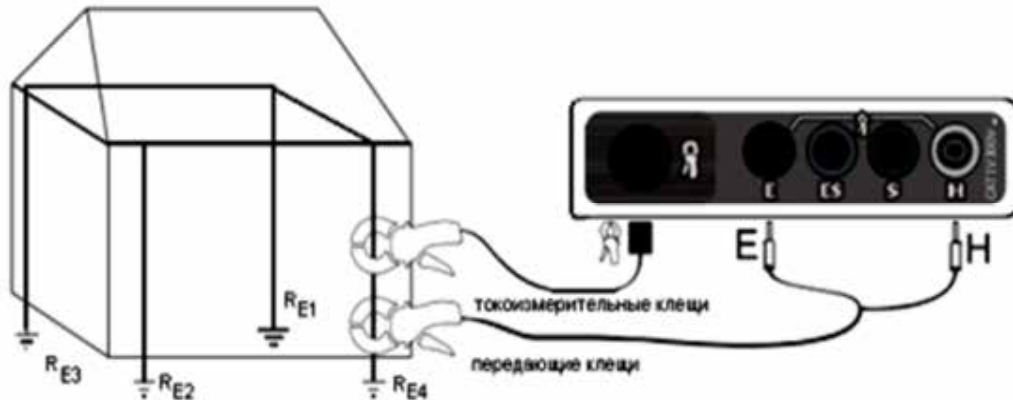


Рис. 2.18. Вимірювання опору заземлювального пристрою за допомогою двох кліщів

Після вимірювання прилад покаже величину опору R_E , який для чотириелементного заземлення (рис. 2.18) можна розрахувати за формулою:

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \frac{1}{R_{E4}}} + R_{\text{кл}} . \quad (2.10)$$

Як випливає з наведеного вище співвідношення, величина R_E буде сумою значення вимірюного опору заземлювача і результату паралельного з'єднання інших заземлювачів. Тому отримана величина опору заземлення трохи завищена (додаткова похибка вимірювання). Це непереконлива помилка методу. Оскільки результуюча величина паралельного з'єднання інших елементів заземлення буде тим менше, чим більше таких заземлювачів, рекомендується виконувати вимірювання цим методом тільки в багатоелементних системах.

Як випливає з формули Дуайта, питомий опір ґрунту безпосередньо впливає на конструкцію заземлювальних пристроїв (глибину залягання заземлювача при заданому опорі та кількість елементів). При розробці систем заземлення великого розміру важливо

знайти області найменшого опору ґрунту, щоб сконструювати найбільш економічний варіант з мінімальним числом елементів.

Для **вимірювання питомого опору ґрунту за методом Веннера**, реалізованому в приладах Sonel, використовують чотири електроди, розміщені лінійно на рівних відстанях (рис. 2.19). Значення питомого опору ґрунту автоматично розраховується в процесі вимірювання за формулою:

$$\rho = 2\pi d \cdot U/I \quad (2.11)$$

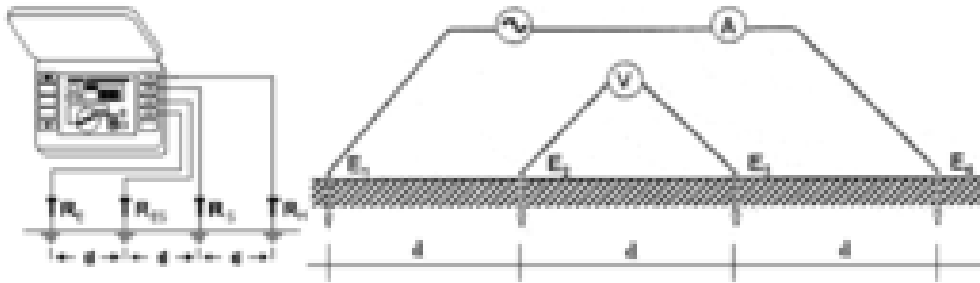


Рис. 2.19. Вимірювання питомого опору ґрунту (метод Веннера)

Характерною особливістю методу Веннера є прямо пропорційна залежність відстані між електродами та глибиною, де протікає струм. Граничне значення глибини проникнення струму в землю становить $0,7 \cdot d$. Виконуючи серію вимірювань питомого опору, при одночасній зміні відстані між електродами, можна приблизно оцінити, на якій глибині є найменше її значення. Потім слід розвернути електроди під прямим кутом до лінії, де проводилися вимірювання і повторити всю серію. Якщо прилад покаже значний розкид результатів, що утруднює виконання вимірювань, то ймовірно є наявність у цьому місці підземних комунікацій (труби водопроводу, металоконструкції тощо). У такому разі необхідно переставити електроди на кілька метрів у бік від місця, де спостерігалися неоднорідні показання, і повторити вимірювання питомого опору ґрунту. Близькі результати свідчать про однорідність ґрунту та правильність проведення вимірювань.

Отримані дані використовуються для геофізичного вивчення залягаючих порід з метою визначення зон і глибини залягання. Крім того, за величиною опору ґрунту можна оцінити швидкість корозії підземних трубопроводів. Значне зменшення опору ґрунту призводить

до посилення процесу корозії та потребує спеціальної захисної обробки підземних металевих поверхонь.

Таким чином:

- вимірювання опору заземлювальних пристроїв слід проводити **в періоди найбільшого висихання ґрунту**;
- розчинені у воді солі та мінерали надають ґрунту властивості електроліту, тому для вимірювання опору заземлювальних пристроїв необхідно використовувати змінний струм;
- щоб уникнути впливу струмів промислової частоти та їх вищих гармонік застосовують не кратну 50 Гц (60 Гц) частоту вимірювальної напруги;
- **найвищу точність вимірювання опору заземлювальних пристроїв забезпечує чотирипровідна схема (4р) методом 62%**;
- вимірювання опору заземлювальних пристроїв за допомогою двох кліщів має методичну похибку, тому його рекомендується застосовувати тільки в багатоелементних системах заземлення;
- метод Венери дозволяє швидко і просто виміряти питомий опір ґрунту.

2.3.3.2. Загальні рекомендації щодо вимірювання опору заземлювальних пристроїв із застосуванням допоміжних вимірювальних електродів (зондів).

Вимірювальні електроди слід розміщувати за однопроменевою або двопробевою схемами (рис. 2.20 та рис. 2.21).

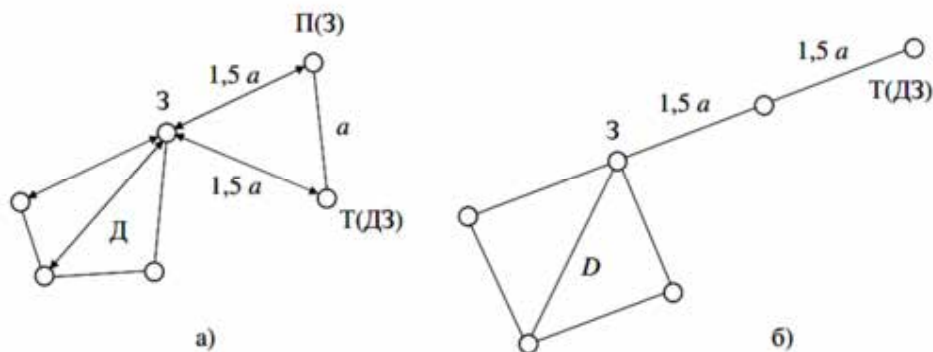


Рис. 2.20. Схеми розміщення струмового Т і потенціального П електродів при вимірюванні опору складних заземлювальних пристроїв і одиночних горизонтальних заземлювачів:

а) двопробева; б) однопробева

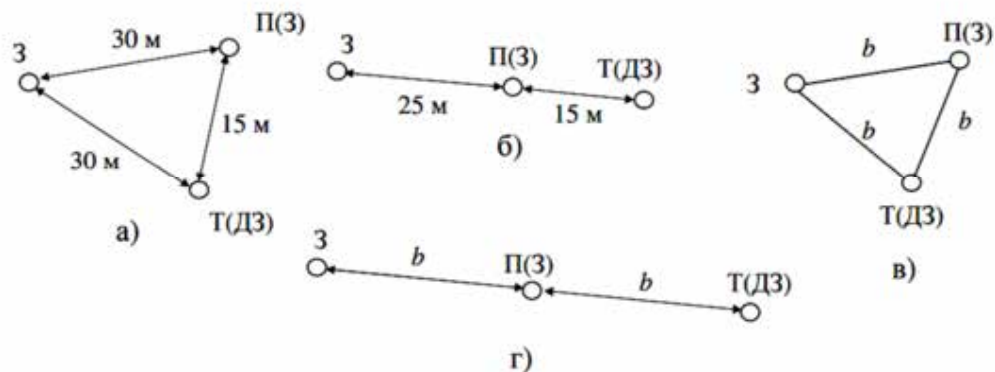


Рис. 2.21. Схеми розміщення струмового Т і потенціального П електродів при вимірюванні опору одиночних вертикальних заземлювачів:

а) і в) двопробеневі; б) і г) однопробеневі

За розмір D варто приймати: для заземлювальних сіток і для заземлювачів, які складаються із заземлювальних сіток чи контуру та вертикальних електродів, – довжину більшої діагоналі; для заземлювачів, які складаються з вертикальних електродів, розміщених у ряд і об'єднаних горизонтальною смугою, – довжину смуги; для заземлювачів у виді одинарної горизонтальної смуги – довжину смуги.

Розмір a варто приймати залежно від розміру D , виходячи з наступних співвідношень: $D > 20$ м, $a \geq D$; $40\text{ м} \geq D > 10\text{ м}$, $a \geq 40\text{ м}$; $10\text{ м} \geq D$, $a \approx 20\text{ м}$.

При вимірюванні опорів одинарних вертикальних заземлювачів довжиною до 6 м варто застосовувати схеми розміщення електродів, зображені на рис. 2.20.а, б; а для заземлювачів довжиною понад 6 м – схему на рис. 2.21.в, г. Відстань b варто приймати не менше $3D$, де D – довжина вертикального заземлення. Відносна похибка вимірювань δ , зумовлена малими відстанями між електродами, при використанні схем, наведених на рис. 2.20 та рис. 2.21, не перевищує $\pm 5\%$.

2.3.3.3. Вимірювання опору заземлювальних пристроїв аналоговим вимірювачем Ф4103-М1.

Вимірювач опору заземлення Ф4103-М1 призначений для вимірювання опору заземлювальних пристроїв, питомого опору ґрунту

та активних опорів як за наявності перешкод, так і без них з діапазоном вимірювань від 0-0,3 Ом до 0-15 КОм (10 діапазонів).

До початку вимірювань необхідно виконати деякі підготовчі операції:

- встановити сухі елементи у відсік живлення вимірювача з дотриманням полярності, а за відсутності їх підключити вимірювач до зовнішнього джерела за допомогою шнура живлення;
- встановити вимірювач на рівній поверхні та зняти кришку, за потреби закріпити її на бічній поверхні корпусу;
- перевірити напругу джерела живлення. Для цього закоротити затискачі Т1, П1, П2, Т2, встановити перемикачі у положення КЛБ та «0,3», а ручку КЛБ - у крайнє праве положення. Натиснути кнопку ИЗМ. Якщо лампа КП не засвічується, то напруга живлення в нормі.
- перевірити робоздатність вимірювача. Для цього в положенні КЛБ перемикача встановити нуль ручкою УСТ. 0, натиснути кнопку ИЗМ, ручкою КЛБ встановити стрілку на позначку «30».

Порядок роботи з вимірювачем Ф4103-М1

1. Вимірювання опору заземлювальних пристроїв.

Вимірювання опору заземлювальних пристроїв (ЗП) слід виконувати за схемою, наведеною на рис. 2.22.

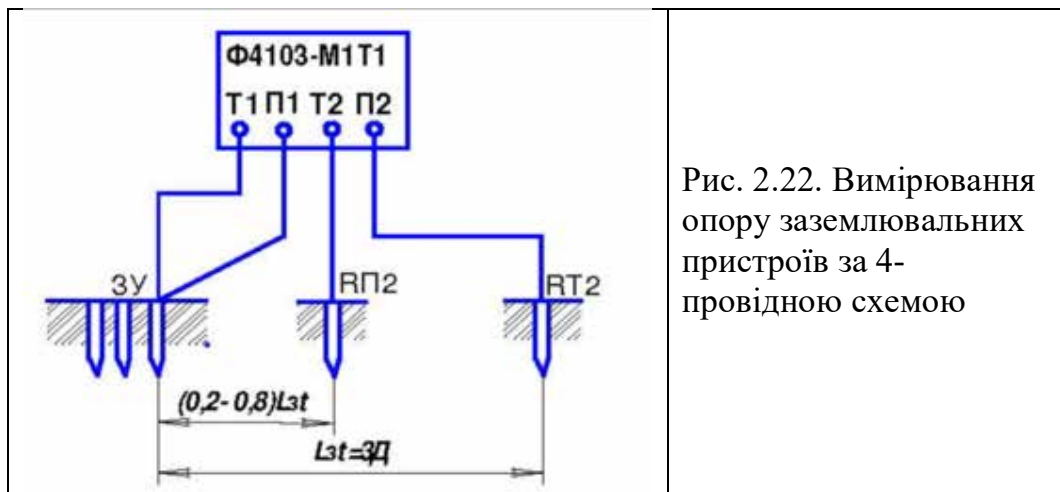


Рис. 2.22. Вимірювання опору заземлювальних пристроїв за 4-провідною схемою

Напрямок рознесення електродів Рп2 і Рт2 слід вибрати так, щоб з'єднувальні провідники не проходили поблизу металоконструкцій

і паралельно трасі ліній електропередавання. При цьому відстань між струмовим та потенціальним провідниками має бути не менше 1 м.

Приєднання провідників до заземлювального пристрою слід виконувати на одній металоконструкції, вибираючи місця підключення на відстані (0,2-0,4) м один від одного.

Струмовий електрод ($R_{т2}$) встановити на відстані $L_{zt} = 2D$ (переважно $L_{zt} = 3D$) від краю випробуваного пристрою (D - найбільша діагональ заземлювального пристрою), а потенціальний електрод ($R_{П2}$) - по черзі на відстанях (0,2; 0,3; 0,4 ;0,5;0,6;0,7;0,8) L_{zt} .

Вимірювання опору заземлювальних пристроїв слід проводити при встановленні потенціального електрода в кожній із зазначених точок. За даними вимірювань побудувати криву «б» залежності опору заземлювального пристрою від відстані потенціального електрода до заземлювального пристрою. Приклад такої побудови наводиться на рис. 2.23.

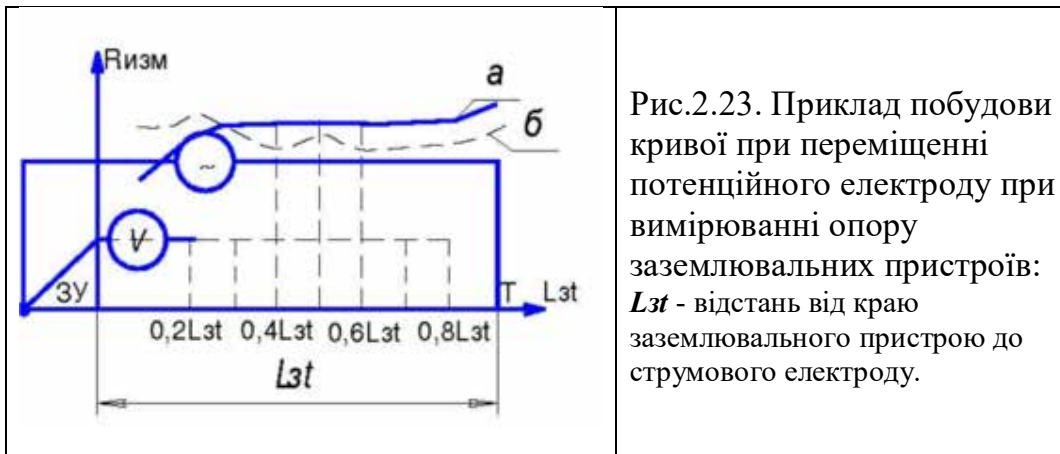


Рис.2.23. Приклад побудови кривої при переміщенні потенційного електрода при вимірюванні опору заземлювальних пристроїв: L_{zt} - відстань від краю заземлювального пристрою до струмового електрода.

Отриману криву «б» потрібно порівняти з кривою «а»:

- якщо крива «б» має монотонний характер (такий, як у кривої «а») і значення опорів ЗП, виміряні при положеннях потенціального електрода на відстанях $0,4 L_{zt}$ і $0,6 L_{zt}$, відрізняються не більше, ніж на 10%, то місця забивання електродів обрані правильно і за опір ЗП приймається значення, отримане при розташуванні потенціального електрода на відстані $0,5 L_{zt}$;
- якщо крива «б» відрізняється від кривої «а» (не має монотонного характеру, див. рис. 2.23), що може бути наслідком впливу підземних і наземних металоконструкцій, то

вимірювання слід повторити при розташуванні струмового електроду в іншому напрямку від заземлювального пристрою.

Якщо значення опору заземлювального пристрою, виміряні при положеннях потенціального електроду на відстанях $0,4 Lzt$ і $0,6 Lzt$, відрізняються більш ніж на 10%, то потрібно повторити вимірювання при збільшеній в 1,5-2 рази відстані від ЗП до струмового електроду.

Після вибору місця встановлення потенціального і струмового електродів вимірювання опору заземлювального пристрою слід проводити у наступній послідовності.

1. Підключити провідники від **РП2** та заземлювального пристрою відповідно до затискачів П2 та П1 (рис. 2.22).

2. Перевірити рівень перешкод у вимірювальному колі. Для цього встановити перемикачі приладу в положення ИЗМ II та «0,3» і натиснути кнопку ИЗМ. Якщо лампа КПм не спалахує, то рівень перешкод не перевищує допустимий і вимірювання можна проводити. Якщо лампа КПм засвічується, то рівень перешкод перевищує допустимий діапазон 0-0,3 Ом (3 В) і необхідно перейти на діапазон 0-1 Ом, де допустимий рівень перешкод 7 В. Якщо в цьому випадку лампа не спалахує, можна проводити вимірювання на всіх діапазонах (крім діапазону 0-0,3 Ом).

УВАГА! Забороняється підключати провідники до затискачів Т1, Т2 і проводити вимірювання, якщо лампа КПм засвічується на діапазоні 0-1 Ом, щоб уникнути виходу вимірювача з ладу. При короткочасному підвищенні рівня перешкод вище за допустимий потрібно провести повторний контроль через деякий час.

3. Виміряти опір потенціального електроду за двозатискною схемою (рис. 2.24). Для цього встановити діапазон вимірювання, що орієнтовно відповідає вимірюваному опору електрода, потім встановити нуль і відкалібрувати вимірювач за п. 5.4. Перевести перемикач РОД РАБОТ в положення ИЗМ II і відрахувати значення опору електроду. Якщо воно перевищує допустиме значення, вказане в табл. 2.12 для обраного діапазону вимірювання, його необхідно зменшити (збільшити кількість стрижнів, покращити провідність прилеглих до них ділянок землі тощо).

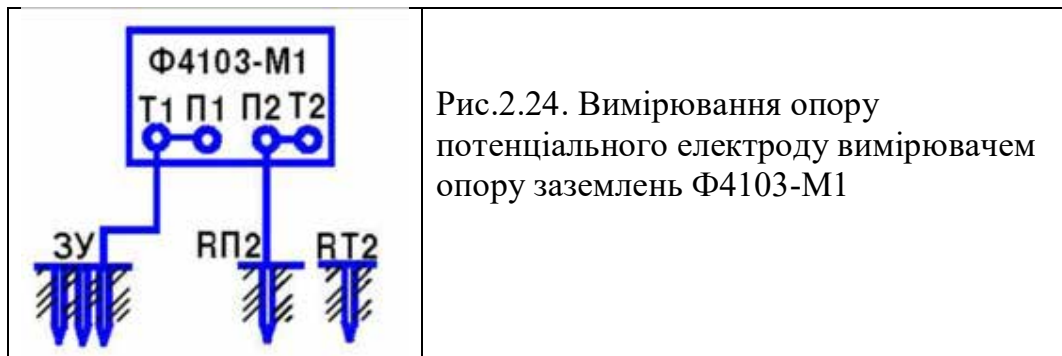
4. Підключити вимірювач відповідно до рис. 2.24.

5. Встановити необхідний діапазон вимірювань, потім провести встановлення нуля та калібрування за п.5.4. Якщо під час калібрування

стрілка знаходиться лівіше позначки «30» - зменшити опір струмового електрода.

Перевірити роботоздатність вимірювача. Для цього в положенні КЛБ перемикача РОД РАБОТ встановити нуль ручкою УСТ.0, натиснути кнопку ИЗМ, ручкою КЛБ встановити стрілку на відмітку «30».

Перевести перемикач РОД РАБОТ в положення ИЗМ II і відрахувати значення опору. Якщо стрілка під впливом перешкод робить коливальні рухи, усунути їх обертанням ручки ПДСТ f.



Таблиця 2.12. Допустимі значення опору допоміжних електродів, кОм

Діапазон вимірювань, Ом	Діапазон допустимих значень опору електродів, кОм	
	потенціальних РП1 і РП2 або їх сумарний опір (РП1 + РП2)	струмових РТ1 і РТ2 або їх сумарний опір (РТ1 + РТ2)
0 – 0,3; 0 - 1	0 - 2	0 - 1
0 – 3; 0 - 10	0 - 6	0 - 3
0 - 30; 0 – 100 0 - 300; 0 – 1000 0 – 3000; 0 - 15000	0 - 12	0 - 6

6. За необхідності перейти на діапазон вимірювання великих опорів, переключивши ПРЕДЕЛЫ Ω у необхідне положення. Встановити нуль та відкалібрувати вимірювач за п.5.4. Потім перевести перемикач РОД РАБОТ в положення ИЗМ II і відрахувати значення опору.

Вимірювання опору точкового заземлювача слід проводити при *Lzt* не менше 30 м.

2. Вимірювання питомого опору ґрунту.

Вимірювання питомого опору ґрунту треба проводити за симетричною схемою Веннера (рис. 2.25.)

Вимірювання проводити у наступній послідовності.

Підключити до вимірювача потенційні електроди за двозатискною схемою (рис. 2.24.) та виміряти їх опори за методикою, наведеною вище, для потенціального електроду.

Підключити вимірювач до схеми вимірювання відповідно до рис. 2.25.

Провести вимірювання за методикою п.6.1.2.5.

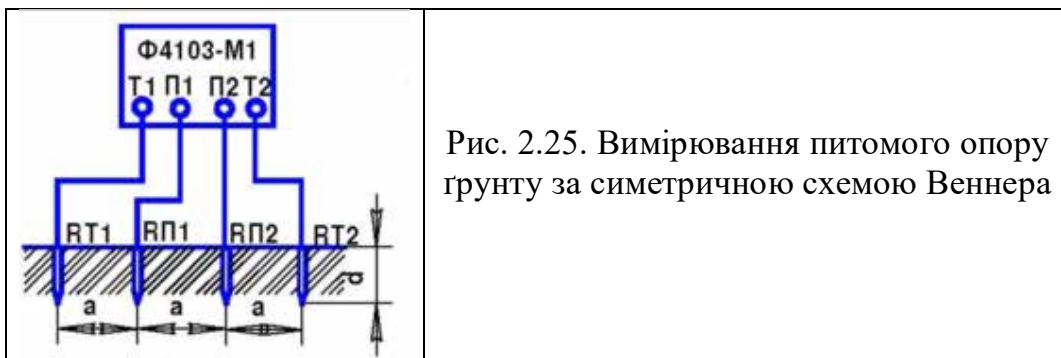


Рис. 2.25. Вимірювання питомого опору ґрунту за симетричною схемою Веннера

Здається питомий опір ґрунту ρ на глибині, що дорівнює відстані між електродами «а» визначити за формулою:

$$\rho = 2 \pi R_{\text{вим}}, \quad (2.12)$$

де $R_{\text{вим}}$ – показання вимірювача Ом.

Відстань «а» слід приймати не менше ніж у 5 разів більше глибини занурення електродів.

УВАГА! Для прискорення процесу вимірювання можна замість режиму ИЗМ II користуватися режимом ИЗМ I, якщо стрілка не коливається під впливом перешкод.

Щоб уникнути помилкового відліку, зчитування показань слід виконувати приблизно через 6 секунд після натискання кнопки ИЗМ.

У разі перевірки роботоздатності вимірювача за допомогою магазину опорів на діапазонах 0 – 0,3 Ом,... 0 – 10 Ом необхідно враховувати початковий опір магазину.

2.3.3.4. Вимірювання опору заземлювальних пристроїв і питомого опору ґрунту цифровим вимірювачем С.А 6462.

У вимірювачі опору заземлення С.А 6462 застосовано стандартний метод вимірювання заземлення із застосуванням допоміжних електродів.

Вимірювач С.А 6462 (рис. 2.26) дозволяє виміряти:

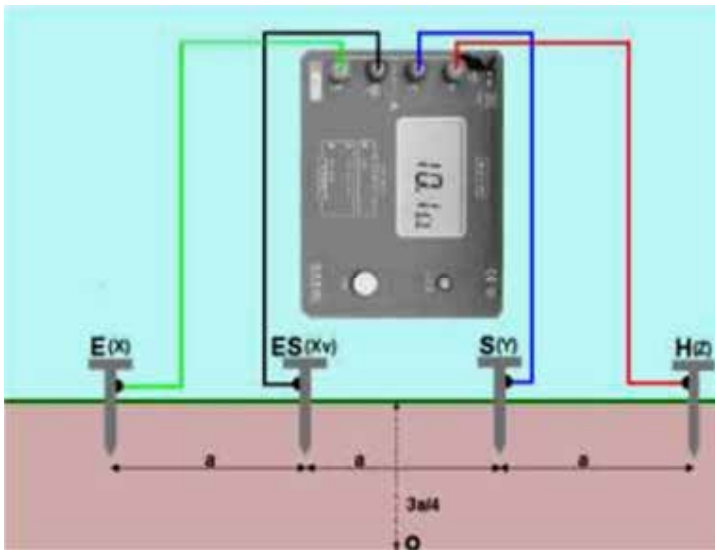
- опір заземлювального пристрою (4-провідна схема вимірювань);
- питомий опір ґрунту (3-провідна схема вимірювань);
- зв'язок між електрично незалежними заземлювальними пристроями (4-провідна схема вимірювань).

Для зручності підключення виходи приладу мають кольорове маркування, а шунт дозволяє легко та швидко переходити від 4-провідної схеми вимірювання до 3-провідної. Результат вимірювання та одиниця вимірювання безпосередньо відображаються на великому дисплеї з підсвічуванням.



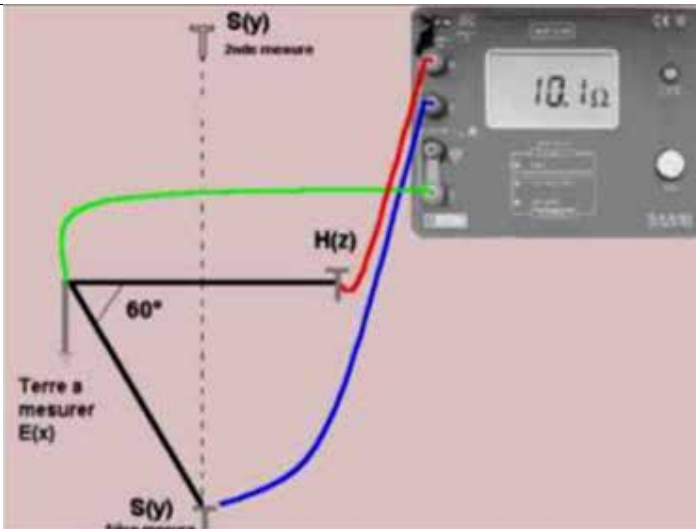
Рис. 2.26. Вимірювачі опору заземлення і питомого опору ґрунту - тестери заземлювальних пристроїв С.А 6460 і С.А 6462

На рис. 2.27 наведені схеми увімкнення вимірювача С.А 6460 (С.А 6462) для проведення вимірювань.



а)

Вимірювання опору ґрунту методом Веннера (4-провідна схема з використанням 4-х електродів)



в)

Вимірювання опору заземлювального пристрою методом трикутника за 3- провідною схемою з використанням 2-х електродів

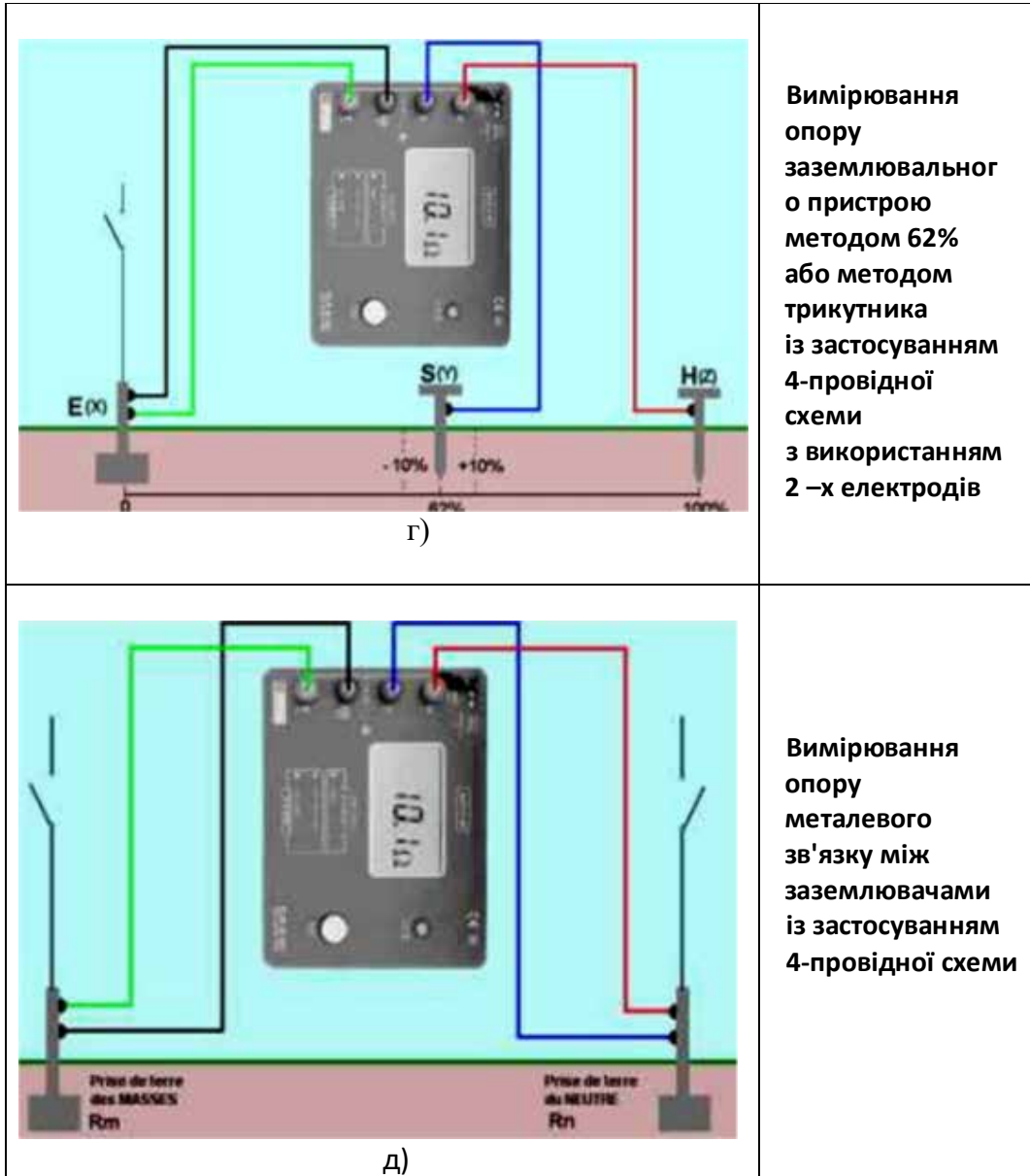


Рис. 2.27. Вимірювання параметрів заземлювальних пристроїв за допомогою вимірювачів опору заземлення, питомого опору ґрунту - тестерів пристроїв заземлення С.А 6460 і С.А 6462

2.3.3.5. Безелектродний спосіб вимірювання опору заземлювальних пристроїв.

Класичні методи вимірювання опору заземлювальних пристроїв передбачають встановлення додаткових заземлювальних електродів на відстані близько 20 м від заземлювального пристрою, опір якого вимірюється. При цьому можуть виникнути проблеми, якщо

в процесі вимірювання доведеться встановлювати електроди на приватній території, а також проблеми із встановленням додаткових електродів узимку в промерзлий ґрунт.

Іншим недоліком традиційних способів вимірювання опору ЗП є необхідність від'єднувати паралельно підключені заземлювальні пристрої.

Перелічені обставини роблять актуальним застосування безелектродних методів вимірювання опору заземлення, що стало можливим завдяки використанню струмовимірювальних кліщів.

Принцип безелектродного способу вимірювання опору **заземлювального пристрою** (рис. 2.28) полягає в наступному. На **заземлювальний пристрій** від вимірювального генератора подається змінний струм заданої напруги з частотою, яка відрізняється від частоти мережі. Сила струму в колі **заземлювального пристрою** вимірюється спеціалізованими струмовимірювальними кліщами з фільтром, який робить їх чутливими тільки до струму частотою, на якій працює вимірювальний генератор. За отриманими даними вимірювання струму, що стікає в заземлювач, ґрунтуючись на відомому значенні напруги, поданої на **заземлювальний пристрій**, спеціалізовані кліщі автоматично обчислюють його опір.

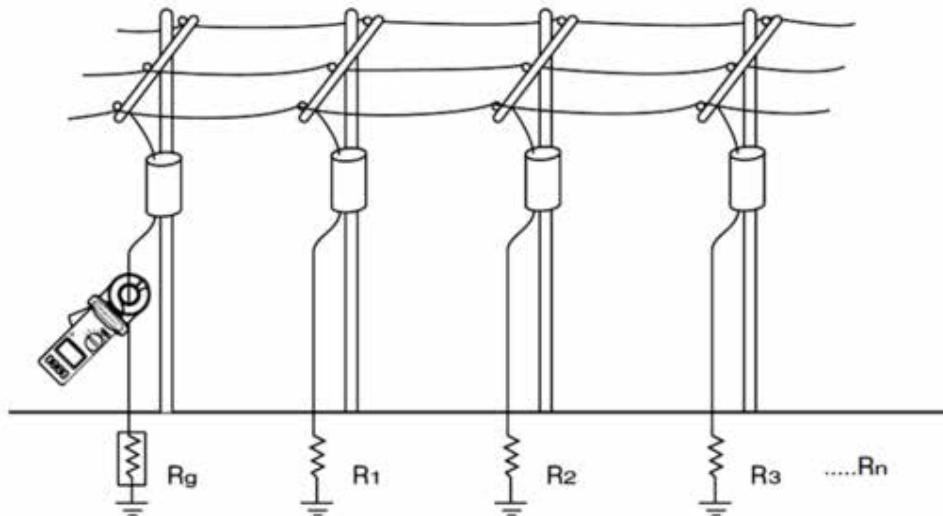


Рис. 2.28. Безелектродна схема вимірювання опору заземлювального пристрою **R_g** із застосуванням струмовимірювальних кліщів

Напруга на **заземлювальний пристрій** подається за допомогою інших струмовимірювальних кліщів (рис. 2.29) Вони використовуються як генератор і трансформатор, що підводить струм до **заземлювального пристрою**.

Найбільш сучасні моделі поєднують кліщі-генератор та вимірювальні кліщі в єдиній конструкції, що дозволяє використовувати тільки один прилад.

Переваги безелектродного способу вимірювання опору заземлення особливо виявляються, якщо використовувати легкі і компактні прилади.

Наприклад кліщі Fluke 1630 (рис. 2.30), розміри яких становлять всього 276x100x47 мм, а маса - 750 г. Живиться прилад від автономного джерела (лужної батареї), час роботи без заміни батареї становить 8 год. Кліщами охоплюють провід або шину, що ведуть до заземлення, та через 0,5 с на дисплеї з'явиться значення опору.

Прилад здатен виміряти опір заземлення в діапазоні від 0,025 до 1500 Ом. Цей діапазон розбитий на 7 піддіапазонів, вибір яких здійснюється автоматично. Настільки широкий діапазон дозволяє використовувати прилад не тільки для вимірювання опору заземлення, але і струму витoku.

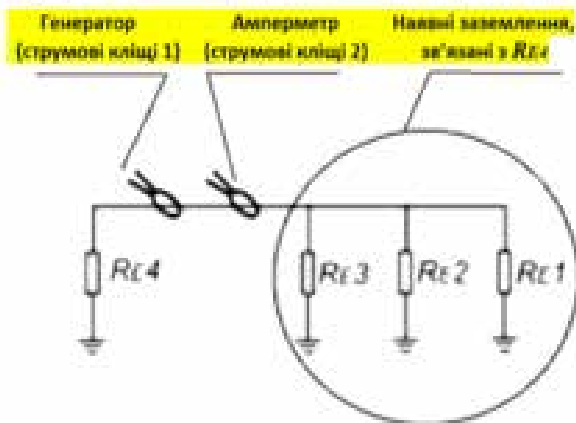


Рис. 2.29. Електрична схема вимірювання опору заземлювального пристрою (R_{E4}) безелектродним методом з використанням двох випробувальних кліщів за наявності зв'язку з іншими системами заземлення (R_{E3} , R_{E2} і R_{E1})



Рис. 2.30. Кліщі - вимірювач опору заземлення Fluke 1630

До речі, прилад Fluke-1630 може використовуватися і як звичайні струмовимірювальні кліщі, вимірюючи струм силою до 4 А.

Інтерпретація результатів вимірювань.

Точність вимірювання опору, що не перевищує 100 Ом приладом Fluke 1630, становить не більше +/- 1,5%. Але тут важливо розуміти, який саме опір вимірюють кліщі.

З еквівалентної схеми вимірювального кола (рис. 2.31) видно, що вимірюється опір електричного кола R_s , до якого входять окрім вимірюваного заземлювального пристрою R_g інші заземлення та власне земля.

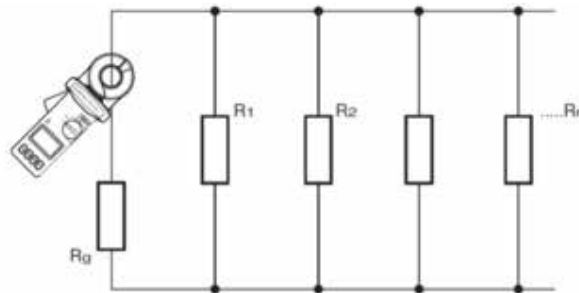


Рис. 2.31. Еквівалентна схема вимірюваного кола

Вимірювальні кліщі видають значення, розраховане за формулою:

$$R_s = E/I,$$

де E – напруга, індукована у провіднику;

I – вимірюваний струм.

При цьому:

$$R_s = R_g + R_z + 1/(1/R_1 + 1/R_2 + \dots 1/R_n),$$

де R_g – опір заземлювального пристрою;

R_z – опір ґрунту;

n – кількість заземлювальних пристроїв, увімкнених паралельно до заземлювального пристрою, опір якого вимірюється.

Сума R_z і загального опору увімкнених паралельно заземлювальних пристроїв набагато менше максимально допустимого значення опору заземлення (4 - 8 Ом). Тому приймають, що:

$$R_g \approx R_s,$$

Причому, насправді $R_g < R_s$.

Для вимірювання використовується частота близько 3 кГц. Це також може стати джерелом похибки, тому що на цій частоті вже починає позначатися індуктивність провідників. Але, знову ж таки, наявність у провідників індуктивності вносить похибку у бік збільшення опору.

Метод безелектродного вимірювання опору заземлювальних пристроїв дає його завищене значення, а насправді опір заземлення буде трохи нижчим. Це дуже важливо з точки зору безпеки, оскільки похибка методу принципово не може призвести до заниженої оцінки опору, коли несправне заземлення буде оцінюватися як справне.

2.3.4. Вимірювання напруги дотику.

Напруга дотику U_{dot} визначається за формулою:

$$U_{dot} = I_z \frac{U_{вим}}{I_{вим}} \cdot \frac{R_{люд}}{R_{люд} + R_{осн.мін}}, \quad (2.13)$$

де I_z - значення струму замикання на землю в місці вимірювання;

$\frac{U_{вим}}{I_{вим}}$ - опір, вимірний приладом;

$R_{люд}$ - опір тіла людини (для установок понад 1000 В з ефективно заземленою нейтраллю $R_{люд} = 1$ кОм);

R_{осн.мін} - мінімальне зі всіх вимірних на об'єкті значень опору основи.

2.3.4.1. Вимірювання напруги дотику виконують методом амперметра-вольтметра за допомогою приладів типу **ЭКО-200, MZC-310S** або інших приладів аналогічного призначення. Під час вимірювань, виходячи з умов безпеки, необхідно застосовувати наднизьку (малу) напругу, яка для змінного струму не повинна перевищувати 50 В, а для постійного струму - 120 В. Заборонена наявність сторонніх людей (тварин тощо) у районі проведення робіт та місці встановлення струмового допоміжного електроду.

Напругу дотику в електроустановках, в яких ЗП виконано за нормами на напругу дотику (у мережах з великими струмами КЗ), вимірюють при приєднаних природних заземлювачах. Напругу дотику необхідно вимірювати в контрольних точках, для яких ці значення визначено за допомогою розрахунку під час проектування. З метою накопичення інформації в базі даних для діагностування стану ЗП рекомендується вимірювати напруги дотику також на робочих місцях оперативного обслуговування електричного обладнання (у цих місцях у момент дотику персоналу до обладнання та конструкцій можуть відбутись КЗ) та на інших потенційно небезпечних місцях.

Вимірювання напруги дотику виконують наступним чином:

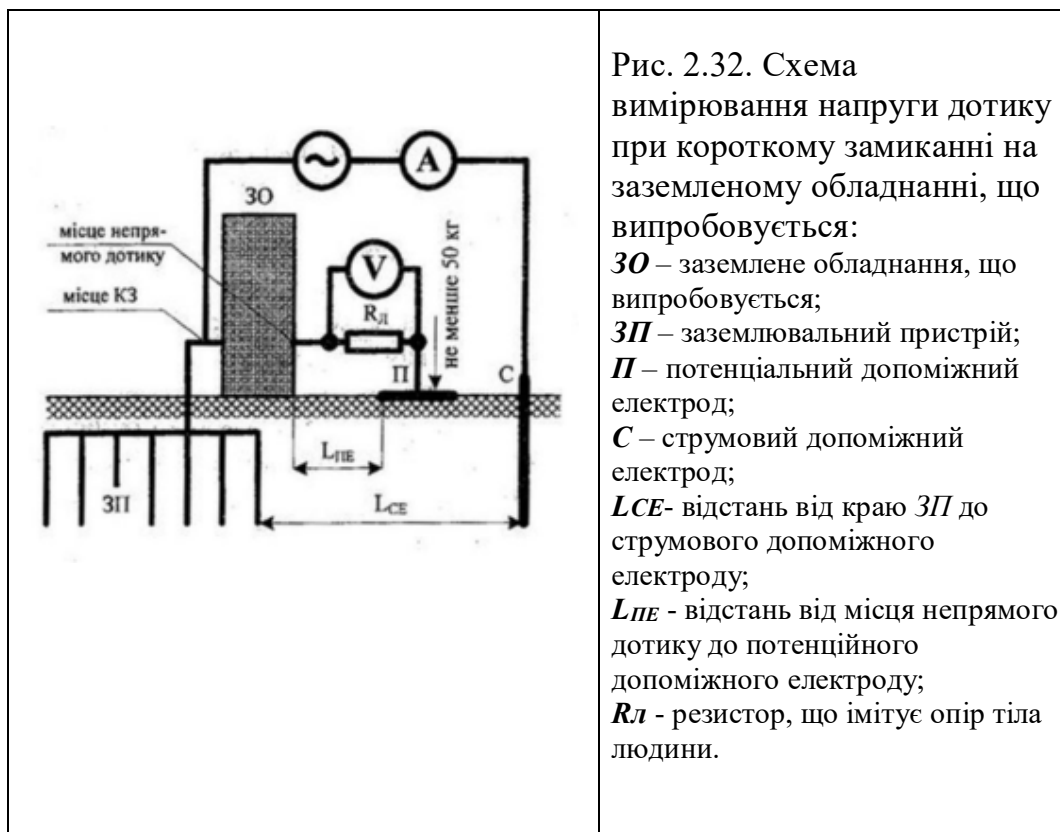
- на відстані від краю ЗП, яка дорівнює $L_{CE}=(1,5\div 3) D$ (D - найбільший розмір ЗП, наприклад, діагональ), розташовують струмовий допоміжний електрод C ;
- між заземленим обладнанням $ЗО$, на якому потрібно провести вимірювання та струмовим допоміжним електродом C вмикають джерело живлення (\sim), значення струму якого $I_{вим}$ вимірюють амперметром A ;
- потенціальний допоміжний електрод $П$ встановлюють на відстані $L_{PE} = 0,8$ м від місця непрямого дотику та за допомогою вольтметра V при протіканні струму $I_{вим}$ вимірюють напругу $U_{вим}$ на резисторі ($R_l = 1000$ Ом), що імітує опір тіла людини. Резистор R_l вмикають між місцем непрямого дотику та потенційним допоміжним електродом $П$) (рис. 2.32);
- напругу дотику $U_{дом}$, [В] розраховують за формулою:

$$U_{\text{дот}} = U_{\text{вим}} \frac{I_{\text{кз розр}}}{I_{\text{вим}}}, \quad (2.14)$$

де $I_{\text{кз розр}}$ - розрахунковий струм однофазного КЗ за даними енергетичної системи. А;

$U_{\text{вим}}$ - виміряна напруга, В;

$I_{\text{вим}}$ - виміряний струм, А.



Як допоміжний струмовий електрод застосовують металевий стрижень або трубу діаметром до 50 мм. Стрижень у місці приєднання провідника потрібно очистити від іржі.

Струмовий допоміжний електрод **С** встановлюють на глибину від 0,8 м до 1,0 м.

Потенціальний допоміжний електрод **П** імітує стопи ніг людини та являє собою металеву пластину розміром 25x25 см. На потенційний допоміжний електрод **П** встановлюють вантаж масою не менше 50 кг. Поверхню ґрунту під пластину потрібно вирівняти та зволожити. Допоміжний струмовий електрод **С** необхідно розташовувати не ближче ніж 100 м від металевих комунікацій, пов'язаних із 3П об'єкта

(трубопроводів, кабелів з металевими оболонками тощо). Під час вимірювання опору ЗП опір струмового допоміжного електроду C не повинен перевищувати значення 100 Ом. Опір струмового допоміжного електроду C можна знизити зволоженням ґрунту водою або розчином солі в місці його розміщення або з використанням декількох стрижнів, з'єднаних між собою.

На точність вимірювань можуть значно впливати сторонні струми в землі (блукаючі струми, а також обумовлені робочим режимом електроустановки струми, які стікають із заземлювача в землю). Під час вимірювання потрібно з'ясувати наявність сторонніх струмів у ЗП, які слід визначати за показаннями вольтметра V при вимкненому джерелі живлення. За необхідності зменшення впливу сторонніх струмів у ЗП потрібно під час проведення вимірювань вжити наступних заходів:

- вимкнути електрозварювальні апарати, пристрої катодного захисту тощо;

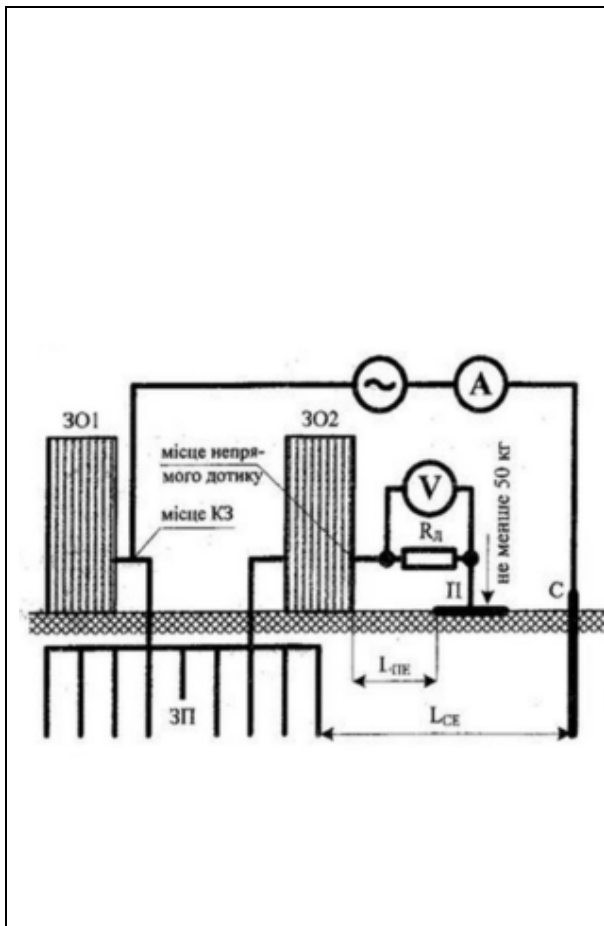


Рис. 2.33. Схема вимірювання напруги дотику на заземленому обладнанні, що випробовується, при короткому замиканні на іншому заземленому обладнанні:
301 – заземлене обладнання, на якому виникло КЗ;
302 – заземлене обладнання, що випробовується;
ЗП – заземлювальний пристрій;
П – потенціальний допоміжний електрод;
С – струмовий допоміжний електрод;
 L_{CE} – відстань від краю ЗП до струмового допоміжного електроду;
 L_{PE} – відстань від місця непрямого дотику до потенційного допоміжного електроду;
 R_l – резистор, що імітує опір тіла людини.

- забезпечити напругу на заземлювачі від вимірювального струму, принаймні, у 10 разів більшу за напругу, обумовлену сторонніми струмами;
- застосовувати вимірювальний струм частотою, відмінною від частоти сторонніх струмів, але близькою до промислової частоти.

Напругу дотику можна вимірювати на заземленому обладнанні, що випробовується **302**, при виникненні КЗ на іншому заземленому обладнанні **301** (рис. 2.33).

Під час проведення вимірювань напруги дотику на території розподільчих пристроїв (світлових дворів) електричних станцій, якщо більша частина струму КЗ повертається до нейтралі (*N* блочного трансформатора (автотрансформатора), то як струмовий допоміжний електрод можна використовувати заземлювальний провідник цієї нейтралі (рис. 2.34).

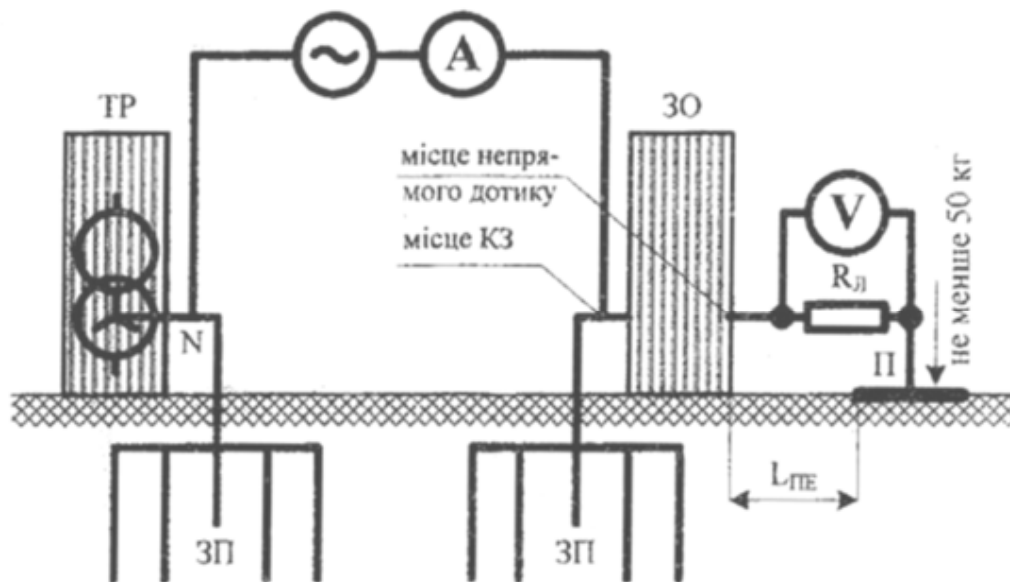


Рис. 2.34. Схема вимірювання напруги дотику при КЗ на заземленому обладнанні, що випробовується, на території розподільчих пристроїв електричних станцій:

TP – блочний трансформатор (автотрансформатор); **N** – заземлювальний провідник нейтралі **TP**; **30** – заземлене обладнання, що випробовується; **ЗП** – заземлювальний пристрій; **П** – потенційний допоміжний електрод; **LПЕ** – відстань від місця непрямого дотику до потенційного допоміжного електроду; **Rл** – резистор, що імітує опір тіла людини

Напруга дотику на заземленому обладнанні в електроустановках вище 1000 В із заземленою нейтраллю не повинна перевищувати гранично допустимі значення напруги дотику (табл. 2.13) відповідно до вимог СОУ-Н ЕЕ 20302⁸.

Таблиця 2.13. Допустимі напруги дотику

Напруга дотику, В	500	400	200	130	100	65
Тривалість впливу напруги, с	0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	*1,0 і більше

Тема 2.4. Приладове забезпечення випробувань та вимірювань параметрів заземлювальних пристроїв

Для вимірювання опору заземлювальних пристроїв і визначення напруги дотику багато років використовується ряд приладів, що відрізняються сферою застосування, діапазонами вимірюваних значень, схемами, перешкодостійкістю, частотою вимірювального струму тощо.

Вимірювач опору заземлення М416 (рис. 2.35.) призначений для вимірювання опору заземлювальних пристроїв, активних опорів і може бути використаний для визначення питомого опору ґрунту.



Рис. 2.35. Вимірювач опору заземлення М416. Зовнішній вигляд

⁸ СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 Норми випробування електрообладнання (нова редакція 2020)

Технічні характеристики вимірювача опору заземлення М416

Параметр	Значення параметра
1 Діапазони вимірювання, Ом	0,1 - 10; 0,5 - 50; 2 - 200; 10 - 1000
2 Живлення	3 сухі елементи загальною напругою 4,5 В. Один комплект сухих елементів забезпечує не менше 1000 вимірювань
3 Споживаний струм, мА , не більше	90
4 Напруга на затискачах приладу при розімкнутому зовнішньому колі і номінальному значенні напруги джерела живлення, В, не менше	13
7 Маса, кг, не більше	3
8 Габаритні розміри, мм	245x140x170

Вимірювач опору заземлення Ф4103-М1 (рис. 2.36) призначений для вимірювання опору заземлювальних пристроїв, питомого опору ґрунтів і активних опорів як за наявності перешкод, так і без них з діапазоном вимірювань від 0-0,3 Ом до 0-15 КОм (10 піддіапазонів).



Рис. 2.36. Вимірювач опору заземлення Ф4103-М1

Технічні характеристики вимірювача опору заземлення Ф4103-М1

Діапазон вимірювань, Ом	Діапазон допустимих значень опору електродів, кОм	
	потенціальних	струмових
	Рп1, Рп2 або їх сумарний опір (Рп1+Рп2)	Рт1, Рт2 або їх сумарний опір (Рт1+ Рт2)
0-0,3; 0-1	0-2	0-1
0-3; 0-10	0-6	0-3
0-30; 0-100; 0-300; 0-1000; 0-3000; 0-15000	0-12	0-6
Примітка. Рт1, Рт2, Рп1, Рп2 – умовні позначення опорів електродів, що підключаються до відповідних затискачів.		

Параметр	Значення параметра
1. Класи точності	4,0 на діапазоні (0-0,3) Ом 2,5 на решті діапазонів
2. Межі основної допустимої приведені похибки	± 4 % на діапазоні (0-0,3) Ом ± 2,5 % на решті діапазонів від кінцевого значення діапазону вимірювання
3. Частота вимірювального струму, Гц	265 - 310
4. Напруга змінного струму на затискачах Т1 і Т2 при розімкненому зовнішньому колі, В, не більше	36
5. Живлення	Дев'ять елементів 373, А373 (R20, LR20) або зовнішнє джерело постійного струму напругою від 11,5 В до 15 В
6. Споживаний струм, мА, не більше	160
7. Напруга на затискачах приладу при розімкненому зовнішньому колі і номінальному значенні напруги джерела живлення, В, не менш	13
8. Умови експлуатації: - температура навколишнього повітря, °С - відносна вологість повітря, %	від мінус 25 до плюс 55 до 90 % за температури +30 °С
9. Маса, кг, не більше	3,2
10. Габаритні розміри, мм	305 x 125 x 155

Комплект приладдя П4126М2 до приладу Ф4103-М1.

Комплект приладдя П4126М2 призначений для роботи з вимірювачем опору заземлень Ф4103-М1 або іншими вимірювачами, що забезпечують роботоздатність при таких же як у Ф4103-М1 або більших значеннях опорів допоміжних електродів.



Маса комплекту приладдя – 2,6 кг.

Габаритні розміри комплекту приладдя — 500x102x166 мм.

Робочі умови застосування:

- температура навколишнього повітря — від мінус 50 °С до + 65 °С;
- відносна вологість повітря до 98 % при плюс 35 °С.

Електровимірювальний цифровий прилад EP183M (рис .2.37) призначений для вимірювання опору заземлювальних пристроїв та визначення питомого опору ґрунту.



Рис. 2.37. Електровимірювальний цифровий прилад EP183M

Прилад відповідає вимогам ДСТУ EN 61557-5 , 2005⁹.

Середньоквадратичне значення напруги змінного (форма-меандр) вимірювального струму не більше 36В.

Допустиме значення сторонньої напруги (перешкоди U_s) на потенціальних затискачах - 3 В.

Частота вимірювального струму – 112 Гц, 120 Гц, 128 Гц, 136 Гц.

⁹ ДСТУ EN 61557-5:2005. Електробезпе́чність низьковольтних розподільчих систем напругою до 1000В змінного струму та 1500В постійного струму. Обладнання для випробування, вимірювання або контролю заходів безпеки. Частина 5. Опір на землю (EN 61557-5:1997, IDT).

Клас точності - 1/0,25 для умов $R_u, R_i < 100 \text{ Ом}$, $U_s = 0$.

Клас точності - 3/1 для умов $R_u, R_i < R_{\text{max}}$, $U_s < 3 \text{ В}$.

Живлення приладу - акумуляторна батарея 4,8 В /1,2 А.

Час встановлення результатів вимірювання не перевищує 5 с.

Габаритні розміри, мм – 240x130x105.

Маса приладу з джерелом живлення, кг – 1.

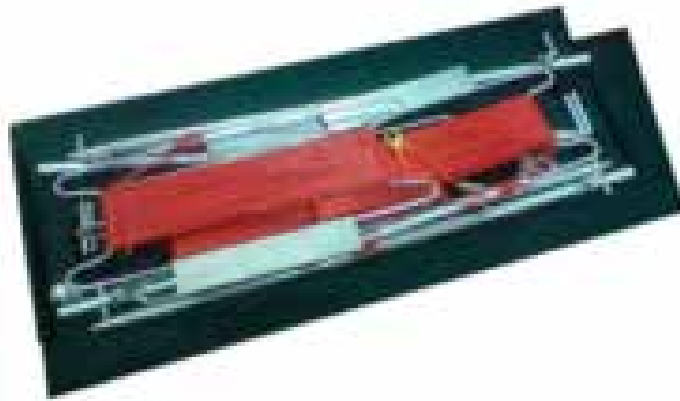
Технічні характеристики приладу EP183M

Діапазон вимірювань	Номинальний струм, мА	Діапазон значень опору потенціальних електродів R_u , кОм	Діапазон значень опору струмових електродів R_i , кОм
0,05 - 19,99 Ом	20	0 - 2,2	0 - 1,5
0 - 199,9 Ом	2	0 - 22	0 - 15
0 - 1,999 кОм	0,2	0 - 51	0 - .51

Комплект приладдя КП 183 до приладу EP183M.

Комплект приладдя КП 183 призначений для виконання вимірювань разом із відповідними приладами-вимірювачами опору заземлювальних пристроїв і опору ґрунту.

Комплект застосовується при монтажі і обслуговуванні електроустановок і електричних мереж для перевірки опору заземлювальних пристроїв і опору ґрунту.



Технічні характеристики		
Робочі умови застосування комплекту:	температура навколишнього повітря	-20 ... +40°C
	відносна вологість повітря	80% при +23°C
Габаритні розміри комплекту КП183, мм		600x200x60
Маса комплекту, кг		8

Багатофункціональний вимірювач опору заземлення ЦС4107 з цифровим відліком (рис. 2.38) призначений для вимірювання опору розтікання струму заземлювальних пристроїв, визначення питомого опору ґрунту з автоматичним обчисленням його значення, вимірювання опору провідників наземної частини заземлювального пристрою.

Цифровий вимірювач ЦС4107 забезпечує:

- а) заряджання акумуляторів від мережного блоку живлення або бортової мережі автомобіля через роз'єм прикурювача;
- б) індикацію процесу і ступеня заряду акумуляторів;
- в) автоматичне вимкнення в межах (90 – 120) с після закінчення роботи;
- г) зберігання в пам'яті результатів 50 попередніх вимірювань;
- д) автоматичне відключення від джерела електроживлення при зниженні напруги акумуляторів нижче 8,8 В;
- ж) індикацію: наявності сторонньої напруги на потенційних затискачах понад 7 В; перевищення допустимого опору електродів;
- з) автоматичний вибір одиниці вимірювання;
- и) автоматичне обчислення питомого опору ґрунту.

Вимірювач має бездротовий інтерфейс Bluetooth для завантаження результатів вимірювань на персональний комп'ютер (ПК).



Рис. 2.38. Вимірювач опору заземлення ЦС4107

Технічні характеристики цифрового вимірювача опору заземлення ЦС4107

Параметр	Значення параметра
Діапазон вимірювання	від 10 мОм до 20 кОм
Напруга вимірювального струму на струмових затискачах вимірювача, В, діюче значення	не більше 36
Струм в колі вимірюваного опору, мА	не більше 350
Частота вимірювального струму, Гц	(128 ± 6)
Індикація результатів вимірювань	літерно-цифрова на рідкокристалічному індикаторі з підсвічуванням (далі – РК-індикатор)
Живлення вимірювача	вісім Ni-MH акумуляторів типорозміру AA, напругою 1,2 В, ємністю не менше 2 А / год.
Струм споживання від акумуляторів, А	не більше 1,0
Час встановлення робочого режиму	безпосередньо після увімкнення
Маса, кг, не більше: - вимірювача з акумуляторами - блоку живлення	1 0,3
Габаритні розміри вимірювача, мм	230x140x58

Допустимі значення опорів електродів для вимірюваних опорів $R_{\text{вим}}$ приведені в табл. 2.14 (де $R_{\text{П1}}$, $R_{\text{П2}}$ – опори потенційних електродів, $R_{\text{Т1}}$, $R_{\text{Т2}}$ – опори струмових електродів).

Таблиця 2.14. Допустимі значення опорів електродів для вимірюваних опорів $R_{\text{вим}}$

Вимірювані опори	Діапазон допустимих значень опору електродів	
	потенціальних	струмових
	$R_{\text{П2}}$ або сума ($R_{\text{П1}} + R_{\text{П2}}$)	$R_{\text{Т2}}$ або сума ($R_{\text{Т1}} + R_{\text{Т2}}$)
10 мОм – 1 Ом	0 – 5 кОм	0 – $1000 \cdot R_{\text{вим}}$ але не більше 50 кОм
1,001 Ом – 20 кОм	0 – 50 кОм	

Вимірювач опору заземлення Metrel SMARTEC Earth/Clamp (MI 3123) (рис. 2.39) призначений для вимірювання опору всіх видів систем заземлення і підтримує:

- 4-провідний метод вимірювань;

- 4-провідний метод вимірювань з використанням одних кліщів;
- метод двох кліщів, при якому не вимагається роз'єднання заземлювальних електродів;
- 4-провідний метод вимірювань питомого опору ґрунту.



Рис. 2.39. Вимірювач опору заземлення Metrel SMARTEC Earth/Clamp (MI 3123)

Поряд із цим прилад забезпечує:

- вимірювання струму витoku за допомогою кліщів;
- вимірювання діючого значення струму (TRMS) за допомогою кліщів.

Запатентована методика вимірювань забезпечує точні результати і виключає вплив блукаючих струмів.

Прилад має великий дисплей з підсвічуванням, а також два світлодіодні індикатори, які за кольором дозволяють користувачеві здалека швидко оцінювати результати вимірювань у вигляді «відповідає» / «не відповідає».

Прилад також забезпечений магнітом, який дозволяє прикріплювати його до металевих поверхонь, що значно полегшує роботу. Прилад має програмовані межі вимірювань, сигналізує про наявність перешкод (блукаючих струмів), а також про дуже високий опір між вимірювальним стрижнем і ґрунтом.

Вимірювач вирізняється високою точністю і перешкодостійкістю.

У прилад вбудований зарядний пристрій.

**Технічні характеристики вимірювача опору заземлення
Metrel SMARTEC Earth/Clamp (MI 3123)**

Вимірюваний параметр	Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Похибка вимірювання
1. Опір заземлення (4-провідний метод, з використанням одних кліщів або без)	0,00...19,99 Ом	0,01 Ом	±(3 % від виміру + 3 омр)
	20,0 ... 199,9 Ом	0,1 Ом	± (3% від вимір. + 3 омр)
	200 ... 1999 Ом	1 Ом	± 5% від виміру
	2000 ... 9999 Ом	1 Ом	± 10% від виміру
2. Опір заземлення (метод двох кліщів)	0,00...19,99 Ом	0,01 Ом	±(10 % від виміру + 10 омр)
	20,0 ... 30,0 Ом	0,1 Ом	± 20% від виміру
	30,1...39,9 Ом	0,1 Ом	±30 % від виміру
3. Питомий опір	0,0 ... 99,9 Ом · м	0,1 Ом · м	Розраховується виходячи з похибки опору заземлення (4-провідний метод)
	100...999 Ом•м	1 Ом•м	
	1,00...9,99 кОм•м	0,01 кОм•м	
	10k ... 99,9 кОм•м	0,1 кОм•м	
	>100 кОм•м	1 кОм•м	
4. Струм TRMS	0,0 mA...99,9 mA	0,1 mA	±(3 % від виміру + 3 омр)
	100 mA...999 mA	1 mA	±(3 % від виміру + 3 омр)
	1,00 A...19,99 A	0,01 A	±(3 % від виміру + 3 омр)
5. Живлення	9В пост.струму (6 x 1,5В алкал. батарей або акумул. NiMH, розмір AA)		
6. Споживаний струм, mA, не більше	160		
7. Напруга на затискачах приладу при розімкнутому зовнішньому колі і номінальному значенні напруги джерела живлення, В, не менше	13		
8. Умови експлуатації: - температура навколишнього повітря, °C	від мінус 10 до плюс 40		
9. Маса, кг, не більше	0,85 (без батарей)		
10. Габаритні розміри,мм	135 x 230 x 75		

Відмінні риси вимірювача опору заземлення Metrel MI 3123 SMARTEC:

- прилад сигналізує про наявність перешкод (блукаючих струмів), а також надто високий опір між вимірювальним стрижнем і ґрунтом;
- вбудована пам'ять дозволяє зберегти 1500 вимірів;
- можливість підключення до ПК за допомогою RS-232- або USB-з'єднання;
- опціональне програмне забезпечення EuroLink PRO дозволяє швидко генерувати звіти вимірювань.

Вимірювач опору заземлення і питомого опору ґрунту С.А6470

(рис. 2.40) об'єднує в собі три прилади, оскільки призначений для:

- оцінювання діючих заземлювальних пристроїв;
- визначення найкращого положення нових електродів заземлювального пристрою за результатами вимірювання питомого опору ґрунту;
- перевірки електричних з'єднань.

Вимірювання опору заземлювальних пристроїв, питомого опору ґрунту, коефіцієнта зв'язку заземлювачів та опору контактних з'єднань - всі види вимірювань вибираються за допомогою поворотного перемикача режимів.

Для зручності виводи приладу для підключення чотирьох електродів позначені різними кольорами. Електроди і провідники також забарвлені у відповідні кольори. Є сумка для перенесення, у відсіки якої поміщаються прилад і все приладдя.



Рис. 2.40. Вимірювач опору заземлення і питомого опору ґрунту С.А 6470

Технічні характеристики вимірювача С.А 6470N

Параметр	Значення параметра
1. Діапазон вимірювання	0,01 Ом - 100 кОм
2. Вибір вимірювальної напруги	16 або 32 еф
3. Вибір частоти вимірювального сигналу, Гц	від 41 до 512
4. Інтерфейс зв'язку	Двонаправлений, оптичний, для підключення ПК
5. Електрична безпека	Прилад має подвійну ізоляцію, Cat. IV 50 В еф. відповідає стандарту EN 61326-1 / EN 61010-1 та IEC 61557-1-4-5
6. Живлення	NiMH акумулятор
7. Споживаний струм, мА , не більше	90
8. Напруга на затискачах приладу при розімкненому зовнішньому колі і номінальному значенні напруги джерела живлення, В, не менше	13
9. Маса, кг, не більше	3
10. Габаритні розміри,мм	245x140x170

Особливості приладу С.А 6470N:

- багатофункціональність вимірювань: опір заземлення, зв'язок заземлювачів, опір ґрунту, провідність/опір;
- використання традиційних методів вимірювання за допомогою допоміжних електродів-стрижнів;
- автоматичне діагностування перед початком вимірювання і повідомленню про наявність несправностей (погані з'єднання або електричні перешкоди);
- широкий діапазон вимірювань опору від 0,01 Ом до 100 кОм;
- прямий доступ до вимірювань через перемикач режимів;
- можливість вибору частоти вимірювального струму від 41 Гц до 512 Гц;
- автоматичне виявлення поганих контактів чи паразитної напруги;
- великий РК-дисплей з підсвічуванням забезпечує чудову зручність читання результатів на 3 синхронних цифрових індикаторах і відображення різних символів для кращого розуміння ідеї вимірювання та дії різних кнопок;
- заряджання акумуляторів від мережі або прикурювача автомобіля;
- програмована сигналізація (тільки під час вимірювання провідності). Для розрізнення високого та низького опору за

допомогою звукового сигналу необхідно увімкнути сигналізацію. Коли значення опору лежить вище/нижче порога включається звуковий сигнал;

- пам'ять. Прилад С.А 6470 має внутрішню пам'ять для зберігання 512 вимірів. Результати зберігаються у порядку, завдяки присвоєним індексам (показчикам): для зберігання опору заземлення і провідності використовується індекс OBJ:TEST; для зберігання опору зв'язку - OBJ: Test: 1,2,3,4; для зберігання опору ґрунту - OBJ:TEST: DISTANCE;
- функція згладжування (SMOOTH). Функція використовується, коли результати виміру нестабільні. Це полегшує зчитування та інтерпретацію результатів;
- автоматичний розрахунок коефіцієнта зв'язку заземлювачів;
- міцний водонепроникний корпус для польових умов.

Прилад забезпечує покращені розрахункові функції:

- для обчислення зв'язку між заземлювачами необхідно виконати послідовно 3 виміри, після чого прилад обчислює коефіцієнт зв'язку автоматично;
- питомий опір ґрунту обчислюється автоматично за методом Венера (Venner) або Шлюмберже (Schlumberger) відразу після введення відстані між електродами.

Прилад дозволяє впорядковано запам'ятовувати результати вимірювань і має вихід для експорту даних і подальшої обробки.

Вимірювач опору заземлення із вбудованим мультиметром DT-5300 (рис. 2.41.а) призначений для контролю заземлювальних кіл, а також може бути використаний для вимірювання опору та напруги постійного/змінного струму.

Технічні характеристики вимірювача опору заземлення із вбудованим мультиметром DT-5300

Параметр	Значення параметра
1. Діапазон вимірювання опору землі, Ом	0...1000
2. Частота випробувального струму, Гц	300
3. Діапазон вимірювання опору, кОм	0...200
4. Діапазон вимірювання напруги, В: - змінного струму - постійного струму	0...1000 0...750
5. Автоматичне вимикання	після 15 хв бездіяльності
6. Живлення	6 батарей типу АА(по 1,5 В)
7. Маса, кг	0,7
8. Габаритні розміри, мм	200x92x50

Мікропроцесорні вимірювачі MRU-100 і MRU-101 (рис. 2.41.б) призначені для вимірювання опору заземлення і питомого опору ґрунту.

У приладах застосований технічний метод вимірювання опору заземлення: вимірюється напруга на затискачах приладу після створення вимірювального струму, а потім вимірювач обчислює значення опору.

Вимірювання також можуть проводитися за чотирипровідною схемою, що дає змогу значно обмежити вплив опору проводів на результат вимірювання.

У разі, коли вимірювання відноситься до багатократного заземлення, за допомогою кліщів вимірюється струм, що протікає через досліджуваний елемент заземлення (без роз'єднання вимірювального кола).

- Джерело живлення:..... а) пакет акумуляторів NiCd SONEL
 б) 5 лужних (алкалінових) батарей R14
 Стандарт інтерфейсуRS 232
 Маса приладу, кг: MRU-100 з батареями.....1,6
 MRU-101 з акумуляторами.....1,7
 Габаритні розміри, мм295x222x95.



а)



б)

Рис. 2.41. Вимірювач опору заземлення із вбудованим мультиметром DT-5300 (а) і мікропроцесорні вимірювачі MRU-100 і MRU-101(б)

Функціональні можливості приладів наведені в табл. 2.14.

Таблиця 2.14. Функціональні можливості мікропроцесорних вимірювачів MRU-100 і MRU-101

Найменування	MRU-100	MRU-101
Вимірювання опору заземлення за три- і чотирипровідною схемою	+	+
Вимірювання питомого опору ґрунту методом Веннера з можливістю вибору відстані між вимірювальними електродами (автоматичний розрахунок та індикація питомого опору в омах)	+	+
Вимірювання опору за дво- і чотирипровідною схемою	+	+
Можливість вимірювань багатократних заземлень триполюсним методом без роз'єднання вимірюваних заземлювачів (із застосуванням вимірювальних кліщів)	+	+
Контроль умов вимірювання(наявність напруги завад, вплив опору вимірювальних електродів і стану батарей)	+	+
Автоматичний вибір діапазону вимірювань	+	+
Великий рідиннокристалічний дисплей з можливістю підсвічування	+	+
Сигналізація ступеню зарядженості батареї	+	+
Висока стійкість до напруги завад	-	-
Автоматичне вимкнення приладу у випадку перерви в роботі (AUTO OFF)	+	+
Герметичний корпус типу кейс	+	+
Память 300 результатів вимірювань і можливість передавання записаних в пам'яті даних до компютера	-	+
Вбудований пристрій заряджання акумулятора	-	+

Вимірювач параметрів заземлювальних пристроїв SONEL MRU-200-GPS (рис. 2.42) - багатофункціональний вимірювач, що дозволяє всебічно охарактеризувати електричний стан заземлювальних пристроїв (ЗП) та блискавкозахисту.

У цьому приладі реалізовані всі методи контролю параметрів ЗП. Вперше для визначення характеристик блискавкозахисту використовується **імпульсний метод вимірювання динамічного опору**. Також MRU-200 дає ряд можливостей **проведення вимірювань безконтактним методом**, що особливо актуально в міських умовах, де відсутня можливість для використання допоміжних електродів.



Рис. 2.42. Вимірювач параметрів заземлювальних пристроїв SONEL MRU-200-GPS

Функціональні можливості вимірювача MRU-200-GPS:

- вимірювання опору провідників приєднання до землі та вирівнювання потенціалів (металозв'язок) (2р);
- вимірювання опору заземлювальних пристроїв за трипровідною схемою (3р);
- вимірювання опору заземлювальних пристроїв за чотирипровідною схемою (4р);
- вимірювання опору багаторазових заземлювальних пристроїв без розриву кола заземлювачів (із застосуванням струмовимірювальних кліщів);
- вимірювання опору заземлювальних пристроїв методом двох кліщів;
- вимірювання опору блискавкозахисту (блискавковідводів) за чотирипровідною схемою імпульсним методом;
- вимірювання змінного струму (струм витоку);

- вимірювання питомого опору ґрунту методом Веннера з можливістю вибору відстані між вимірювальними електродами;
- висока завадостійкість;
- збереження результатів вимірювань у пам'яті;
- підключення вимірювача до комп'ютера (USB);
- сумісність із програмою СОНЕЛ Протоколи;
- **вбудований GPS-приймач - запис координат місця проведення вимірювань.**

Технічні характеристики вимірювача MRU-200

Скорочення «о.м.р.» у визначенні основної похибки означає «одиниця молодшого розряду»

Скорочення «в.в.» у визначенні основної похибки означає «вимірювана величина»

Діапазон	Роздільна здатність	Похибка
1. Вимірювання опору складних заземлювальних пристроїв з використанням кліщів (3р+кліщі) Діапазон вимірювання згідно з IEC 61557-5: 0,120 Ом...1,99 кОм		
0,000...3,999 Ом	0,001 Ом	± (8% в. в. + 4 о. м. р.)
4,00...39,99 Ом	0,01 Ом	± (8% в. в. + 4 о. м. р.)
40,0...399,9 Ом	0,1 Ом	
400...1999 Ом	1 Ом	
2. Вимірювання опору заземлювальних пристроїв методом двох кліщів		
0,00...19,99 Ом	0,01 Ом	± (10% в. в. + 3 о. м. р.)
20,0...149,9 Ом	1 Ом	± (20% в. в. + 3 о. м. н.)
3. Вимірювання питомого опору ґрунту Вимірювання згідно з методом Веннера, $\rho = 2\pi L R_E$ Відстань між вимірювальними зондами (L): 1...50м		
0,00...9,99 Ом·м	0,01 Ом·м	Залежить від основної похибки R_E при вимірюванні методом 4р але не менше ±1 о.м.р.
100...999 Ом·м	1 Ом·м	
1,00...9,99 кОм·м	0,01 кОм·м	
10,0...99,9 кОм·м	0,1 кОм·м	
100...999 кОм·м	1 кОм·м	
4. Вимірювання опору заземлювальних пристроїв та блискавкозахисту імпульсним методом		
0,0...99,9 Ом	0,1 Ом	±(2,5% в. в. + 3 о. м. р.)
100...199 Ом 1 Ом	1 Ом	
<ul style="list-style-type: none"> • форма сигналу: 8/10µс або 10/350µс • амплітуда струму вимірювального імпульсу приблизно 1А • пікові значення напруги приблизно 1500В 		
5. Вимірювання опору вимірювальних зондів (електродів)		
0...999 Ом	1 Ом	±5%($R_E+R_H+R_S$)+8 о.м.р.

6. Вимірювання опору провідників та вирівнювання потенціалів (2р) Діапазон вимірювання згідно з ІЕС 61557-4: 0,045 Ом...19,9 кОм		
0,000...3,999 Ом	0,001 Ом	± (2% в. в. + 4 о. м. р.)
4,00...39,99 Ом	0,01 Ом	± (2% в. в. + 2 о. м. р.)
40...399,9 Ом	0,1 Ом	
400...3999 Ом	1 Ом	
4,00...19,99 кОм	0,01 кОм	± (5% в. в. + 2 о. м. р.)
7. Вимірювання опору провідників та вирівнювання потенціалів (3р, 4р) Діапазон вимірювання згідно з ІЕС 61557-5: 0,100 Ом...19,9 кОм		
0,000...3,999 Ом	0,001 Ом	± (2% в. в. + 4 о. м. р.)
4,00...39,99 Ом	0,01 Ом	± (2% в. в. + 2 о. м. р.)
40...399,9 Ом	0,1 Ом	
400...3999 Ом	1 Ом	
4,00...19,99 кОм	0,01 кОм	± (5% в. в. + 2 о. м. р.)
8. Вимірювання напруги перешкод U_N (RMS) • частота f_N 15...450 Гц • частота вимірювання – мінімум два виміри/с		
0...100 В 1 В	1 В	± (2% в. в. + 3 о. м. р.)
9. Вимірювання частоти перешкод f_N		
15...450 Гц	1 Гц	± (1% в. в. + 2 о. м. р.)
• вимірювання для напруги перешкод >1В (при напрузі перешкод <1В на дисплеї висвітлиться: f=---		
10. Вимірювання струму витоку (RMS)		
0...99,9 мА ¹	0,1 мА	±(8% в.в. + 5 о.м.р.)
100...999 мА ¹	1 мА	±(8% в.в. + 3 о.м.р.)
1,00...4,99 А ^{1,2}	0,01 А	±(5% в.в. + 5 е.м.р.) ¹ не використовується ²
5,00...9,99 А ^{1,2}	0,01 А	±(5% в.в. + 5 е.м.р.)
10,0...99,9 А ^{1,2}	0,1 А	
100...300 А ^{1,2}	1 А	
1 - кліщі (діаметр 52мм) – С-3 2 - гнучкі кліщі - F-1 • частотний діапазон: 45...400 Гц		

Додаткові технічні характеристики	
1. Клас ізоляції	подвійна, згідно з EN 61010-1 та ІЕС 61557
2. Категорія безпеки	ІІІ 600В згідно з EN 61010-1
3. Ступінь захисту корпусу PN-EN	IP54
4. Максимальна напруга шуму (сума змінного та постійного струму), при якому можуть проводитися вимірювання	24 В
5. Максимальне значення струму шуму, при якому вимірювання може бути здійснено (з використанням кліщів)	3А RMS

6. Частота вимірювального струму	125 Гц для мереж 16 2/3 Гц, 50 Гц та 400 Гц 150 Гц для мереж 60 Гц
7. Вимірювальна напруга та струм для 2р ¹	$U < 24\text{В RMS}$, $I \geq 200\text{мА}$ для $R \leq 2\text{ Ом}$
8. Вимірювальна напруга для 3р ¹ , 4р ¹	25 або 50 В
9. Вимірювальний струм 3р, 4р	>200 мА
10. Максимальний опір вимірювальних зондів	20 кОм
11. Індикація струму перешкод (кліщі)	$\leq 0,5\text{ мА}$
12. Живлення	пакет акумуляторів SONEЛ NiMH 4,8В 4,2А·год
13. Кількість вимірювань опору R 2р	>1500 (1 Ом, 2 виміри/хв.)
14. Кількість вимірювань RE	>1200 (RE=10 Ом, RH=RS=100 Ом, 2 виміри/хв.)
15. RE Тривалість вимірювання опору для методу 2р	<6 секунд
16. Тривалість вимірювання для інших методів	<8 секунд
17. Робоча температура, °С	0...плюс 50
18. Маса, кг приблизно	2
19. Габаритні розміри, мм	288 x 223 x 75
2р ¹ ; 3р ¹ ; 4р ¹ - відповідно 2-, 3- і 4 провідна схема вимірювання	

Портативний тестер опору заземлення Fluke 1621 (рис. 2.43) призначений для вимірювання опору заземлювальних пристроїв, включаючи триелектродний метод вимірювання падіння напруги і двоелектродний метод вимірювання опору.

Особливостями приладу є:

- простота отримання результатів вимірювань натисненням однієї кнопки;
- підвищена точність вимірювань, завдяки функції автоматичного виявлення напруги "шумів";
- сигналізація небезпечної напруги підвищує міру захисту користувача;
- чітка індикація і реєстрація показань на великому РК-дисплеї з підсвічуванням;
- попереджувальна сигналізація при перевищенні граничних значень вимірюваного параметра, що встановлюються користувачем;
- міцна конструкція і захисний чохол для використання у важких робочих умовах;
- зручні розміри і портативність.



Рис. 2.43. Портативний тестер опору заземлення Fluke 1621

Вимірювач опору заземлення SEW 1820 ER (рис. 2.44) служить для вимірювання опору заземлювальних пристроїв, а також крокової напруги до 200 В.



Рис. 2.44. Вимірювач опору заземлення SEW 1820 ER

Функціональні можливості вимірювача:

- вимірювання крокової напруги до 200 В;
- тестовий струм 2 мА, що дозволяє вимірювати опір заземлення до 2000 Ом без відключення автоматичних вимикачів захисту в колі заземлення;
- вимірювання опору заземлення за двопровідною схемою (режим ГРУБО) та трипровідною схемою (режим ТОЧНО);
- цифровий РК індикатор;
- утримання результату вимірювання;
- живлення від батарей типу АА з індикацією розряду.

З'єднувальні провідники та вимірювальні електроди входять до комплекту постачання.

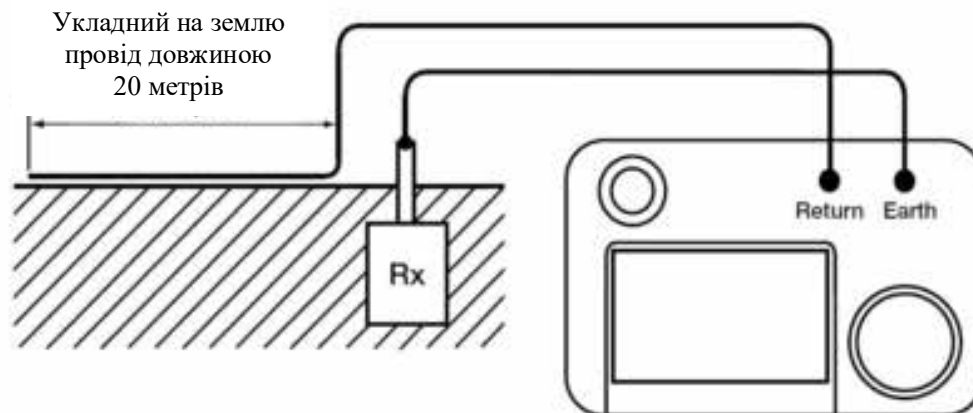
Технічні характеристики вимірювача SEW 1820 ER

Параметр	Значення параметра
1. Діапазон вимірювання, Ом	0,01...2000
2. Похибка	±2%
3. Тест-сигнал	2 мА частотою 820 Гц
4. Вимірювання напруги	АС 1...200 В частота 50 - 60 Гц
5. Робоча температура, °С	0...40
6. Живлення	8 елементів АА 1,5 В;
7. Маса, кг	1
8. Габаритні розміри, мм	177x165x92

Вимірювач опору заземлення НІОКІ 3143 (рис. 2.45) працює за принципом визначення опору у момент резонансу напруги в контурі, використання якого не вимагає застосування додаткових електродів.



Рис. 2.45. Вимірювач опору заземлення НІОКІ 3143



Технічні характеристики вимірювача опору заземлення НЮКІ 3143

Параметр	Значення параметра
1. Діапазон вимірювання опору, Ом	20 - 500
2. Точність вимірювання (у діапазоні робочих температур)	± 5% показань при 50 - 500 Ом ± 10% показань при 20 - 50 Ом
3. Вплив напруги землі (50/60 Гц)	± 5% показань від 0 до 10 В
4. Система виявлення	синхронні системи виявлення
5. Аналого-цифрове перетворення (АЦП)	10ти-бітна послідовна апроксимація
6. Усереднювання	Вибіркові значення піддаються усереднюванню, і отримане значення приймається як виміряне
7. Частотний діапазон	100 кГц - 1,5 МГц. Регулюється за допомогою ручки на передній панелі
8. Крок зміни частоти	240 Гц
9. Вихідна напруга між клемми	0,9 В змінного струму
10. Вихідний опір між клемми	Струм короткого замикання між клемми складає максимум 3,6 мА (змінний)
11. Спосіб індикації	ЖК-дисплей, 4 знаки. Діапазон значень, що відображуються, 0,0 - 999,9. При перевищенні максимального значення спалахує індикація "OF". При спробі встановити частоту нижче 100 кГц або вище 1,5 МГц спалахує індикація "OL"

12.Індикація дисплея	Вимірний, гістограма (відображує приблизне положення точки резонансу), індикатор заряду батареї, збереження даних на дисплеї (кнопка "HOLD") вказує приблизне положення точки резонансу опору петлі на гістограмі. Розміщення гістограми поряд з центром екрану означає, що опір шлейфу знаходиться поряд з резонансною точкою
13.Температура і відносна вологість робочого середовища	від 0 до 40 °С, до 80%
14.Температура і відносна вологість зберігання	від мінус 10 до плюс 50°С, до 80%
15.Живлення	4 батареї LR6 (1,5 В, типу AA)
16.Максимальне споживання енергії	1,5 В·А (максимум)
17.Тривалість роботи від батарей	Близько 8 годин безперервної роботи
18.Безпека	EN 61010-1:2001 міра забруднення 2, категорія виміру I (очікувана перехідна перенапруга 330 В)
19.Режим енергозбереження	Після 3 хвилин бездіяльності прилад переходить в енергозберігаючий режим. Робота поновлюється після повороту регулятора
20.Перевірка заряду батареї	Індикація низького заряду батарей при напрузі живлення нижче 4,4 В
21.Маса (з батареями), г	465
22.Габаритні розміри, мм	155 x 98 x 49

Вимірювальний комплекс ГИК-1 для визначення імпульсного опору контурів заземлення (рис. 2.46.а) призначений для виконання наступних операцій:

- тестування систем блискавкозахисту об'єктів (вимірювання розподілу потенціалів і струмів);

- **вимірювання опору розтіканню струму заземлювальних пристроїв опор ліній електропередавання і блискавковідводів без урахування комунікацій, що відходять.**

Комплекс забезпечує проведення вимірювань з метою визначення імпульсного опору контурів заземлення опор високовольтних ліній електропередавання і блискавковідводів, що окремо стоять.

Комплекс є переносним устаткуванням, яке генерує імпульси напруги аперіодичної форми із заданими амплітудно-часовими

параметрами і вимірює амплітудні значення імпульсів напруги і струму на об'єктах випробувань.

Комплекс ГИК-1 обладнаний блоком автономного живлення.

Технічні характеристики вимірювального комплексу ГИК-1 для визначення імпульсного опору контурів заземлення

Найменування параметра	Значення параметра
1. Форма імпульсу напруги, що генерується	аперіодична
2. Тривалість фронту імпульсів напруги, що генеруються, мкс в режимі неробочого ходу (за рівнями 0,1-0,9 від амплітуди)	2,5± 0,5; 4± 0,6; 8± 0,8
3. Тривалість фронту імпульсів напруги, що генеруються, мкс в режимі неробочого ходу (за рівнем 0,5 від амплітуди)	20± 4
4. Полярність імпульсів напруги, що генеруються	позитивна
5. Максимальна амплітуда імпульсів напруги, що генеруються, В, в режимі неробочого ходу: - при живленні від мережі - при живленні від автономного блоку живлення	220± 22 220
6. Верхня межа вимірювання амплітуди імпульсів струму, що генеруються в зовнішньому індуктивному навантаженні з імпедансом не менше 25 Ом, А	10
7. Приведена похибка вимірювання амплітуди імпульсів струму при температурі 22± 5 °С, %, не більше	10
8. Діапазони вимірювання амплітуд імпульсів напруги, В - діапазон (20) - діапазон (200)	Від 1 до 19,99 від 20 до 199,9
9. Приведена похибка вимірювання амплітуди імпульсів напруги при температурі 22± 5 °С, %, не більше	15
10. Час встановлення показів при вимірюванні амплітуди імпульсів напруги і струму, с, не більше	5
11. Температурна нестабільність відношення вимірної амплітуди імпульсів напруги до вимірної амплітуди імпульсів струму в робочому діапазоні температур %, не більше	3
12. Живлення	від мережі напругою 220В, частотою 50 Гц; від блоку автономного живлення, напругою 12 В
13. Споживана потужність, ВА, не більше	12
14. Кількість акумуляторів, шт.	2
16. Маса, кг, не більше	11
15. Габаритні розміри, мм, не більше - блоку генератора ГАІ.500.100.000 - блока автономного живлення ГАІ.500.300.000 - вольтметра імпульсного ВІ-6М, ВІ.М.600.000.000	465x370x120 210x110x90 169x90x55

Вимірювальний комплекс КДЗ-2 для діагностування якості контурів заземлення (рис. 2.46.б) призначений для виконання наступних операцій:

- вимірювання напруги і струмів номінальною частотою 57 Гц, а також для вимірювання і розрахунку основних характеристик заземлювальних пристроїв (ЗП);
- вимірювання опору металозв'язку устаткування із ЗП;
- вимірювання питомого опору ґрунту за методом ВЕЗ;
- вимірювання опору розтіканню струму;
- вимірювання напруги дотику;
- вимірювання розподілу напруги і струму по заземлювальному пристрою при імітації короткого замикання.

Сфера застосування – заземлювальні пристрої в електроустановках напругою до і вище 1кВ.

Селективний вольтамперметр для контролю і діагностування заземлювальних пристроїв КДЗ-2 є переносним приладом, зібраним в діелектричному пластиковому корпусі і містить дві плати друкованого монтажу, як основні вузли. На верхній панелі комплексу розташовані рідиннокристалічний індикатор, плівкова клавіатура, клавішний перемикач діапазонів струму, два движкові перемикачі живлення і підсвічування шкали. На одній з торцевих частин корпусу розташовані вхідні гнізда підключення вимірюваної напруги і струму і перемикач режиму вхідного кола. На іншій торцевій частині розташовані роз'єм для підключення RS-232, гніздо підключення мережевого адаптера для заряджання акумуляторної батареї і запобіжник в колі вимірювання струму. На нижній стороні панелі корпусу є відсік з кришкою, що закривається, для розміщення чотирьох акумуляторів.

Комплекс КДЗ-2 виконаний за одноканальною схемою з комутатором. Вихід каналу підключений до АЦП, що має в своєму складі вибірковий смуговий фільтр на частоту 57 Гц, режекторний фільтр на частоту 50 Гц і схеми масштабування. Керування роботою каналу вимірювання, розрахунок параметрів, зберігання результатів і керування індикатором здійснюються вбудованим мікроконтролером.

Селективний вольтамперметр КДЗ-2 може бути підключений до персонального комп'ютера через кабель RS-232 для передавання даних.

Метрологічні характеристики селективного вольтамперметра КДЗ-2 наведені в табл. 2.15.

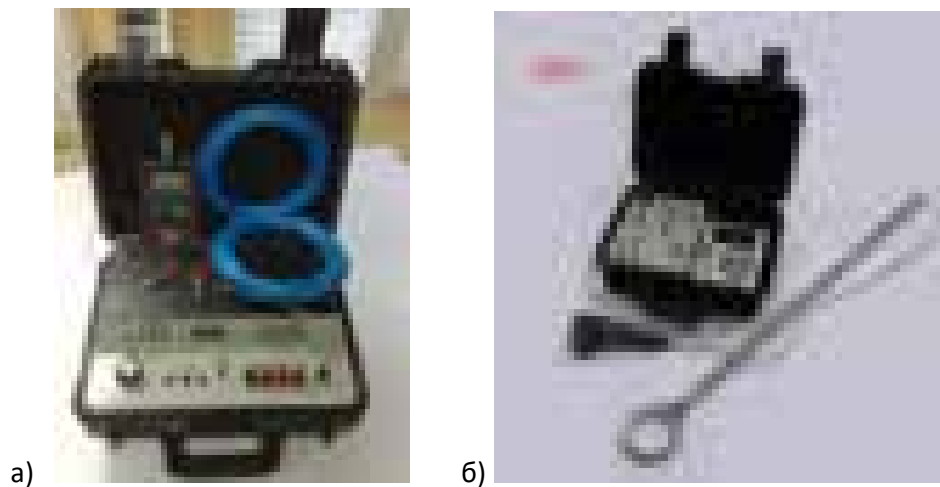


Рис. 2.46. Вимірювальний комплекс ГИК-1 для визначення імпульсного опору контурів заземлення (а) і вимірювальний комплекс КДЗ-2 для діагностування якості контурів заземлення

Таблиця 2.15. Метрологічні характеристики комплексу КДЗ-2

Вимірювана величина	Діапазон вимірювань	Межі відносної основної допустимої похибки, %
Напруга змінного струму частотою $(57 \pm 0,5)$ Гц	(1,00 ... 5,00) мВ	
	(5,00 ... 50,0) мВ	
	(5,00 ... 40,0) В	
	(50,0 ... 500) мВ 500 мВ ... 5,00 В	
Сила змінного струму частотою $(57 \pm 0,5)$ Гц	(1,00 ... 5,00) мА 500 мА ... 5 А	
	(5,00 ... 50,0) мА	
	(50,0 ... 500) мА	

Живлення комплексу КДЗ-2 здійснюється від чотирьох вбудованих акумуляторів номінальною напругою 1,2 В.

Ємність акумуляторів забезпечує роботу КДЗ-2 без підсвічування шкали протягом 16 годин.

Межі значень додаткових температурних похибок, що допускаються, в робочих умовах застосування складають 0,5 межі основних допустимих похибок.

Технічні характеристики комплексу КДЗ-2

Тривалість одного вимірювання струму і напруги, математичної обробки даних і виведення на індикацію, с, не більше	10
Вхідний опір каналу вимірювання напруги, МОм, не менше	1
Вхідний опір каналу вимірювання струму на межі (1...50) мА, Ом, не більше	5
Вхідний опір каналу вимірювання струму на межі 50 мА...5 А, Ом, не більше	0,05
Діапазон обчислюваних опорів, що виводяться на індикатор, Ом	0,1...4•10⁴
Маса, кг	12,0
Габаритні розміри, мм	185x135x65
Середній термін служби, років, не менше	5

РОЗДІЛ 3. ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ КОЛА «ФАЗА - НУЛЬ» І СТРУМУ 1-ФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Тема 3.1. Вимоги ПУЕ щодо опору кола «фаза - нуль»

Вимоги щодо опору кола «фаза – нуль» в електроустановках напругою до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю містяться в главі 1.7 «Заземлення і захисні заходи від ураження електричним струмом».

Глава 1.8 «Норми приймально-здавальних випробувань» регламентує порядок проведення перевірки кола «фаза – нуль» в електроустановках напругою до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю.

П.1.8.205. «Перевірка кола «фаза – нуль» в електроустановках напругою до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю.

Перевірку проводять одним із таких способів:

- безпосереднім вимірюванням струму 1-фазного короткого замикання на корпус або нейтральний провідник за допомогою спеціальних приладів;
- вимірюванням повного опору петлі «фаза-нуль» з наступним обчисленням струму 1-фазного короткого замикання».

Слід зазначити, що п.1.8.205 ПУЕ було би доцільним викласти у такій редакції:

П.1.8.205. «Перевірка кола «фаза – нуль» в електроустановках напругою до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю.

Перевірку проводять одним із таких способів:

- безпосереднім вимірюванням струму 1-фазного короткого замикання на корпус або захисний *PE* провідник(за його наявності) чи *PEN* провідник за допомогою спеціальних приладів;
- вимірюванням повного опору петлі «фаза- *PE(PEN)*» з наступним обчисленням струму 1-фазного короткого замикання.»

Повний опір кола «фаза- *PE(PEN)*» (і відповідно струм 1-фазного замикання на корпус або захисний *PE* провідник (за його наявності) чи *PEN* провідник мають забезпечувати автоматичне вимкнення живлення в межах нормованого часу, достатнього для електробезпеки людини, у разі замикання струмовідної частини на відкриту провідну частину або захисний провідник (п.1.7.82).

Тема 3.2. Вимоги ПТЕЕС щодо опору кола «фаза - нуль»

Додаток 1 до Правил технічної експлуатації
електроустановок споживачів

НОРМИ І ОБСЯГ ВИПРОБУВАНЬ ТА ВИМІРЮВАНЬ параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів

Таблиця 27. Електроустановки, апарати, вторинні кола, норми випробування яких не наведені в таблицях 1 - 26 цього додатка, та електропроводка на напругу до 1 кВ

4. Перевірка спрацьовування пристроїв захисту (роботоздатності розчіплювачів та захисного автоматичного вимкнення живлення):

а) перевірка спрацьовування пристроїв захисту, які реагують на надструми (автоматичні вимикачі, запобіжники) і не виконують функції захисного автоматичного вимикання живлення в електроустановках з типом заземлення системи TN-C, TN-S і IT

~~Кратність струмів 1-фазного КЗ на віддалену відкриту провідну частину кола, що захищається, в електроустановці з типом заземлення системи TN-C, TN-S і подвійного кола замикання на віддалені одна від одної провідні частини в системі IT, повинні бути не меншими ніж вказано в главі 3.1 ПУЕ.~~

Перевіряються безпосереднім вимірюванням сили струму 1-фазного короткого замикання або повного опору петлі «фаза-нуль» в системі TN-C, TN-S і повного опору петлі подвійного замикання в системі IT з подальшим визначенням відповідних струмів та часу автоматичного вимикання живлення згідно з захисними характеристиками пристроїв захисту, вказаними в каталогах підприємств-виробників цих пристроїв.

В електроустановках, приєднаних до одного щитка та тих, що містяться в межах одного приміщення, допускається здійснювати вимірювання з подальшою перевіркою спрацьовування захисту тільки на одній, найвіддаленішій від точки живлення установці (частині установки).

У мережі зовнішнього освітлення перевіряється спрацьовування захисту тільки для найвіддаленіших світильників кожної лінії. Спрацьовування захисту в разі замикання на корпус інших світильників перевіряється вимірюванням перехідного опору між PEN (PE)-провідником та корпусом світильника.

Перевірку спрацьовування захисту групових ліній різних приймачів, що використовуються короткочасно, допускається здійснювати **на штепсельних розетках із захисним контактом.**

б) перевірка спрацьовування пристроїв захисту, які реагують на надструми та виконують функцію захисного автоматичного вимикання живлення в електроустановках з типом заземлення системи TN-C, TN-S і IT.

Те саме, що й в пункті 4.а цієї таблиці, але кратність струмів повинна бути такою, щоб час спрацьовування захисту:

– в групових колах з силою робочого струму до 32 А не перевищував допустимий, наведений в таблиці 1.7.1 пункту 1.7.82 ПУЕ:

Таблиця 1.7.1 – Найбільший допустимий час захисного автоматичного вимкнення живлення в кінцевих колах з робочим струмом до 32 А для електроустановок із системою заземлення TN і TT

Номинальна напруга U_0 , В, між лінійним провідником і землею	Час вимкнення, с, в електроустановках			
	змінного струму для системи		постійного струму для системи	
	TN	TT	TN	TT
$50 < U_0 \leq 127$	0,8	0,3	–	–
$127 < U_0 \leq 230$	0,4	0,2	5,0	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,2	0,07	0,4	0,2
$U_0 > 400$	0,1	0,04	0,1	0,1

– в розподільних колах, а також групових колах з силою робочого струму більше 32 А – не перевищував 5 с.

Розрахунок струму замикання проводиться відповідно до пункту 4а з подальшим визначенням часу автоматичного вимикання живлення згідно із захисними характеристиками пристроїв захисту, вказаними в каталогах підприємств-виробників цих пристроїв.

Вид перевірки: К,М

Розчіплювачі мають вимикати автоматичний вимикач за значенням вимірюваного параметра (сила струму, значення напруги, час), які знаходяться в границях, заданих підприємством-виробником.

За даними випробувань та вимірювань проводяться відповідні розрахунки та порівняння.

Обчисливши струм 1-фазного КЗ необхідно визначити час спрацьовування захисного апарату за його часострумовою характеристикою, а потім дати висновок про час спрацьовування вимикача та його відповідність вимогам ПУЕ.

Приклад роботи з часострумовою характеристикою автоматичного вимикача представлений на рис. 3.1.

Певний (вимірний, розрахований) струм однофазного КЗ відкладається на часострумовій характеристиці у вигляді вертикальної прямої лінії (на рисунку – лінії **коричневого та синього кольорів**).

Зона струмів **правіше за синю лінію** забезпечує **спрацьовування автоматичного вимикача з часом менше 0,4 с** (зелена стрілка).

Зона струмів **правіше коричневої кривої** забезпечує **спрацьовування автоматичного вимикача з часом менше 5 с**. Таким чином можна вважати, що для забезпечення необхідного часу спрацьовування автоматичного вимикача в межах **менше 0,4 с**, струм КЗ повинен перевищувати **$10I_n$** для **автоматичного вимикача з**

характеристикою типу С (спрацьовує електромагнітний розчіплювач).

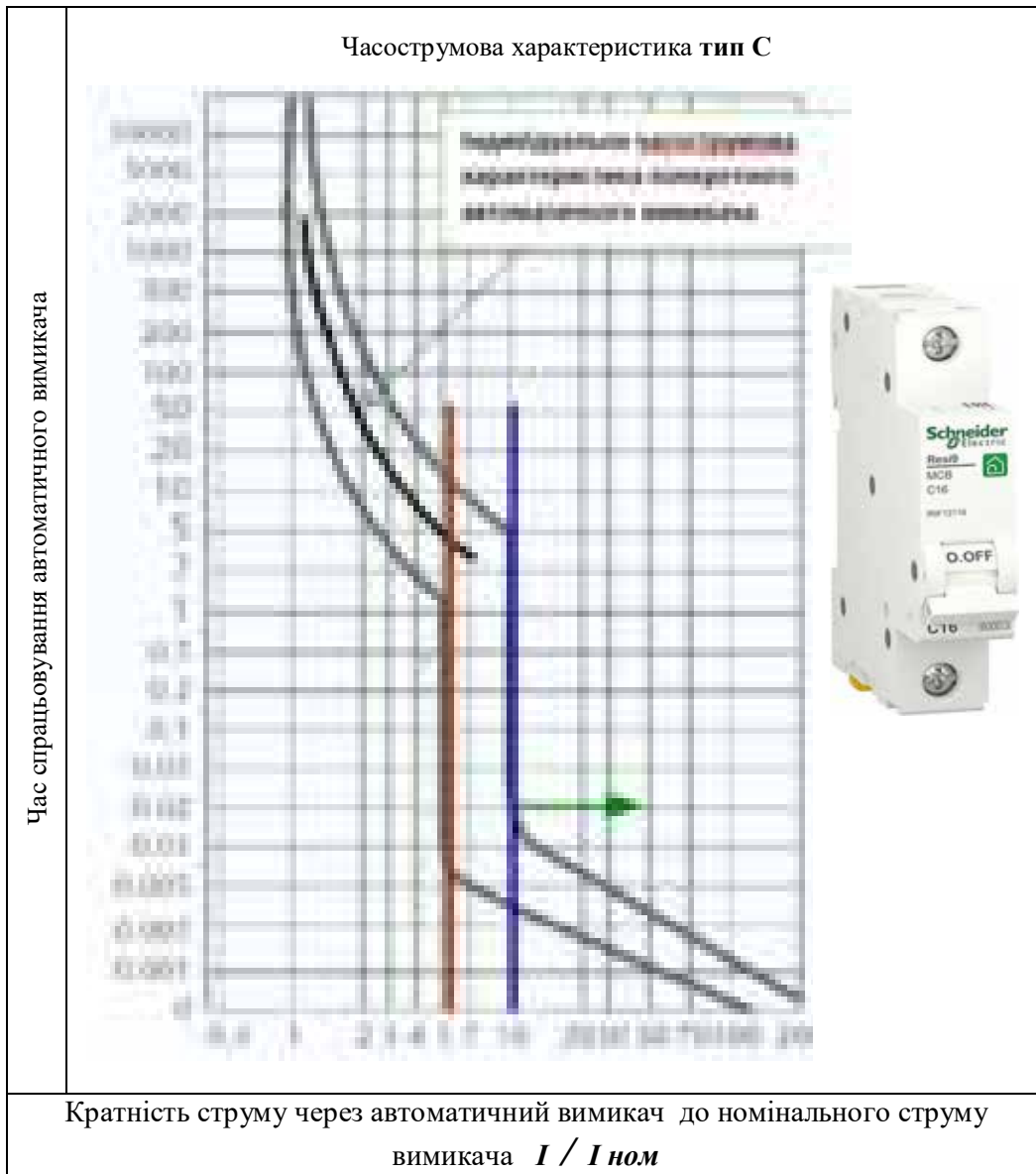


Рис. 3.1. Робота з часострумовою характеристикою (типу С) автоматичного вимикача

Якщо час спрацьовування автоматичного вимикача має бути не більше 5 с, то в цьому випадку можна вважати, що найімовірніше **спрацьовування зворотнозалежного від струму теплового розчіплювача**, тому для визначення зони спрацьовування необхідно

користуватися **індивідуальною часострумовою характеристикою конкретного автоматичного вимикача.**

На рис. 3.1 **індивідуальна часострумова характеристика** автоматичного вимикача побудована чорною кривою.

Кола із застосуванням ПЗВ як додаткових захисних пристроїв також необхідно перевіряти на відповідність повного опору петлі «фаза-нуль» та часу спрацювання захисних апаратів, що реагують на надструм.

Тема 3.3 .Вимоги безпеки

3.3.1. Організаційні заходи.

Роботи з вимірювання повного опору петлі «фаза-нуль» та струмів однофазних замикань виконуються за нарядом-допуском або за розпорядженням. Вид оформлення робіт визначає працівник, який має право видачі нарядів та розпоряджень.

3.3.2. Технічні заходи.

Перелік необхідних технічних заходів при проведенні вимірювань визначає особа, яка видає наряд чи розпорядження залежно від методу вимірювання, що використовується.

При вимірюванні повного опору петлі «фаза-нуль» зі зняттям напруги з використанням окремого регульованого джерела наднизької напруги перелік технічних заходів визначається **розділом 4 ПБЕЕС¹⁰ «Технічні заходи, що створюють безпечні умови виконання робіт».** При вимірюваннях без зняття напруги як повного опору кола (петлі) «фаза-нуль», так і струму 1-фазного короткого замикання необхідно виконати такі **ВИМОГИ:**

– в електроустановках напругою до 1000 В під час роботи під напругою необхідно:

- захистити розташовані поблизу робочого місця інші струмовідні частини, що знаходяться під напругою, до яких можливий випадковий дотик;
- працювати в діелектричних калошах або стоячи на ізолюючій підставці або гумовому діелектричному килимі;
- застосовувати ізольований інструмент (у викруток, крім

¹⁰ ПБЕЕС - Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. К.: Основа, 1998. -380 с.

того, має бути ізольований стрижень), користуватися діелектричними рукавичками;

– не допускається працювати в одязі з короткими або засученими рукавами, а також використовувати ножівки, напильники, металеві метри тощо;

– не допускається в електроустановках працювати в зігнутому положенні, якщо при випрямленні відстань до струмовідних частин буде меншою за відстань, зазначену в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Допустимі відстані до струмовідних частин, що знаходяться під напругою

Напруга, кВ		Відстань від людей та застосовуваних ними інструментів і пристосувань, від тимчасових огорожень, м	Відстань від механізмів та вантажопідйомних машин у робочому та транспортному положенні, від стропів, вантажозахоплювальних пристроїв та вантажів, м
До 1 кВ	На ПЛ	0,6	1,0
	В інших електроустановках	Не нормується (без дотику)	1,0
	1-35	0,6	1,0
	60, 110	1,0	1,5
	150	1,5	2,0
	220	2,0	2,5
	330	2,5	3,5
	400, 500	3,5	4,5
	750	5,0	6,0
	800*	3,5	4,5
	1 150	8,0	10,0

*постійний струм

Не допускається при роботі біля неогорожених струмовідних частин розташовуватися так, щоб ці частини знаходилися позаду працівника або з обох боків.

Не допускається торкатися без застосування електрозахисних засобів до ізоляторів, ізолюючих частин обладнання, що перебуває під напругою.

Не допускаються роботи у неосвітлених місцях. Освітленість ділянок робіт, робочих місць, проїздів та підходів до них має бути рівномірною, без сліпучої дії освітлювальних пристроїв на працюючих.

3.3.3. Вимоги до кваліфікації персоналу.

До проведення вимірювань допускаються особи електротехнічного персоналу, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку та перевірку знань і вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів в обсязі розділу 6 **«Правила безпеки під час виконання окремих видів робіт в електроустановках загального призначення»**.

Склад бригади має бути не менше двох осіб:

- виконавець робіт із групою з електробезпеки не нижче III;
- член бригади з групою електробезпеки не нижче III.

Персонал має бути ознайомлений із методикою вимірювань.

3.3.4. Умови проведення вимірювань.

Характеристики довкілля:

- пора року – протягом року;
- час доби – з 8 до 17 години;
- температура повітря – не нижче +5°C;
- вологість повітря – до 70%.

Тема 3.4. Загальні засади вимірювань опору кола (петлі) «фаза-нуль» та струму 1-фазного короткого замикання

Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» та струму 1-фазного короткого замикання проводяться:

- перед прийманням електрообладнання в експлуатацію;
- у строки, визначені графіком планово-попереджувальних ремонтів;
- після капітального ремонту електроустаткування.

За виміряним повним опором петлі «фаза-нуль» визначається струм однофазного короткого замикання, а за отриманою розрахунком величиною цього струму визначається час спрацьовування захисного апарату.

При прямих вимірюваннях струму 1-фазного короткого замикання час спрацьовування захисного апарату визначається виміряною величиною цього струму. Цей час має задовольняти вимоги п.1.7.82 ПУЕ щодо захисту від ураження електричним струмом при непрямих дотиках шляхом автоматичного вимкнення живлення.

За опором петлі «фаза-нуль» $Z_{\phi N}$, [Ом] струм короткого замикання $I_{кз1\phi}$, [А] визначається за формулою:

$$I_{кз1\phi} = U_0 / Z_{\phi N}, \quad (3.1)$$

де U_0 - номінальне значення фазної напруги, В.

В електроустановках напругою до 1000 В у системах з глухозаземленою нейтраллю струм однофазного замикання на корпус електроприймача повинен забезпечувати нормований час вимкнення пошкодженої ділянки кола захисним апаратом, що реагує на надструм, у межах зазначеного в табл. 3.1 (таблиця 1.7.1 ПУЕ).

Таблиця 3.1. Найбільший допустимий час захисного автоматичного вимкнення для систем із глухозаземленою нейтраллю (TN)

Номінальна фазна напруга U_0 , В	Час вимкнення, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Понад 380	0,1

Відповідно до п.1.7.82 ПУЕ, зазначений час вимкнення вважається достатнім для забезпечення захисту від ураження електричним струмом під час непрямих дотиків (електричний контакт людей або тварин з відкритими провідними частинами, що знаходяться під напругою внаслідок пошкодження ізоляції).

У колах, що живлять розподільні, групові, поверхові та інші щити або щитки, час вимкнення не повинен перевищувати 5 с.

У колах, що живлять тільки стаціонарні електроприймачі від розподільчих пристроїв, також допускається час автоматичного вимкнення живлення до 5 с при виконанні наступних умов:

- повний опір захисного провідника між головною заземлювальною шиною РЕ (рис. 2.2 розділу 2 «Перевірки і вимірювання параметрів заземлювальних пристроїв») та корпусом розподільчого пристрою (Z_{PE}) повинен задовольняти наступну вимогу:

$$Z_{zn} \leq \frac{50}{I_a}, \quad (3.2)$$

де Z_{zn} – повний опір захисного провідника між головною заземлювальною шиною (ГЗШ) і розподільним

пристроєм, Ом;

I_a – струм, який протікає через захисний провідник і спричинює спрацьовування захисного пристрою кінцевого кола, А;

Це означає, що:

- падіння напруги на даному захисному провіднику при однофазному короткому замиканні (очікувана напруга дотику) не перевищить **наднизьку напругу, що дорівнює 50 В** (п. 1.7.51 ПУЕ);
- до шини РЕ розподільного пристрою приєднана додаткова система зрівнювання потенціалів, що охоплює ті ж сторонні провідні частини, що і основна система зрівнювання потенціалів.

У системах із ізольованою нейтраллю час захисного автоматичного вимкнення живлення при подвійному замиканні на відкриті провідні частини не повинен перевищувати зазначеного в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Найбільший допустимий час захисного автоматичного вимкнення для систем із ізольованою нейтраллю (ІТ)

Номінальна лінійна напруга Уд, В	Час вимкнення, с
220	0,8
380	0,4
660	0,2
Понад 660	0,1

Для перевірки виконання цих вимог у системах із ізольованою нейтраллю, що мають тільки апарати захисту від надструму, проводиться **вимірювання параметрів кола «фаза-фаза»** (повний опір цього кола або струм міжфазного замикання).

Тема 3.5. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль»

Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» та струмів однофазного (міжфазного) короткого замикання проводиться з метою перевірки часових параметрів спрацьовування пристроїв захисту електрообладнання від надструмів при замиканні фази на корпус.

3.5.1. Засоби вимірювань.

Вимірювання опору кола(петлі) «фаза-нуль» може проводитися:

- **методом амперметра-вольтметра** за відсутності напруги мережі живлення;
- **приладом М-417**, що дозволяє вимірювати опір петлі «фаза-нуль» за наявності напруги на джерелі живлення в електроустановках напругою 380 В із глухозаземленою нейтраллю живильного трансформатора;
- вимірювачем параметрів кола «фаза-нуль» **ЦК 0220**;
- вимірювачем опору **ІФН-300/1** та іншими подібними приладами.

3.5.2. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» з використанням окремого джерела живлення.

Вимірювання проводиться при відключеному живильному трансформаторі за схемою, представленою на рис. 3.3, з використанням навантажувального, зварювального або котельного трансформатора і регульовального реостата потужністю не менше 500 Вт.

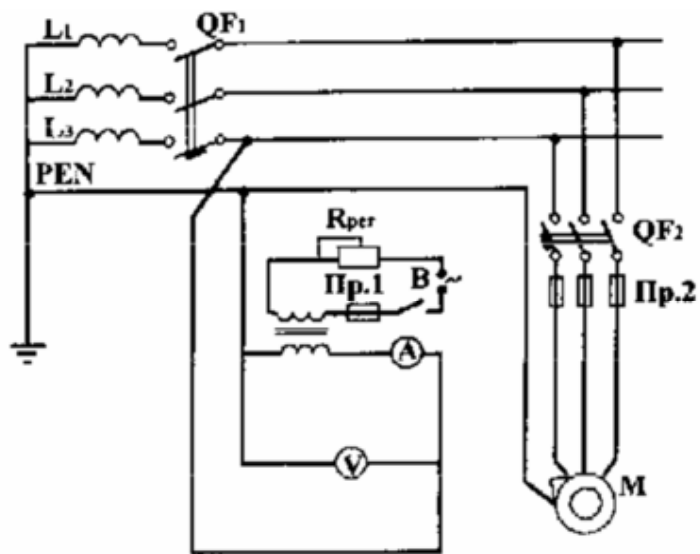


Рис. 3.3. Схема вимірювання опору петлі (кола) «фаза-нуль» методом амперметра -вольтметра

Напруга подається від зварювального, котельного або навантажувального трансформатора, що підключається до найближчого джерела живлення.

Струм у вимірюваному колі має бути не менше 10 А. Для створення кола фазний провід приєднується до корпусу електроприймача.

Опір ділянки кола «фаза-нуль» визначається за формулою:

$$Z_n = \frac{U_0}{I} \quad (3.4)$$

Для визначення модуля опору кола (петлі) «фаза-нуль» з урахуванням живильного трансформатора досить отримати значення склади з розрахунковим значенням повного опору однієї фази трансформатора $Z_T/3$.

Повний опір кола «фаза-нуль» з достатньою точністю визначається за формулою:

$$Z_{\text{фн}} = Z_n + \frac{Z_T}{3} \quad (3.5)$$

Можливий струм однофазного короткого замикання визначається за формулою:

$$I_{\text{кз}}^{(1)} = \frac{U_0 \cdot 0,85}{Z_n + \frac{Z_T}{3}} \quad (3.6)$$

де U_0 - фазна напруга, В;

Z_T - повний опір трансформатора. Значення Z_T для різних трансформаторів наведені у табл. 3.3.

Слід врахувати, що алгебраїчне складення комплексних опорів не призведе до великої похибки результату тільки у випадку, якщо реактивна складова повного опору кола «фаза-нуль» не перевищує половини активної складової.

3.5.3 .Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» при наявності напруги мережі живлення приладом М-417.

Прилад для вимірювання опору М417 призначений для вимірювання опору кола «фаза-нуль» у діапазоні від 0,1 Ом до 1,6 Ом без вимкнення джерела живлення струму.

Таблиця 3.3. Значення повного опору трансформаторів

Потужність трансформатора, кВА	Первинна напруга, кВ	Схема з'єднання обмоток	Повний опір трансформатора, Ом
25	6-10	Y/ Yo	3,110
40	6-10	Y/ Yo	1,949
63	6-10	Y/ Yo	1,237
100	6-10	Y/ Yo	0,779
160	6-10	Y/ Yo	0,487
250	6-10	Δ / Yo	0,312
250	6-10	Y/ Yo	0,106
250	20-35	Y/ Yo	0,305
400	6-10	Y/ Yo	0,195
400	6-10	Δ / Yo	0,066
630	6-10	Y/ Yo	0,129
1000	6-10	Y/ Yo	0,081
1000	6-10	Δ / Yo	0,026

Вимірювання проводяться безпосередньо на електроприймачах, найбільш віддалених від апарата захисту, що перевіряється, на відгалуженнях (на вхідних контактах апарату, що забезпечує селективність захисту мережі в даному відгалуженні); групових розеточних лініях.

У колах електроприймачів, приєднаних до одного апарату захисту в межах одного приміщення, допускається проводити вимірювання тільки найбільш віддалених електроприймачів (розеток) кожного відгалуження групової лінії.

У розеток, що мають захисний заземлюючий контакт, вимірювання опору петлі «фаза-нуль» проводиться між фазним та нульовим захисним провідником.

Однак, якщо ці розетки увімкнені через пристрої захисного вимкнення (ПЗВ), то прямі вимірювання повного опору кола «фаза-нуль» зробити неможливо, тому що тестуючі струми існуючих приладів, що здійснюють ці вимірювання, більше від номінальних диференціальних вимикаючих струмів ПЗВ. У цьому випадку, щоб уникнути демонтажу або шунтування ПЗВ, вимірювання проводяться по ділянках кола.

Для цього необхідно відключити ПЗВ та виміряти опір ділянки кола «вихід ПЗВ – розетка» вимірником малих комплексних опорів.

При цьому вимірювання слід проводити в розподільчому пристрої на вихідних контактах ПЗВ, попередньо замкнувши фазний і

заземлюючий контакти розетки перемичкою, яку легко виготовити зі стандартної штепсельної вилки.

Перед увімкненням замикаючої штепсельної вилки та проведенням вимірювань необхідно переконатися у відсутності напруги в розетці та на вихідних контактах ПЗВ. Після цього приладом М-417 (рис. 3.4) слід виміряти повний опір ділянки кола «фаза-нуль» (вхідні контакти ПЗВ - живильний трансформатор), далі скласти отримані значення опорів за формулою:

$$Z_{\phi N} = Z_1 + Z_2, \quad (3.7)$$

де: $Z_{\phi N}$ - повний опір ланцюга «фаза-нуль»;

Z_1 - опір першої знеструмленої ділянки;

Z_2 - опір другої ділянки (під напругою).

Якщо до ПЗВ приєднано кілька групових ліній, що відходять, то для визначення повного опорю «фаза-нуль» цих ліній достатньо один раз виміряти опір ділянки кола «ПЗВ - живильний трансформатор» приладом М-417, після чого виміряти опори знеструмлених ділянок відхідних групових ліній омметром.

Склавши кожне отримане значення опорю знеструмлених ліній з вимірним опором ділянки кола «ПЗВ - живильний трансформатор» отримаємо повні опори кіл «фаза-нуль» групових ліній, підключених до цього ПЗВ.



Рис. 3.4. Прилад М-417

Технічні характеристики приладу М-417

Діапазон показань, Ом	0-2
Діапазон вимірювань, Ом	0,1-1,6
Основна похибка приладу діапазону вимірювань, %	± 10
Час встановлення показань, с, не більше ніж	4
Споживана потужність, ВА	30 (у режимі калібрування), 4500 ВА (у режимі вимірювань)
Маса, кг	10
Габаритні розміри, мм	350x300x200

Прилад забезпечує автоматичне розірвання вимірювального кола у разі появи на корпусі контрольованого об'єкта потенціалу, що перевищує 36 В.

Час розірвання вимірювального кола - не більш ніж 0,3 с.

Для проведення вимірювань приладом М-417 необхідно: приєднати прилад до електроприймача або ділянки мережі, захист яких перевіряється, та провести вимірювання, для чого:

- приєднати з'єднувальні провідники до затискачів приладу;
- ручку «Калібрування» встановити у крайнє ліве положення;
- один з провідників за допомогою пружинного затискача приєднати до корпусу електроприймача (РЕ- та PEN-провідника відгалуження), забезпечивши в місці приєднання надійний контакт, а другий провід приєднати до фазного проводу в місці його підключення до електроприймача (приєднання РЕ- та PEN- провідників відгалуження).

Цю роботу потрібно виконувати, відключивши електроприймач від мережі.

Якщо це неможливо, то підключення приладу виконувати в діелектричних рукавичках, захисних окулярах, стоячи на гумовому діелектричному килимі або в гумових діелектричних калошах.

Якщо підключення виконувалось зі зняттям напруги, подати напругу. За наявності заземлюючого (занулюючого) кола засвітиться лампочка $Z \neq \infty$. Якщо лампа не засвітилася - це говорить про обрив заземлюючого (занулюючого) кола. В цьому випадку проводити з вимірювання абортуються.

При засвіченні лампочки $Z \neq \infty$ продовжити процес вимірювання, для чого:

- натиснути кнопку «Перевірка калібрування» та за допомогою ручки «Калібрування» встановити стрілку приладу на нуль;
- відпустити ручку «Перевірка калібрування»; натиснути кнопку «Вимірювання» та зробити відлік за шкалою приладу;
- час вимірювання має перевищувати 4 - 7 секунд з інтервалами щонайменше 1 хвилини;
- засвічення сигнальної лампочки $Z = 2 \text{ Ом}$ при натиснутій кнопці «Вимірювання» свідчить про опір петлі фаза-нуль більше 2 Ом.

В цьому випадку необхідно виконати вимірювання по ділянках кола за раніше викладеною методикою.

При цьому комутаційний апарат, що розділяє досліджуване коло на знеструмлену ділянку (для вимірювання опору цієї ділянки приладом М-417 на вході цього апарата), слід вибирати з наступних суперечливих вимог:

- даний апарат, по можливості, повинен бути якомога ближче до джерела енергії, щоб опір ділянки кола, що вимірюється приладом М-417, вкладався в діапазон його вимірювання;
- вимкнення даного апарату, з іншого боку, не повинно знеструмлювати надто велику кількість споживачів та призводити до порушення технологічних процесів.

3.5.4. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль», «фаза-фаза», вимірювачем ІФН-300.

Вимірювач опору ІФН-300/1 (рис. 3.5) – це компактний переносний вимірювач опору петлі, який допомагає визначати опір електричної петлі «фаза-нуль», «фаза-фаза», а також визначити перехідний опір контактних з'єднань.

Завдяки даним, отриманим в ході вимірювання опору приладом ІФН-300/1, можна швидко і легко виявити несправності в групових електричних лініях і оперативно вжити необхідних заходів для того, щоб уникнути великих аварій на виробництвах або серйозних пожеж.

Опір петлі «фаза-нуль» вимірюється в електричній мережі під час провкдення приймально-здавальних випробувань.

Крім того, петля «фаза-нуль» перевіряється для якісної роботи електричної мережі з періодичністю один раз на три роки.



Рис. 3.5. Вимірювач ІФН-300

Прилад ІФН-300/1 вимірює такі показники електричної мережі:

- опір петлі «фаза - нуль»;
- опір петлі «фаза-фаза»;
- активний опір петлі;
- реактивний опір петлі;
- повний опір петлі;
- розраховує прогнозований електричний струм короткого

замикання.

Прилад ІФН-300/1 обладнаний монітором, на який виводиться інформація про результати вимірювання, про напругу на об'єктах

вимірювання, а також інші параметри. Вимірювання приладом ІФН-300/1 виконуються без попереднього вимкнення захисту, який встановлений на лінії.

Вимірювач опору ІФН-300/1 працює від звичайних пальчикових батарейок типу АА. Це безпечний для роботи персоналу прилад, оснащений сучасними системами захисту.

Особливості вимірювача ІФН-300/1:

- діапазон вимірювання вибирається автоматично;
- прилад переходить в енергозберігаючий режим автоматично;
- корпус приладу виготовлений з матеріалу, захищеного від пилу, вологи і ударів;
- прилад має рідкокристалічний монітор;
- прилад здійснює моніторинг рівня заряду батареї;
- прилад стійкий до перешкод.

Технічні характеристики вимірювача ІФН-300/1

Вимірювання напруги змінного струму	
Діапазон вимірювання діючого значення напруги, В	від 10,0 до 450,0
Робочий діапазон частот, Гц	від 45 до 65
Вимірювання активного, реактивного і повного опору петлі «фаза-нуль», «фаза-фаза»	
Діапазони вимірів активного, реактивного і повного опору петлі «фаза-нуль», «фаза-фаза», Ом	від 0,01 до 9,99
	від 10,0 до 99,9
	від 100 до 200
Робочий діапазон напруг, В	від 180 до 450
Обчислення прогнозованого струму короткого замикання	
Діапазон обчислень прогнозованого струму короткого замикання ланцюга «фаза-нуль», кА	від 0 до 22 кА
Діапазон обчислень прогнозованого струму короткого замикання кола «фаза-фаза», кА	від 0 до 38 кА

Тема 3.6. Вимірювання струму 1-фазного (міжфазного) короткого замикання

Вимірювання струму 1-фазного короткого замикання може виконуватися приладами:

- вимірювачем струму короткого замикання **Щ41160** за наявності напруги мережі живлення (непрямий метод);

– вимірювачем напруги дотику і струму короткого замикання **ЭК 0200** та іншими спеціалізованими приладами.

3.6.1. Вимірювання струму 1-фазного короткого замикання приладом Щ41160.

Вимірювання струму однофазного короткого замикання проводяться на тих же електроприймачах і в тих електричних колах, що і вимірювання повного опору петлі «фаза-нуль» .

Вимірювання проводяться приладом Щ41160 (рис. 3.6), що вимірює реальний струм однофазного замикання протягом одного періоду напруги мережі.

Вимірювач струму короткого замикання Щ41160 призначений для вимірювання струму однофазного короткого замикання кола «фаза-нуль» в мережах змінного струму напругою 220 В, частоти 50 Гц із глухозаземленою нейтраллю і кутом зсуву фаз між напругою і струмом ($30^{\circ} \pm 25$). Випускається замість вимірювача М417.

В основу роботи вимірювача Щ41160 покладено вимірювання реального струму короткого замикання з обмеженням протікання струму короткого замикання тривалістю не більше 10 мс.



Рис. 3.6. Вимірювач Щ 41160

Вимірювач зберігає інформацію при відключенні від мережі.

Умови експлуатації вимірювача:

– температура навколишнього повітря від мінус 30 ° С до плюс 40 ° С;

- відносна вологість повітря до 90 % за температури плюс 30°C.

Технічні характеристики приладу Щ41160

Параметр	Значення параметра
Діапазон вимірювання струму однофазного короткого замикання, А	Від 10 до 1000
Час встановлення робочого режиму	Трохи більше 5 хв
Живлення вимірювача	Від мережі змінного струму напругою (220±22) В частотою 50 Гц
Споживана потужність, В·А.	Трохи більше 20
Тривалість безперервної роботи, годин	8
Габаритні розміри, мм	335 x 305 x 140
Маса вимірювача із комплектом ЗІП, кг	6,9

Для проведення вимірювань необхідно:

- дістати з'єднувальні провідники з футляра та приєднати до вимірювача відповідно до нанесеного на них та вимірювачі маркування. У випадках, коли порядок струму короткого замикання кола «фаза - нуль» невідомий, вимірювання необхідно починати з обмежувальним резистором, тобто з'єднувальний провідник «ФАЗА» приєднати до затискача «ФАЗА огран»;
- дотримуючись маркування («фаза», «корпус») підключити прилад до об'єкта вимірювань, забезпечивши надійне контактне з'єднання. Цю роботу слід виконувати, відключивши електроприймач від мережі. Якщо це неможливо, то підключати прилад слід у діелектричних рукавичках, захисних окулярах, стоячи на гумовому діелектричному килимі або в гумових діелектричних калошах;
- натиснути кнопку ПТН (живлення). Засвічення індикації (мають висвічуватись нулі) свідчить про те, що вимірювач справний і готовий до роботи;
- натиснути кнопку ИЗМ. (Вимірювання). На час вимірювання індикація гасне, а потім висвічується результат вимірювання. На час вимірювання протягом 5 с можливе підсвічування індикації, яке не відбивається на результаті вимірювання;
- якщо результат вимірювання струму короткого замикання з обмежувальним резистором, перевищує 535 А, то орієнтовне значення струму КЗ визначається за формулою:

$$I_{кз} = 220 / ((220 / I_{вим}) - 0,3) , \quad (3.8)$$

де $I_{вим}$ - показання вимірювача.

Слід враховувати, що найдостовірніший результат, визначений за цією формулою, буде для кіл «фаза-нуль» з мінімальною індуктивністю.

Категорично забороняється проводити вимірювання без обмежувального резистора, коли результат вимірювання з обмежуючим резистором перевищує 535 А, оскільки це може призвести до виходу з ладу приладу.

Якщо результат вимірювання струму короткого замикання з обмежувальним резистором не перевищує 535 А, то вимірювання необхідно повторити без обмежувального резистора, відключивши з'єднувальний провід ФАЗА від затискача «ФАЗА огран» і підключивши його до затискача ФАЗА.

При цьому слід мати на увазі, що межа допустимої відносної основної похибки в діапазоні від 1000 до 2000 А не нормується.

Якщо при вимірюванні струму короткого замикання відбувається вимкнення об'єкта (спрацьовує захист) і не вдається зафіксувати результат вимірювання, то вимірювання слід повторити в наступному порядку:

- дотримуючись полярності, встановити у відсік живлення 6 гальванічних елементів;
- увімкнути автоматичний вимикач захисту;
- натиснути кнопку ПТН (ЖИВЛЕННЯ);
- натиснути кнопку ПМТ (ПАМ'ЯТЬ), перевіривши вимірювач у режим запам'ятовування результату вимірювання;
- зробити вимірювання, натиснувши кнопку ИЗМ (ВИМІР);
- увімкнути автоматичний вимикач захисту, якщо відбулося вимкнення вимірювача від мережі;
- кнопку ПТН відтиснути та через 10-15 с натиснути. На відліковому пристрої висвічується результат попереднього вимірювання.

Незважаючи на незначний час протікання в колі «фаза-нуль» та вимірювальному колі приладу реального струму замикання (20 мс), при струмах більше 100 А використання щупів і затискачів типу «крокодил» неприпустимо, тому що відбувається підгоряння контактів, а при великих струмах, зварювання щупа і струмовідної частини.

Забезпечення надійних контактів при підключенні приладу до струмовідних частин, використовуючи болтові, гвинтові з'єднання та струбцини, потребує великих витрат часу і продуктивність праці при масових вимірюваннях є низькою.

Окрім того, при досить великих струмах замикання спрацьовують електромагнітні розчіплювачі автоматичних вимикачів, у яких перевіряється узгодження характеристик з параметрами кола «фаза-нуль» (при номінальних струмах автоматичних вимикачів менше 25 А це відбувається практично завжди).

Ця обставина призводить до тимчасового знеструмлення електроустановок та порушення виробничих технологічних процесів.

Одним із недоліків даного приладу є також ненормована похибка вимірювань у діапазоні струмів однофазних замикань від 1000 до 2000 А, що не забезпечує достовірності результатів вимірювань у цьому діапазоні.

3.6.2. Вимірювання струму 1-фазного короткого замикання вимірювачем ЭК 0200.

Вимірювач ЭК 0200 (рис. 3.7) призначений для вимірювання напруги дотику і струму короткого замикання в колі «фаза-нуль» в мережах змінного струму напругою 380/220 В із глухозаземленою нейтраллю.



Рис. 3.7. Вимірювач струму 1-фазного короткого замикання ЭК0200

Конструкція вимірювача ЭК0200 забезпечує безпеку працюючого персоналу, за рахунок укладання всіх елементів електричної схеми (крім з'єднувальних провідників) в пластмасові корпуси, що запобігають можливості дотику до частин, що перебувають під напругою.

Перед кожним підключенням блоку короткозамикача приладу ЭК0200 до струмовідної частини електроустановки слід шляхом зовнішнього огляду перевірити якість ізоляції сполучних провідників. Вимірювач ЭК0200 складається з двох блоків: блоку короткозамикача і блоку вимірювання.

Технічні характеристики вимірювача ЭК 0200

Діапазони вимірювань струму короткого замикання, кА	0-0,2; 0-1; 0-2
Похибка вимірювання струму короткого замикання, %.	± 10
Діапазон вимірювання напруги дотику, В	0– 250
Похибка вимірювання напруги дотику, %	± 4
Час встановлення робочого режиму, хв, не більше	5
Час встановлення показань, с, не більше	4
Інтервал між замиканнями кола «фаза-нуль», с, не менше	15
Живлення приладу ЭК0200: – блоку короткозамикача; – блоку вимірювання	мережа 220 В, частоти 50 — 60 Гц 10 елементів 316 або їх аналогів
Сила електричного струму, що споживається блоком вимірювання, мА	50
Потужність, споживана блоком короткозамикача при натисненій кнопці «ЖИВЛЕННЯ», ВА, не більше	20
Габаритні розміри, мм	345x265x135
Маса, кг	6,0

Умови експлуатації вимірювача ЭК0200 — від мінус 10° С до плюс 40° С. Виконання приладу — струменевологозахищене.

В основу роботи вимірювального приладу ЭК0200 покладено вимірювання реального струму короткого замикання і напруги дотику блоком вимірювання під час короткого замикання, здійснюваного блоком короткозамикача з обмеженням часу замикання. Однофазне коротке замикання здійснюється за допомогою тиристора. При замиканні кола «фаза-нуль» відбуваються перехідні процеси. При

однополярному короткому замиканні відбувається намагнічування провідників.

Для виключення похибки від перехідних процесів і намагнічування провідників вимірювання проводяться в два такти з чергуванням напрямку струму короткого замикання.

Під час першого такту тиристор вмикається в максимум негативного напівперіоду напруги мережі (270 електричних градусів) і визначається тривалість протікання струму через тиристор і зсув фаз між струмом і напругою в колі «фаза-нуль».

У другому такті тиристор вмикається з урахуванням фази, визначеної в першому такті і в протилежній полярності, що призводить до відсутності перехідного процесу підмагнічування сталевих труб, якщо провідники розташовані в трубах.

У наступних вимірюваннях проводять дії, описані у другому такті з чергуванням напрямку протікання струму при короткому замиканні.

У випадку, коли порядок струму короткого замикання кола «фаза-нуль» не відомий, вимірювання необхідно починати з обмежувальним резистором, що обмежує фазу об'єкта, тобто підключити до затискачу «ФАЗА Rогр». Якщо результат вимірювання струму короткого замикання перевищить значення 535 А, то проводити вимірювання приладом ЕК0200 без обмежувального резистора, оскільки значення струму короткого замикання перевищує максимально допустиму величину.

3.6.3. Вимірювання струму 1-фазного короткого замикання багатofункціональним вимірювачем ЕР-180.

Вимірювач багатofункціональний ЕР-180 (рис.3.8) призначений для швидкого вимірювання опору кола «фаза-нуль», опору заземлювального проводу, напруги між фазним і нульовим проводом N, напруги між фазним і захисним проводом РЕ в мережах 380/220 частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю, а також для перевірки правильності підключення триполюсних євророзеток.

Особливості вимірювача

- живлення від вимірюваного кола;
- цифрове відображення вимірюваних величин;
- автоматичне перемикання діапазонів вимірювань;
- немає необхідності в ручному калібруванні;

– можливість проведення вимірювань одним оператором.
Результати вимірювань оформлюються протоколом, форма якого додається (додаток А).



Рис. 3.8. Багатофункціональний вимірювач EP-180

Технічні характеристики вимірювача EP-180

Діапазони вимірювань:	
- напруга «фаза-захисний провід РЕ» , В	180...250
- напруга «фаза-нуль», В	180...250
- максимальне значення струму навантаження при вимірюванні опору петлі «фаза-нуль» протягом 10 мс, А	19
Маса, кг	0,55
Габаритні розміри, мм	120x200x57

Тема 3.7. Вимірювання опору кола «фаза-нуль» і струму 1-фазного (міжфазного) короткого замикання багатофункціональними вимірювачами

3.7.1. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» вимірювачем ЦК 0220.

Вимірювач параметрів кола «фаза-нуль» ЦК 0220 (рис. 3.9) призначений для вимірювання сили струму однофазного короткого замикання, повного електричного опору, напруги кола «фаза-нуль» в мережах змінного струму напругою 220 В, частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю.

Вимірювач ЦК 0200 має:

- мікроконтролерне керування і обробку інформації з подальшим відображенням її на символному дисплеї з підсвічуванням;
- пам'ять результатів 10 останніх вимірювань;
- резистор обмеження струму короткого замикання 0,1 Ом параметрів кола «фаза-нуль»:
 - активного опору R ;
 - реактивного опору X ;
 - кута зсуву фаз φ .

Живлення вимірювача ЦК 0200 здійснюється від вимірюваної мережі.

Вимірювач автоматично відключається від мережі живлення при появі в зовнішньому колі падіння напруги, що перевищує 36 В, зниженні напруги мережі менше 180 В або перевищенні напруги мережі більше 245 В.



Рис.3.9. Вимірювач ЦК 0200

Умови експлуатації:

- температура навколишнього повітря від мінус 10 °С до плюс 40 °С;
- відносна вологість 90 % при 30 °С.

Тривалість безперервної роботи - 8 годин.

Час перерви до повторного увімкнення, не менше 25 хвилин.

Технічні характеристики вимірювача ЦК0200

Діапазони вимірювань:	
- струм короткого замикання (Ік.з.)	в діапазоні 10 А – 10000 А з похибкою $\pm 5\%$ від вимірюваної величини;
- повний опір (Z)	в діапазоні 0,022 Ом – 22 Ом з похибкою $\pm 5\%$ від вимірюваної величини
- напруга мережі (U)	в діапазоні 180 В – 245 В з похибкою $\pm 1\%$ від вимірюваної величини в колах «фаза-нуль» і «фаза-заземлення» частоти 50(60) Гц, в яких кут зсуву фаз між струмом і напругою (ϕ) становить від 0 до 60 електричних градусів
Споживана потужність, ВА	(при не натиснутій кнопці ВИМІРЮВАННЯ) не більше 15

3.7.2. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» багатofункціональним вимірювачем параметрів електроустановок МІ 3102Н ВТ.

Багатofункціональний вимірювач параметрів електроустановок МІ 3102Н ВТ (рис. 3.10) дозволяє провести не тільки такі стандартні випробування в електроустановках як вимірювання опору ізоляції напругою до 2,5 кВ, **перевірка узгодження параметрів кола «фаза-нуль» з характеристиками апаратів захисту**, перевірка наявності кола між заземленими електроустановками, перевірка параметрів ПЗВ А, АС та F типів, вимірювання опору заземлювальних пристроїв (у тому числі 2-ма кліщами), а також виміряти питомий опір ґрунту, активну, реактивну та повну потужності, сумарний коефіцієнт гармонік, коефіцієнти абсорбції та поляризації ізоляції.

Вимірювач МІ 3102Н ВТ оснащений технологією автоматичного тестування та здатний передавати дані на пристрої з ОС Android за допомогою вбудованого модуля Bluetooth.

З вимірювачем MI 3102H BT окремо купується програма A1292 ПО EUROLINK PRO PLUS, що дозволяє створювати протокол випробувань електроустановки.

Багатофункціональний вимірювач параметрів електроустановок MI 3102H BT поставляється в наступних комплектаціях:

- MI 3102H BT – вимірювач параметрів безпеки електроустановок (2,5 кВ) (базова комплектація);
- MI 3102H BT PROF – вимірювач параметрів безпеки електроустановок (2,5 кВ) (професійна комплектація).



Рис. 3.10. Багатофункціональний вимірювач параметрів електроустановок MI 3102H BT

Функціональні можливості вимірювача параметрів електроустановок MI 3102H BT:

- вимірювання опору ізоляції в діапазоні до 20 ГОм напругою до 2500 В;
- вимірювання коефіцієнтів абсорбції R_{60}/R_{15} та поляризації;
- перевірка безперервності захисних провідників;
- **вимірювання повного опору лінії та контуру та розрахунок струму короткого замикання;**
- перевірка параметрів селективних та стандартних ПЗВ А, АС, F типів з номінальними струмами вимкнення від 10 мА до 1 А;
- вимірювання опору заземлювальних пристроїв за 3-провідною схемою;
- вимірювання опору заземлювальних пристроїв 2-ма опціональними кліщами A1018 та A1019;

- вимірювання питомого опору ґрунту за допомогою опціонального адаптера A1199;
- вимірювання сили струму до 20 А з опціональними кліщами A1018 та до 300 А з опціональними кліщами A1391;
- вимірювання напруги та частоти;
- вимірювання активної, реактивної та повної потужності, коефіцієнта потужності;
- вимірювання гармонійних складових напруги та струму, сумарного коефіцієнта гармонік напруги та струму;
- контроль порядку чергування фаз;
- вимірювання освітленості (опціональні датчики A1172, A1173).

Відмінні риси багатофункціонального вимірювача параметрів електроустановок (базова комплектація) MI 3102H BT:

- технологія автоматичних випробувань AUTOSEQUENCE: спочатку в приладі задано три міні-послідовності для різних систем заземлення;
- вбудована трирівнева пам'ять, що дозволяє зберегти до 500 результатів вимірів;
- опціональне програмне забезпечення EUROLONK PRO PLUS дозволяє отримувати протоколи вимірювань;
- можливість зв'язку через вбудований Bluetooth-модуль із пристроями на основі Android;
- як опція доступна програма A1431 EUROLINK Android APP, що дозволяє керувати даними, отриманими приладом MI 3102H BT, за допомогою пристроїв Android;
- маса 1,3 кг;
- габаритні розміри 230x102x115 мм.

3.7.3. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» вимірювачем параметрів електробезпеки електроустановок Sonel MPI-530.

Вимірювач параметрів електробезпеки електроустановок Sonel MPI-530 (рис. 3.11) застосовується при налагодженні та експлуатаційному контролі стану мережі електроживлення, а також при приймально-здавальних та сертифікаційних випробуваннях електроустановок будівель.



Рис. 3.11. Вимірювач параметрів електробезпеки електроустановок Sonel MPI-530

Функціональні можливості вимірювача:

- вимірювання повного опору кола «фаза-нуль», «фаза-фаза», «фаза-захисний провідник»;
- вимірювання повного опору кола «фаза-захисний провідник» без спрацьовування ПЗВ;
- обчислення очікуваного струму короткого замикання кола «фаза-нуль», «фаза-фаза», «фаза-захисний провідник»;
- вимірювання сили струму та часу відключення ПЗВ типів АС, А, В;
- автоматичний режим вимірювання параметрів ПЗВ;
- вимірювання опору провідників приєднання до землі та вирівнювання потенціалів (металозв'язок);
- вимірювання опору заземлювальних пристроїв за трипровідною схемою (3р);
- вимірювання опору заземлювальних пристроїв за чотириввідною схемою (4р);
- вимірювання опору багаторазових заземлювальних пристроїв без розриву кола заземлювачів (3р+струмовимірювальні кліщі);
- вимірювання опору заземлювальних пристроїв методом

двох кліщів;

- вимірювання питомого опору ґрунту;
- вимірювання електричного опору допоміжних електродів, автоматичний розрахунок додаткової похибки;
- вимірювання опору електричної ізоляції випробувальною напругою до 1000 В;
- вимірювання опору електричної ізоляції з використанням адаптерів WS-03, WS-04, AutoISO-1000C;
- вимірювання освітленості з використанням адаптера LP1;
- перевірка послідовності чергування фаз;
- оновлення структури пам'яті приладу та передавання результатів вимірювань у комп'ютер;
- режим реєстратора параметрів електроенергії (1 фаза):
 - діючого значення напруги змінного струму;
 - частоти змінного струму;
 - діючого значення сили змінного струму;
 - повної потужності;
 - середньоквадратичного значення гармонійних складових напруги та сили струму;
 - сумарного коефіцієнта гармонійних складових напруги та сили струму.

Скорочення «о.м.р.» у визначенні основної похибки означає «одиниця молодшого розряду».

Скорочення «в.в.» у визначенні основної похибки означає «вимірювана величина».

Вимірювання напруги змінного струму (True RMS)		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Межі основної допустимої абсолютної похибки вимірювань
0...299,9 В	0,1 В	$\pm (2\% \text{ в.в.} + 4 \text{ о.м.р.})$
300...500 В	1 В	$\pm (2\% \text{ в.в.} + 2 \text{ о.м.р.})$

Діапазон частоти: 45...65 Гц

Вимірювання частоти		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Межі основної допустимої абсолютної похибки вимірювань
45...65 Гц	0,1 Гц	$\pm (0.1\% \text{ в.в.} + 1 \text{ о.м.р.})$

Діапазон напруги: 50...500 В

Режим реєстратора Вимірювання струму (True RMS)		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка*
З вимірювальними кліщами С-6		
0...99,9 мА	0,1 мА	± (8 % в.в. + 3 о.м.р.)
100...999 мА	1 мА	
1,00...9,99 А	0,01 А	± (6 % в.в. + 5 о.м.р.)
З вимірювальними кліщами С-3		
0...99,9 мА	0,1 мА	± (8 % в.в. + 3 о.м.р.)
100...мА	1 мА	
1,00...9,99 А	0,01 А	± (6 % в.в. + 5 о.м.р.)
10,0...99,9 А	0,1 А	± (5 % в.в. + 5 о.м.р.)
100...999 А	1 А	
З вимірювальними кліщами F-1, F-2, F-3		
1...9,99 А	0,01 А	± (0,1 % I _{ном} + 2 о.м.р.)
10,0...99,9 А	0,1 А	
100...999 А	1 А	
1,00...3,00 кА	0,01 кА	не нормується

I_{ном} = 3000 А * додатково слід врахувати похибку струмових кліщів.

Вимірювання активної P, реактивної Q та повної S потужності, а також cos φ		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка*
Кліщі С-6		
0...999 ВА	1 ВА	± (10%·S _{вим} + 3 о.м.р.)
1...5,00 кВА	0,01 кВА	± (8%·S _{вим} + 5 о.м.р.)
Кліщі С-3		
0...999 ВА	1 ВА	± (10%·S _{вим} + 5 о.м.р.)
1...9,99 кВА	0,01 кВА	± (8%·S _{вим} + 5 о.м.р.)
10...99,9 кВА	0,1 кВА	± (8%·S _{вим} + 5 о.м.р.)
100...500 кВА	1 кВа	± (8%·S _{вим} + 5 о.м.р.)
З вимірювальними кліщами F-1, F-2, F-3		
0...999 ВА	1 ВА	± (10%·S _{вим} + 9 е.м.р.)
1...9,99 кВА	0,01 кВА	± (10%·S _{вим} + 6 е.м.р.)
10...кВА	0,1 кВА	± (10%·S _{вим} + 5 е.м.р.)
100...кВА	1 кВа	± (10%·S _{вим} + 5 е.м.р.)
501...999 кВА	1 кВа	не нормується
1,00...1,50 МВА	0,01 МВа	не нормується

- U: від 0 до 500 В;
- I: від 10 мА до 1 кА – С-3;
- від 10 мА до 3 кА – F-1, F-2, F-3;
- від 10 мА до 10 А – С-6;
- f: від 45 Гц до 65 Гц

Вимірювання гармонік напруги			
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка	
(h=1...15)	0...299,9 В	0,1 В	± (5% $U_{н,h}$ вим + 3 о.м.р.)
	300...500 В	1 В	
(h=16...40)	0...299,9 В	0,1 В	
	300...500 В	1 В	

Вимірювання гармонік струму		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
Залежно від типу використовуваних кліщів (але не більше 10 А для С-6 та 1000А для С-3, F-1, F-2, F-3)	Залежно від діапазону вимірювання струму	± 0,1 × $I_{н,h}$ вим

Коефіцієнт гармонійних складових напруги THDU (h = 2...40)		
Діапазон вимірювань	Роздільна здатність	Межі основної допустимої абсолютної похибки вимірювань
От 0 до 999,9 % (для $U_{вим} > 1\% \cdot U_{ном}$)	0,1 %	± 5% × THDU вим

Коефіцієнт гармонійних складових струму THDI (h = 2...40)		
Діапазон вимірювань	Роздільна здатність	Межі основної допустимої абсолютної похибки вимірювань
От 0 до 999,9 % (для $I_{вим} > 1\% \cdot I_{ном}$)	0,1 %	± 5% × THDI вим

Вимірювання параметрів петлі короткого замикання ZL-PE, ZL-N, ZL-L
Вимірювання повного опору петлі короткого замикання ZS
Діапазон вимірювань, згідно з ІЕС 61557-3

Вимірювальний провід	Діапазон вимірювання ZS
1,2 м	0,130 Ом ... 1999,9 Ом
5 м	0,170 Ом ... 1999,9 Ом
10 м	0,210 Ом ... 1999,9 Ом
20 м	0,290 Ом...1999,9 Ом
WS-03, WS-04	0,190 Ом...1999,9 Ом

Діапазон відображення		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0.000 Ом...19.999 Ом	0.001 Ом	± (5% в.в. + 0.03 Ом)
20.00 Ом...199.99 Ом	0.01 Ом	± (5% в.в. + 0.3 Ом)
200.0 Ом...1999.9 Ом	0.1 Ом	± (5% в.в. + 3 Ом)

- Номінальна напруга мережі U_{nL-N}/U_{nL-L} , В: 110/190, 115/200, 127/220, 220/380, 230/400, 240/415
- Робочий діапазон напруги, В: 95...270 (для ZL-PE і ZL-N) і 95...440 (для ZL-L)
- Номінальна частота мережі f_n : 50 Гц, 60 Гц
- Робочий діапазон частоти: 45 Гц...65 Гц
- Максимальний вимірювальний струм (415 В): 41.5 А (тривалість - 10 мс)
- Перевірка правильності підключення контакту PE за допомогою сенсорного електроду
- Перевірка справності з'єднання контакту PE за допомогою дотику електроду

Вимірювання активного RS та реактивного XS опору петлі короткого замикання		
Діапазон вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0 Ом...19,999 Ом	0,001 Ом	$\pm (5\% + 0.05 \text{ Ом})$ від Z_s

- Розраховується та відображається для $Z_s < 20 \text{ Ом}$

Вимірювання струму Ік петлі короткого замикання Діапазон вимірювань, згідно з IEC 61557-3, розраховується на основі вимірювальних діапазонів для Z_s та номінальної напруги.		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0,055...1,999 А	0,001 А	Розраховується на основі похибки для петлі короткого замикання
2,00...19,99 А	0,01 А	
20,0...199,9 А	0,1 А	
200...1999 А	1 А	
2,00...19,99 кА	0,01 кА	
20,0...40,0 кА	0,1 кА	

Очікуваний струм короткого замикання розрахований і відображений на дисплеї вимірювача може трохи відрізнитися від значення, отриманого користувачем за допомогою калькулятора, використовуючи показане значення повного опору, тому що прилад обчислює струм за неокругленим значенням повного опору петлі короткого замикання. Слід вважати правильною і точнішою величину струму Ік, що відображається вимірювачем або фірмовим програмним забезпеченням.

Вимірювання параметрів петлі короткого замикання ZL-PE ПЗВ (без спрацьовування ПЗВ)		
Вимірювання повного опору петлі короткого замикання Z_s Діапазон вимірювання, згідно IEC 61557-3: 0,50 Ом...1999 Ом для провідників 1,2 м, WS-03 та WS-04, а також 0,51 Ом...1999 Ом для провідників 5 м, 10 м та 20 м		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0...19,99 Ом	0,01 Ом	$\pm (6\% \text{ в.в.} + 10 \text{ о.м.р.})$
20,0...199,9 Ом	0,1 Ом	$\pm (6\% \text{ в.в.} + 5 \text{ о.м.р.})$
200...1999 Ом	1 Ом	

- Не викликає спрацьовування ПЗВ з $I_{\Delta n} \geq 30 \text{ mA}$
- Номінальна напруга мережі U_n : 110, 115, 127, 220, 230, 240 В
- Робочий діапазон напруги: 95...270 В
- Номінальна частота мережі f_n : 50 Гц, 60 Гц

- Робочий діапазон частоти: 45...65 Гц
- Перевірка справності з'єднання контакту РЕ за допомогою дотику електроду

Вимірювання активного RS та реактивного XS опору петлі короткого замикання		
Діапазон вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0...19,99 Ом	0,01 Ом	± (6% + 10 о.м.р.) ZS

Розраховується та відображається для $Z_S < 20$ Ом

Струм короткого замикання ІК петлі		
Діапазон вимірювань, згідно з IEC 61557-3, розраховується на основі вимірювальних діапазонів для ZS та номінальної напруги.		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0,055...1,999 А	0,001 А	Розраховується на основі похибки для петлі короткого замикання
2,00...19,99 А	0,01 А	
20,0...199,9 А	0,1 А	
200...1999 А	1 А	
2,00...19,99 кА	0.01 кА	
20,0...40,0 кА	0,1 кА	

Очікуваний струм короткого замикання, розрахований і відображений на дисплеї вимірювача, може трохи відрізнитися від значення, отриманого користувачем за допомогою калькулятора, використовуючи показане значення повного опору, тому що прилад обчислює струм за неокругленим значенням повного опору петлі короткого замикання. Слід вважати правильною і точнішою величину струму Ік, що відображається вимірювачем або фірмовим програмним забезпеченням.

Вимірювання параметрів пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ)

- Номінальна напруга мережі U_n : 110, 115, 127, 220, 230, 240 В
 - Робочий діапазон напруги: 95...270 В
- Номінальна частота мережі f_n : 50 Гц, 60 Гц
 - Робочий діапазон частоти: 4...65 Гц

Тест спрацьовування ПЗВ та час вимкнення ПЗВ tA (для режиму tA)						
Діапазон вимірювання, згідно IEC 61557-6:						
0 мс ... до верхньої межі відображуваного значення						
Тип ПЗВ	Множник	Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка		
Стандартні і з малою затримкою	0,5 $I_{\Delta n}$	0...300 мс	1 мс	± (2% в.в. + 2 о.м.р.) ¹		
	1 Δn					
	2 Δn	0...150 мс				
	5 Δn	0...40 мс				
Селективні	0,5 $I_{\Delta n}$	0...500 мс			1 мс	± (2% в.в. + 2 о.м.р.) ¹
	1 Δn					
	2 Δn	0...200 мс				
	5 Δn	0...150 мс				

¹ для $I_{\Delta n} = 10$ мА і 0,5 $I_{\Delta n}$ основна похибка ± (2% в.в. + 3 о.м.р.)

Точність заданого диференціального струму: • для 1* $I_{\Delta n}$, 2* $I_{\Delta n}$ та 5* $I_{\Delta n}$ — 0...8 %
• для 0,5 * $I_{\Delta n}$ - 8 ... 0%

Дійсна величина струму витоку, що створюється при вимірюванні часу вимкнення ПЗВ [mA]								
I _{Δn}	Множник							
	0,5				1			
10	5	3,5	3,5	5	10	20	20	20
30	15	10,5	10,5	15	30	42	42	60
100	50	35	35	50	100	140	140	200
300	150	105	105	150	300	420	420	600
500	250	175	175	—	500	700	700	1000*
I _{Δn}	Множник							
	2				5			
10	20	40	40	40	50	100	100	100
30	60	84	84	120	150	210	210	300
100	200	280	280	400	500	700	700	1000*
300	600	840	840	—	—	—	—	—
500	1000	—	—	—	—	—	—	—
1000	—	—	—	—	—	—	—	—

* не застосовується при U_n = 110 В, 115 В та 127 В

Вимірювання опору захисного заземлення RE (відноситься до мережі TT)				
I _{Δn}	Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Вимірювальний струм	Основна похибка
10 mA	0,01...5,00 кОм	0,01 кОм	4 mA	0...+ 10 % в.в. ± 8 о.м.р.
30 mA	0,01...1,66 кОм		12 mA	0...+10% в.в. ±5 о.м.р.
100 mA	1...500 Ом	1 Ом	40 mA	0..+5% в.в. ±5 о.м.р.
300 mA	1...166 Ом		120 mA	
500 mA	1...100 Ом		200 mA	
1000 mA	1...50 Ом		400 mA	

Вимірювання струму вимкнення ПЗВ I _Δ для синусоїдального диференціального струму Діапазон вимірювання, згідно з IEC 61557-6: (0,3...1,0) I _{Δn}				
I _{Δn}	Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Вимірювальний струм	Основна похибка
10 mA	3,3...10,0 mA	0,1 mA	0,3 × I _{Δn} .. 1,0 × I _{Δn}	± 5 % I _Δ
30 mA	9,0...30,0 mA			
100 mA	33...100 mA	1 mA		
300 mA	90...300 mA			
500 mA	150...500 mA			
1000 mA	330...1000 mA			

• Допускається початок вимірювання з позитивного або негативного напівперіоду струму витоку;

- Час протікання струму вимірювання:..... макс. 8.8 с.

Вимірювання струму вимкнення ПЗВ (ІА) для однополярного пульсуючого диференціального струму та однополярного пульсуючого диференціального струму з постійною складовою 6mA
 Діапазон вимірювання, згідно з ІЕС 61557-6: (0,35...1,4) І_{Δn} для І_{Δn} ≥ 30 мА та (0,35...2) І_{Δn} для І_{Δn} = 10 мА

І _{Δn}	Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Вимірювальний струм	Основна похибка
10 мА	3,5...20,0 мА	0,1 мА	0,35 × І _{Δn} 2,0 × І _{Δn}	± 10 % І _{Δn}
30 мА	10,5...42,0 мА			
100 мА	35...140 мА	1 мА	0,35 × І _{Δn} 1,4 × І _{Δn}	
300 мА	105...420 мА			
500 мА	175...700 мА			

- Допускається початок вимірювання з позитивного або негативного напівперіоду струму витоку;
- Час протікання струму вимірювання:..... макс. 8.8 с.

Вимірювання струму вимкнення ПЗВ ІА для постійного диференціального струму
 Діапазон вимірювання, згідно з ІЕС 61557-6: (0,2...2,0)І_{Δn}

І _{Δn}	Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Вимірювальний струм	Основна похибка
10 мА	2.0...20.0 мА	0,1 мА	0,2 × І _{Δn} 2,0 × І _{Δn}	± 10 % І _{Δn}
30 мА	10,5...42,0 мА	1 мА		
100 мА	20...200 мА			
300 мА	60...600 мА			
500 мА	100...1000 мА			

- Допускається вимірювання позитивним та негативним постійним струмом
- Час протікання струму вимірювання:..... макс. 5.2 с.

Вимірювання опору заземлювальних пристроїв RE
 Діапазон вимірювання, згідно з ІЕС 61557-5: 0,50 Ом...1,99 кОм для вимірювальної напруги 50 В та 0,56 Ом...1,99 кОм для вимірювальної напруги 25 В

Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0.00 Ом...9.99 Ом	0.01 Ом	(2% в.в. + 4 о.м.р.)
10.0 Ом...99.9 Ом	0.1 Ом	± (2% в.в. + 3 о.м.р.)
100 Ом...999 Ом	1 Ом	
1.00 Ом...1.99 кОм	0.01 кОм	

- Вимірювальна напруга: 25 В або 50 В RMS
- Вимірювальний струм: 20 мА, синусоїдальний RMS 125 Гц (для f_n=50 Гц) та 150 Гц (для f_n=60 Гц)
- Блокування вимірювання при напрузі перешкод UN > 24 В
- Максимальна напруга, що вимірюється, перешкод UNmax = 100 В

- Максимальний опір допоміжних зондів: 50 кОм

Вимірювання опору допоміжних зондів R_H, R_S		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
000 Ом...999 Ом	1 Ом	± (5% (R _S + R _E + R _H) + 3 о.м.р.)
1.00 кОм...9,99 кОм	0.01 кОм	
10.0 кОм...50.0 кОм	0.1 кОм	

Вимірювання напруги перешкод Внутрішній опір: близько 8 МОм		
Діапазон вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0...100 В	1 В	± (2% в.в. + 3 о.м.р.)

Вимірювання опору заземлювального пристрою з використанням кліщів		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0,00 Ом...9,99 Ом	0,01 Ом	± (8 % в.в. + 4 о.м.р.)
10,0 Ом...99,9 Ом	0,1 Ом	
100 Ом...999 Ом	1 Ом	
1,00 кОм...1,99 кОм	0,01 кОм	

- Вимірювання з додатковими струмовими кліщами,
- Діапазон вимірювання струму перешкод до 9,99 А.
- Вимірювання з додатковими струмовими кліщами,
- Діапазон вимірювання струму перешкод до 9,99 А.

Вимірювання опору заземлювального пристрою з використанням 2-х кліщів		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0,00 Ом...9,99 Ом	0,01 Ом	± (10 % в.в. + 4 о.м.р.)
10,0 Ом...19,9 Ом	0,1 Ом	
0,00 Ом...9,99 Ом		

Вимірювання питомого опору ґрунту (ρ)		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0,0 Ом м...99,9 Ом м	0,1 Ом м	Залежно від основної похибки вимірювання R _E
100 Ом м...999 Ом м	1 Ом м	
1,00 кОм м...9,99 кОм м	0,01 к Ом м	
10,0 к Ом м...99,9 кОм м	0,1 к Ом м	

- Вимірювання за методом Веннера (Wennera),
- Можливість встановити відстань у метрах чи футах,
- Вибір відстані 1 м...30 м (1 фут...90 футів).

Низьковольтне вимірювання опору Вимірювання перехідних опорів контактів та провідників струмом ±200 мА		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0,00 Ом...19.99 Ом	0,01 Ом	± (2% в.в. + 3 о.м.р.)
20,0 Ом...199,9 Ом	0,1 Ом	
200 Ом...400 Ом	1 Ом	

- Напруга на розімкнених вимірювальних провідниках: 4...9 В

- Вихідний струм при $R < 2 \text{ Ом}$: хв. 200 мА (ISC: 200 мА...250 мА)
- Компенсація опору вимірювальних провідників
- Вимірювання для обох полярностей струму

Вимірювання активного опору малим струмом		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0,0 Ом...199,9 Ом	0,1 Ом	$\pm (3\% \text{ в.в.} + 3 \text{ о.м.р.})$
200 Ом...1999 Ом	1 Ом	

- Напруга на розімкнених вимірювальних провідниках: 4...9 В
- Вихідний струм $< 8 \text{ мА}$
- Звукова сигналізація під час вимірювання опору $< 30 \text{ Ом} \pm 50\%$
- Компенсація опору вимірювальних провідників

Вимірювання опору ізоляції		
Діапазон вимірювання, згідно з ІЕС 61557-2 для UN = 50 В: 50...250 МОм		
Діапазон для UN = 50 В	Роздільна здатність	Основна похибка
0...1999 кОм	1 кОм	$\pm (3\% \text{ в.в.} + 3 \text{ о.м.р.})$ $[\pm (5\% \text{ в.в.} + 8 \text{ о.м.р.})]^*$
2,00...19,99 МОм	0,01 МОм	
20,0...199,9 МОм	0,1 МОм	
200...250 МОм	1 МОм	

*для кабелів WS-03 та WS-04

Діапазон вимірювання, згідно з ІЕС 61557-2 для UN = 100 В: 100 кОм...500 МОм		
Діапазон для UN = 100 В	Роздільна здатність	Основна похибка
0...1999 кОм	1 кОм	$\pm (3\% \text{ в.в.} + 8 \text{ о.м.р.})$ $[\pm (5\% \text{ в.в.} + 8 \text{ о.м.р.})]^*$
2,00...19,99 МОм	0,01 МОм	
20,0...199,9 МОм	0,1 МОм	
200...500 МОм	1 МОм	

* для кабелів WS-03 та WS-04

Діапазон вимірювання, згідно з ІЕС 61557-2 для UN = 250 В: 250 кОм...999 МОм		
Діапазон для UN = 250 В	Роздільна здатність	Основна похибка
0...1999 кОм	1 кОм	$\pm (3\% \text{ в.в.} + 8 \text{ о.м.р.})$ $[\pm (5\% \text{ в.в.} + 8 \text{ о.м.р.})]^*$
2,00...19,99 МОм	0,01 МОм	
20,0...199,9 МОм	0,1 МОм	
200...999 МОм	1 МОм	

* для кабелів WS-03 та WS-04

Діапазон вимірювання, згідно з ІЕС 61557-2 для UN = 500 В: 500 кОм...2,00 ГОм		
Діапазон для UN = 500 В	Роздільна здатність	Основна похибка
0...1999 кОм	1 кОм	$\pm (3\% \text{ в.в.} + 8 \text{ о.м.р.})$ $[\pm (5\% \text{ в.в.} + 8 \text{ о.м.р.})]^*$
2,00...19,99 МОм	0,01 МОм	
20,0...199,9 МОм	0,1 МОм	
200...999 МОм	1 МОм	
1,00...2,00 ГОм	0,01 ГОм	$\pm (4\% \text{ в.в.} + 6 \text{ о.м.р.})$ $[\pm (6\% \text{ в.в.} + 6 \text{ о.м.р.})]^*$

* - для кабелів WS-03 та WS-04

Діапазон вимірювання, згідно з ІЕС 61557-2 для UN = 1000 В: 1000 кОм...9,99 ГОм		
---	--	--

Діапазон для UN = 1000 В	Роздільна здатність	Основна похибка
0...1999 кОм	1 кОм	± (3 % в.в. + 8 о.м.р.)
2,00 МОм...19,99 МОм	0,01 МОм	
20,0. МОм..199,9 МОм	0,1 МОм	
200 МОм...999 МОм	1 МОм	
1,00 ГОм...3,00 ГОм	0,01 ГОм	± (4 % в.в. + 6 о.м.р.)

- Вимірювальна напруга: 50 В, 100 В, 250 В, 500 В та 1000 В
- Похибка формування випробувальної напруги ($R_{обс} [Ом] \geq 1000 \cdot UN [В]$): -0+10% від встановленої величини
- Виявлення небезпечної напруги перед початком вимірювання
- Зняття заряду з об'єкта вимірювання
- Вимірювання опору ізоляції з використанням вилки UNI-Schuko (WS-03, WS-04) між усіма трьома клемами (для UN=1000 В не виконується)
- Вимірювання опору ізоляції багатожильного кабелю (максимально 5) за допомогою додаткового зовнішнього адаптера AutoISO-1000c
- Вимірювання напруги на роз'ємах +RISO, -RISO в діапазоні: 0...440 В
- Вимірювальний струм < 2 мА

Вимірювання освітленості		
Діапазони вимірювань	Роздільна здатність	Основна похибка
0,1 Лк...99,9 Лк	0,1 Лк	± 8% EV _{вим}
100 Лк...999 Лк	1 Лк	
1,00 кЛк...9,99 кЛк	0,01 кЛк	
10,0 кЛк...19,9 кЛк	0,1 кЛк	

Послідовність чергування фаз

- Індикація послідовності фаз: пряма, зворотна
 - Діапазон напруги мережі UL-L: 95 В...500 В (45Гц...65 Гц)
 - Відображення значень міжфазної (лінійної) напруги
- Визначення напрямку обертання електродвигуна
- Діапазон напруги електродвигунів 1 В ÷ 760 В змінного струму
 - Вимірювальний струм (у кожній фазі): < 3,5 мА

Додаткові технічні характеристики

Клас ізоляції	подвійна, згідно PN-EN 61010-1 та IEC 61557
Категорія безпеки	IV 300V (III 600V), згідно із PN-EN 61010-1
Ступінь захисту корпусу згідно з PN-EN 60529	IP54
Живлення вимірювача	алкалінові батарейки 4x1,5 В LR14 (С) або пакет акумуляторів SONEL NiMH 4,8 В; 4,2 А·год
Габаритні розміри	288 × 223 × 75 мм
Маса вимірювача з акумуляторами	біля 2,5 кг
Температура зберігання	Від мінус 20 до плюс 70°C
Робоча температура	0...+50°C
Відносна вологість	20 %...80 %
Температура	+23 ± 2°C

Вологість	40 %...60 %
Висота над рівнем моря	< 2000 м
Час до самовимикання (Auto-OFF)	5,15,30,60 хв або функція вимкнена
Кількість вимірювань Z або ПЗВ (для акумуляторів)	<3000 (6 вимірів за хвилину)
Кількість вимірювань RISO або R (для акумуляторів)	>1000
Дисплей	графічний РКІ
Пам'ять	10 000 записів
Пам'ять реєстратора	6000 комірок
Інтерфейс	USB і Bluetooth
Стандарт якості	ISO 9001
Прилад відповідає вимогам стандарту	IEC 61557
Прилад відповідає вимогам по електромагнітній сумісності (для промислового середовища)	PN-EN 61326-2-2:2006 PN-EN 61326-1:2009

3.7.4. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» вимірювачем СЕМ DT-5301.

Вимірювач опору петлі «фаза-нуль» і струму короткого замикання СЕМ DT-5301 (рис. 3.12) – портативний цифровий прилад, що використовується для перевірки електричного устаткування та електричних мереж. Здійснення періодичної перевірки стану електромережі підприємств за допомогою цього приладу дає змогу своєчасно виявляти проблемні ділянки і проводити відповідні регламентні роботи.



Рис. 3.12. Вимірювач СЕМ DT-5301

Особливості вимірювача опору петлі «фаза-нуль» СЕМ DT-5301:

- наявність трьох світлодіодних індикаторів для визначення призначення провідника;
- захист від перегріву, що забезпечує відключення і блокування приладу під час сильного нагріву, відображення на екрані відповідного сповіщення, а також включення індикатора;
- захист від перевантажень ІЕС61010-1 САТШІ 600V, який вмикається при досягненні напруги Р-Е значення 250 В;
- функція візуальної індикації низького заряду акумулятора, а також неправильного підключення фази і нейтралі в мережі;
- **визначення опору петлі «фаза-нуль» до 2000 Ом здійснюється за невеликим значенням струму – 15 мА;**
- **вимірювання потенційного струму короткого замикання;**
- висока роздільна здатність під час визначення опору петлі «фаза-нуль» (0,01 Ом);
- визначення напруги в режимі тестування.

Технічні характеристики вимірювача СЕМ DT-5301

Вимірювання опору петлі «фаза-нуль»	
Діапазон вимірювання	20/200/2000 Ом
Роздільна здатність	0,01/0,1/1 Ом
Тривалість тестування (випробувальний струм/ період протікання випробувального струму)	25 А / 20 мс 2,3 А / 40 мс 15 мА / 280 мс
Точність визначення	±2 % показ. ±5
Вимірювання струму 1-фазного короткого замикання	
Діапазон вимірювання	200 А / 2 кА / 20кА
Роздільна здатність	0,1/1/10 А
Тривалість тестування (випробувальний струм/ період протікання випробувального струму)	2,3 А / 40 мс 25 А / 20 мс 25 А / 20 мс
Точність визначення	±2 % показ. ±5
Вимірювання напруги мережі	
Діапазон	50-250 В
Точність визначення	±2 % показ. ±5
Умови експлуатації	температура: від 0 до 40 °С (від 32 до 104 °F)

	відносна вологість: менше ніж 80 %
Умови зберігання	температура: від -10 до 60 °С (від 14 до 140 °F)
	відносна вологість: менше ніж 70 %
Живлення	6 батарейок напругою 1,5 В типу «АА» або еквівалентне джерело (9В, постійний струм)
Робоча напруга	230 В (+10/-15), 50 Гц
Габаритні розміри	200x92x50 мм
Маса	582 г

Комплектація вимірювача опору петлі «фаза-нуль» СЕМ DT-5301:

- прилад;
- інструкція з експлуатації;
- вимірювальні щупи;
- кейс для транспортування;
- елементи живлення 1.5 В типу АА.

3.7.5. Вимірювання опору кола (петлі) «фаза-нуль» вимірювачем кіл «фаза-нуль» та «фаза-фаза» MZC-304.



Функціональні можливості вимірювача:

- вимірювання діючого значення фазної та лінійної напруги змінного струму;
- вимірювання частоти змінного струму;
- **вимірювання повного опору кола «фаза – нуль», «фаза»,**

- «фаза – захисний провідник» без відключення джерела живлення;
- вимірювання повного опору кола «фаза – захисний провідник» без відключення джерела живлення та спрацювання ПЗВ;
 - вимірювання опору контактних з'єднань заземлювальних, захисних провідників і провідників системи зрівнювання потенціалів R_{cont} струмом $\pm 200\text{mA}$;
 - низьковольтні вимірювання активного опору;
 - обчислення активного та реактивного опору кола «фаза – нуль», «фаза-фаза», «фаза – захисний провідник»;
 - обчислення сили струму кола «фаза-нуль», «фаза-фаза», фаза - захисний провідник»;
 - вимірювання цілісності та правильності підключення кола заземлювального пристрою;
 - передавання даних на комп'ютер. Сумісність з програмним забезпеченням Sonel Reader і СОНЕЛ Протоколи 2.0.

Технічні характеристики вимірювача MZC-304

Скорочення «о.м.р.» у визначенні основної похибки означає «одиниця молодшого розряду».

Скорочення «в.в.» у визначенні основної похибки означає «вимірювана величина»

Вимірювання напруги змінного струму (True RMS)		
Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка
0,0...299,9 В	0,1 В	$\pm(2\% \text{ в. в.} + 6 \text{ о. м. р.})$
300...500 В	1 В	$\pm(2\% \text{ в. в.} + 2 \text{ о. м. р.})$

Діапазон частоти: 45...65 Гц

Вимірювання частоти		
Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка
45,0...65,0 Гц	0,1	$\pm(0.1\% \text{ в. в.} + 1 \text{ о. м. р.})$

Вимірювання параметрів петлі короткого замикання Z_{L-PE} , Z_{L-N} , Z_{L-L}	
Провід вимірювальний	Діапазон Z_S
1,2 м	0,13...1999 Ом
5 м	0,17...1999 Ом
10 м	0,21...1999 Ом
20 м	0,29...1999 Ом
WS-01, -05	0,19...1999 Ом

Вимірювання повного опору петлі короткого замикання Z_S		
Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка

0...19,99 Ом	0,01 Ом	±(5% в. в. + 3 о. м. р.)
20,0...199,9 Ом	0,1 Ом	
200...1999 Ом	1 Ом	

- Номінальна напруга мережі UnL-N/ UnL-L: 220/380 В, 230/400В, 240/415В
- Робочий діапазон напруги: 180...270 В (для ZL-PE та ZL-N) та 180...460 В (для ZL-L)
- Номінальна частота мережі fn: 50 Гц, 60 Гц
- Робочий діапазон частоти: 45...65 Гц
- Максимальний вимірювальний струм для 230В: 7,6А, для 400В: 13,3А (тривалість – 3х10 мс)

Вимірювання активного RS та реактивного XS опору петлі короткого замикання		
Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка
0...19,99 Ом	0,01 Ом	±(5% в. в. + 5 о. м. р.) от Z _S
20,0...199,9 Ом	0,1 Ом	

Розраховується та відображається для Z_S < 200 Ом

Струм короткого замикання Ік петлі

Діапазон згідно з ГОСТ ІЕС 61557-3-2013 визначається, виходячи зі значень Z_S та номінальної напруги Un=230 В

Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка
0,058...1,999 А	0,001 А	Визначається основною похибкою повного опору петлі короткого замикання
2,00...19,99 А	0,01 А	
20,0...199,9 А	0,1 А	
200...1999 А	1 А	
2,00...19,99 кА	0,01 кА	
20,0...40,0 кА	0,1 кА	

Вимірювання параметрів петлі короткого замикання ZL-PE R_{CD} (без спрацьовування ПЗВ)

Вимірювання повного опору петлі короткого замикання Z_S

Діапазон вимірювання згідно з ІЕС 61557-3-2013: 0,5...1999 Ом для вимірювального провідника 1,2 м та адаптерів WS-01 та WS-05, 0,51...1999 Ом для вимірювальних провідників 5 м, 10м, 20м.

Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка
0...19,99 Ом	0,01 Ом	±(6% в.в. + 10 о.м.р.)
20,0...199,9 Ом	0,1 Ом	±(6% в. в. + 5 о. м. р.)
200...1999 Ом	1 Ом	

- Без відключення ПЗВ з IΔn ≥ 30 мА
- Номінальна напруга мережі Un:220, 230, 240 В
- Робочий діапазон напруги: 180...270 В
- Номінальна частота мережі fn: 50 Гц, 60 Гц (робочий діапазон: 45...65 Гц)

Вимірювання активного RS та реактивного XS опору петлі короткого замикання

Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка
0..19,99 Ом	0,01 Ом	±(6% + 10 о. м. р.) від Z _S

20,0...199,9 Ом	0,1 Ом	$\pm(6\% + 5 \text{ о. м. р.})$ від Z_s
-----------------	--------	---

Розраховується та відображається для $Z_S < 200$ Ом

Струм короткого замикання ІК петлі

Діапазон згідно з ІЕС 61557-3-2013 визначається, виходячи зі значень Z_S та номінальної напруги $U_n=230$ В

Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка
0,058...1,999 А	0,001 А	Визначається основною похибкою повного опору петлі короткого замикання
2,00...19,99 А	0,01 А	
20,0...199,9 А	0,1 А	
200...1999 А	1 А	
2,00...19,99 кА	0,01 кА	
20,0...40,0 кА	0,1 кА	

Вимірювання опору контактних з'єднань заземлювальних, захисних провідників та провідників системи зрівнювання потенціалів R_{cont} струмом ± 200 мА

Вимірювання перехідних опорів контактів та провідників струмом не менше ± 200 мА

Діапазон вимірювання згідно з ІЕС 61557-4-2013: 0,12...400 Ом

Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка
0...19,99 Ом	0,01 Ом	$\pm(2\% \text{ в. в.} + 3 \text{ о. м. р.})$
20,0...199,9 Ом	0,1 Ом	
200...400 Ом	1 Ом	

- Напруга на розімкнених вимірювальних провідниках: 4...9 В
- Вихідний струм при $R < 2$ Ом: хв. 200 мА (ISC: 200..250 мА)
- Компенсація опору вимірювальних провідників
- Вимірювання двонаправленим струмом

Вимірювання активного опору малим струмом

Діапазон вимірювання	Роздільна здатність	Основна похибка
0,0...199,9 Ом	0,1 Ом	$\pm(3\% \text{ в. в.} + 3 \text{ о. м. р.})$
200...1999 Ом	1 Ом	

- Напруга на розімкнених вимірювальних провідниках: 4...9 В
- Вихідний струм < 8 мА
- Звукова індикація під час опору < 30 Ом $\pm 50\%$
- Компенсація опору вимірювальних провідників

Додаткові технічні характеристики

Клас ізоляції	подвійна, згідно із ІЕС 61010-1-2014 ІЕС 61557-2-2013
Категорія безпеки	IV 300V (III 600V), згідно із ІЕС 61010-1-2014
Ступінь захисту корпусу	IP67

Живлення вимірювача	Лужні батарейки LR6; акумулятори - HR6
Габаритні розміри	220×100×60 мм
Маса вимірювача	біля 1,6 кг
Температура зберігання	Від мінус 20 до плюс 60° С
Робоча температура	0...+50° С
Час до самовимкнення (Auto-OFF)	встановлюється в меню приладу
Кількість вимірювань Z (для лужних батарейок)	>5000 2 вимірювання за хвилину)
Пам'ять результатів вимірювань	990 комірок, 10 000 результатів
Інтерфейс	-

Додаток А

Продовження додатку 7
до пункту 7.6.36 Правил безпечної експлуатації
електроустановок споживачів

Штамп
організації

Замовник _____
Об'єкт _____

ПРОТОКОЛ № перевірки повного опору петлі «фаза-нуль»

«__» _____ 20__ р.

Характеристика живильної мережі _____

(напруга, потужність трансформатора)

№ п/п	Найменування захищуваного об'єкту	Спосіб або засіб захисту	Номинальна сила струму зворотньо-залежного захисту або струмовідсічки, А	Розрахункова мінімальна сила струму спрацювання захисту, А	Максимально допустимий опір Z^n , Ом	Вимірний опір Z^n , Ом або сила струму, А	Примітка

Висновок _____

а) Опір петлі вище норми мають об'єкти, зазначені в позиціях _____

б) Опір петлі всього іншого устаткування в нормі _____

Випробування проводили: _____

(підпис) (прізвище, ініціали), (посада)

М.П. Керівник робіт

(підпис) (прізвище, ініціали), (посада)

РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВИПРОБУВАНЬ

Тема 4.1 Випробування та контроль якості продукції

Випробування¹¹ - є експериментальним визначенням кількісних або якісних характеристик властивостей об'єкта випробувань як результату впливу на нього, при його функціонуванні, при моделюванні об'єкта або впливів. До визначення характеристик входить оцінка або контроль.

Нормативно-технічна документація встановлює на певний вид продукції нормальні умови випробувань.

Умови випробувань – це сукупність факторів впливу і (або) режимів функціонування об'єкта під час випробувань.

Метод випробувань є сукупністю правил застосування певних принципів і засобів випробувань.

Вид випробувань – являє собою класифікаційне угруповання випробувань за певною ознакою.

Обсяг випробувань – це характеристика випробувань, що визначаються кількістю об'єктів та видів випробувань, а також сумарною їх тривалістю.

Програма випробувань – є обов'язковим для виконання організаційно методичним документом що встановлює:

- об'єкт випробувань;
- мету випробувань;
- види, послідовність та обсяг експериментів, що проводяться;
- порядок; умови, місце і терміни проведення випробувань;
- забезпечення випробувань;
- звітність про випробування;
- відповідність за забезпечення та проведення випробувань.

Методика випробувань є обов'язковим для виконання організаційно методичним документом, що містить:

- опис методу випробувань;
- опис засобів і умов випробувань;
- порядок відбирання проб;

¹¹ ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

- алгоритми визначення характеристик властивостей об'єкта;
- форми представлення даних і оцінки їх точності та достовірності результатів;
- вимоги техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

Система випробувань – це сукупність засобів випробувань, виконавців і певних об'єктів випробувань, взаємодіючих за правилами, встановленими відповідною нормативною документацією.

Дані випробувань – це реєстровані під час випробування значення характеристик властивостей об'єкта і (або) умов випробувань та інших параметрів, необхідних для наступного обробітку.

Результат випробування – це оцінка характеристик властивостей об'єкта, встановлення відповідності об'єкта заданим вимогами за даними випробувань, результати аналізу функціонування об'єкта під час випробування.

Протокол випробувань (додаток А) є оформленим в установленому порядку документом, що містить необхідні відомості про об'єкт випробувань, застосовані методи і засоби випробувань, результати випробувань та висновки за результатами випробувань.

Слід зазначити, що експериментальне визначення характеристик властивостей об'єкта під час випробувань може проводитися шляхом проведення вимірювання, аналізів, діагностування, реєстрації відмов, пошкоджень тощо. З іншого боку визначення характеристик об'єкта може проводитися як під час функціонування об'єкта так і тоді, коли він не працює, а також за наявності впливів, до і після їх прикладання.

Стандарт класифікує види випробувань за їх основними ознаками (додаток Б).

Випробування можуть мати кілька із наведених ознак (наприклад: міжвідомчі періодичні стендові випробування на надійність).

Контроль якості продукції передбачає контроль кількісних і якісних характеристик властивостей продукції.

Технічний контроль – це перевірка відповідності об'єкта встановлених технічним вимогам. На стадії експлуатації об'єкта технічний контроль полягає у перевірці дотримання вимог експлуатаційної і нормативно-технічної документації. Оцінка якості продукції передбачає визначення характеристик продукції із зазначенням точності або достовірності.

Стандарт класифікує види контролю за його основними ознаками (додаток В).

Додаток А

Додаток 4
до пункту 4.4.7 Правил експлуатації
електрозахисних засобів

Форма протоколу випробувань засобів захисту (рекомендована)

_____ (найменування лабораторії та дата акредитації)

ПРОТОКОЛ № _____

від "___" _____ 200__ р.

_____ (найменування засобів захисту)

№ _____ в кількості _____ шт.,
що належать _____

_____ (найменування підприємства)

випробувані напругою змінного струму частотою 50 Гц, постійного
струму (потрібне підкреслити):

ізолювальні частини _____ кВ протягом _____ с

робочі частини _____ кВ протягом _____ с

струм, що протікає через виріб _____ мА.

Спеціальні вимоги, обумовлені особливостями конструкції засобів захисту _____

_____ Дата наступного випробування _____ 200__ р.

Випробування виконав _____

(підпис)

Начальник лабораторії _____

(підпис)

Примітка. У разі перевірки напруги індикації, з'єднувального проводу, схеми покажчиків напруги та ін. результати випробувань вписуються додатково.

Випробування засобів індивідуального захисту

Згідно з правилами експлуатації електрозахисних засобів НПАОП 40.1-1.07-01
під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись тільки
повірені засоби захисту від ураження електричним струмом (електрозахисті
засоби).

Планові терміни випробування засобів індивідуального захисту(ЗІЗ) заносяться в **журнал перевірки і випробувань засобів індивідуального захисту**, вони проводяться:

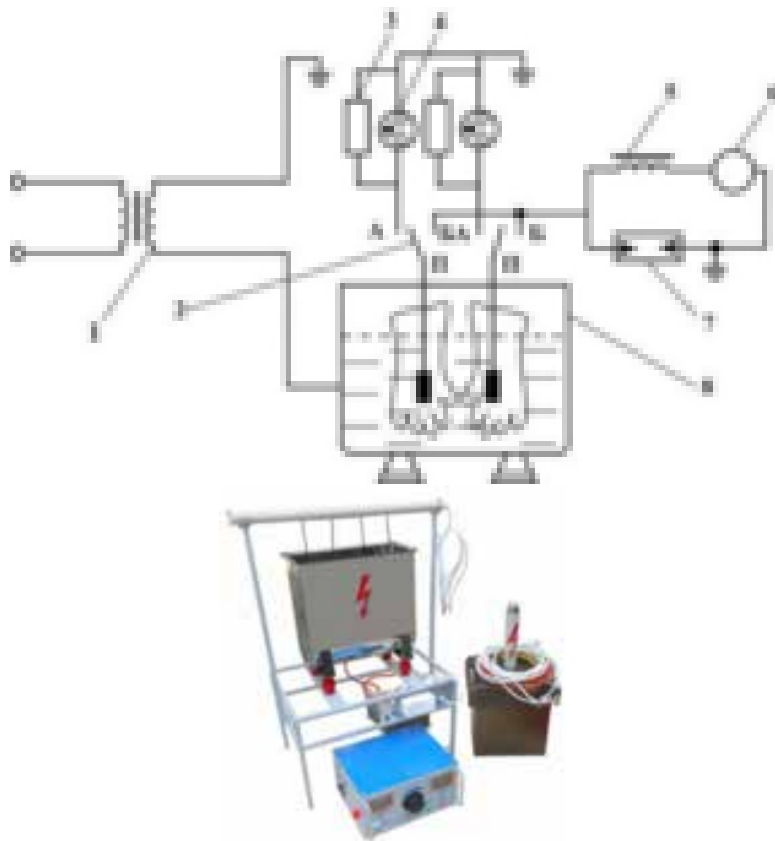
- раз в 2 роки для ізолюючих штанг, накладок, гнучких елементів заземлення безштангової конструкції, частин штанги з її металевими ланками і для електровимірювальних клещів;

- раз на рік для вимірювальних штанг і їх головок, показчиків напруги до і понад 1000 В, показчиків напруги, необхідних для перевірки фаз, пристроїв по проколу кабелю, діелектричних бот та калош, ізолюючих ковпаків, інструментів з одношаровою ізоляцією, покриттів для робіт під напругою і спеціальних засобів захисту;

- 2 рази на рік для діелектричних рукавичок.

За результатами випробування ЗІЗ обов'язково складається **протокол випробувань засобів індивідуального захисту**, куди заносяться всі результати





Випробування діелектричних рукавичок:

- 1 - підвищувальний трансформатор; 2 - перемикач; 3 - шунтуючий резистор;
 4 - лампа газорозрядна; 5 - дросель; 6 – міліамперметр; 7 - розрядник;
 8 - ємність з водою.

Додаток Б

Класифікація видів випробувань (за ГОСТ 16504-81)

Ознаки виду випробувань	Види випробувань
1. Призначення випробувань	Дослідницькі Контрольні Порівняльні
2. Рівень проведення випробувань	Державні Міжвідомчі Відомчі
3. Етапи розробки продукції	Довгострокові Попередні Приймальні
4. Випробування готової продукції	Кваліфікаційні Пред'явочні Приймально-здавальні Періодичні Інспекційні Типові Атестаційні Сертифікаційні
5. Умови і місце проведення випробувань	Лабораторні Стенові Полігонні Натурні З використанням моделі Експлуатаційні (дослідна експлуатація, підконтрольна експлуатація)
6. Тривалість випробувань	Нормальні Прискорені Скорочені
7. Вид впливу на об'єкт випробування	Механічні Кліматичні Термічні Радіаційні Електричні Електромагнітні Магнітні Хімічні Біологічні
8. Результат впливу на об'єкт випробувань	Неруйнівні Руйнівні Випробування на стійкість Випробування на міцність

<p>9. Характеристики об'єкта випробувань, що визначаються</p>	<p>Функціональні Випробування на надійність Випробування на безпечність Випробування на транспортабельність Граничні випробування Технологічні випробування</p>
---	---

Додаток В

Класифікація видів контролю продукції (за ГОСТ 16504-81)

Ознака виду контролю	Вид контролю
1 Стадія створення та існування продукції	Виробничий Експлуатаційний (як щодо об'єктів, так і щодо процесу експлуатації)
2 Етап процесу виробництва продукції	Вхідний Операційний Приймальний Інспекційний
3 Повнота охопту контролем	Суцільний Вибірковий Летучий Безперервний Періодичний
4 Вплив на об'єкт контролю	Руйнівний Неруйнівний
5 Застосування засобів контролю	Вимірювальний Реєстраційний Органолептичний Візуальний Технічний огляд

РОЗДІЛ 5. ВИПРОБУВАННЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА АПАРАТІВ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК СПОЖИВАЧІВ

Тема 5.1. Вимоги ПТЕЕС

Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів передбачається проведення випробування обладнання, яке вводиться в дію після ремонту, та між ремонтами випробовується відповідно до **«Норм і методів випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання і апаратів електроустановок споживачів»** (додаток №1 до Правил).

Норми є обов'язковими для споживачів, що експлуатують електроустановки напругою до 220 кВ незалежно від їх відомчої належності та форм власності.

Конкретні терміни випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання визначаються особою, відповідальною за електрогосподарство, на основі Норм та відомчої або місцевої системи технічного обслуговування і ремонту з урахуванням типових та заводських інструкцій, місцевих умов та стану обладнання.

Терміни і норми випробувань обладнання, що не охоплене Нормами, встановлюються особою, відповідальною за електрогосподарство, на основі інструкцій заводів-виробників та відомчої (місцевої) системи технічного обслуговування і ремонту.

Обладнання зарубіжного виробництва підлягає випробуванню згідно із Нормами після закінчення гарантійного терміну експлуатації. Випробувальна напруга для ізоляції встановлюється при цьому з урахуванням досвіду експлуатації, але не нижче 90% випробувальної напруги, прийнятої фірмою-виробником, якщо немає інших вказівок поставника.

Висновок про придатність обладнання до експлуатації робиться лише на основі порівняння результатів випробування із нормами за сукупністю результатів усіх проведених випробувань та перевірок.

Значення параметрів, одержані під час випробувань, мають бути співставлені з вихідними або ж із результатами вимірювань параметрів однотипного обладнання чи обладнання інших фаз, а також із результатами попередніх випробувань.

За вихідні значення приймають ті, які були одержані під час заводських випробувань обладнання і вказані у його паспортах (формулярах) чи протоколах випробувань. Коли таких значень немає, у якості вихідних можна прийняти значення, отримані під час приймально-здавальних випробувань чи під час випробувань після відновлювального ремонту. Якщо ж немає і вказаних вище параметрів, вихідними вважають результати попередніх випробувань.

Слід мати на увазі що:

- наведені у Нормах числові значення із зазначенням «від» і «до» необхідно приймати включно;
- прийняті у Нормах розміри і норми із зазначенням «не менше» є найменшими.

Норми передбачають такі види випробувань з відповідними позначеннями:

К – випробування, що проводяться під час капітального і середнього ремонтів;

Т (П) – випробування, що проводяться під час поточного ремонту;

М – міжремонтні (профілактичні) випробування, не пов'язані з виведенням електрообладнання в ремонт).

До основних термінів (понять), що застосовуються у Нормах відносяться наступні:

- **випробувальна напруга промислової частоти** – діюче значення напруги змінного струму частотою 50 Гц, яке повинна витримати протягом заданого часу внутрішня і зовнішня ізоляція електрообладнання за певних умов випробування;

- **випробувальна постійна напруга** – амплітудне значення напруги, що прикладається до електрообладнання протягом заданого часу за певних умов випробування;

- **електрообладнання з нормальною ізоляцією** – електрообладнання, призначене для застосування в електроустановках, доступних дії атмосферних перенапруг при звичайних заходах гроззахисту;

- **електрообладнання із полегшеною ізоляцією** – електрообладнання, призначене для застосування лише в електроустановках, не доступних дії атмосферних перенапруг або ж за наявності спеціальних пристроїв гроззахисту, що обмежують амплітуду атмосферних перенапруг до значень, які не перевищують амплітуду 1-хвилинної випробувальної напруги промислової частоти;

– **ненормована вимірювана величина** – величина, абсолютне значення, якої не регламентоване Нормами; у цьому випадку оцінка стану електрообладнання проводиться співставленням вимірюваного значення із результатом попередніх випробувань чи вимірювань на однотипному обладнанні із завідомо добрими характеристиками.

Випробування та вимірювання параметрів електрообладнання повинні проводити **акредитовані лабораторії** за програмами (методиками), встановленими стандартами і технічними умовами з урахуванням вимог електробезпеки.

Похибка вимірювань під час випробувань та вимоги до параметрів випробувальних напруг мають відповідати стандартам. Результати випробувань, вимірювань та опробувань належить оформляти протоколами або актами, які зберігаються разом із паспортами (формулярами) електрообладнання.

Випробування ізоляції електрообладнання та відбір проби трансформаторного масла для проведення хімічного аналізу слід здійснювати при температурі ізоляції не нижчій $+5^{\circ}\text{C}$, окрім випадків, спеціально обумовлених Нормами, коли температура має бути вищою.

До проведення випробувань слід очистити зовнішню поверхню ізоляції від пилу і бруду, за винятком випадків, коли випробування та вимірювання проводяться за методом, що не потребує вимикання обладнання і, зокрема електричних машин.

Під час випробування ізоляції обмоток електричних машин, трансформаторів і реакторів підвищеною напругою промислової частоти мають бути випробувані по чергово кожне незалежне електричне коло або паралельна вітка (за умови наявності повної ізоляції між вітками). При цьому один полюс випробувального пристрою з'єднується з виводом обмотки, що випробовується, а інший із заземленим корпусом обладнання, до якого приєднуються на час випробування також всі інші обмотки. Обмотки, з'єднані між собою наглухо без наявності виводів кожної із фаз чи гілок, слід випробовувати відносно корпусу без роз'єднання.

Вимірювання опору ізоляції мегаомметром із визначенням R_{60} необхідно проводити до і після випробувань ізоляції електрообладнання підвищеною напругою промислової частоти чи постійною напругою.

Результати випробувань підвищеною напругою вважаються задовільними, якщо під повною випробувальною напругою не було помічено ковзних розрядів, поштовхів струму витоку або ж зростання уставленого його значення, пробоїв чи перекриття ізоляції. Важливим свідченням доброго стану ізоляції є те, що опір ізоляції після випробування її підвищеною напругою залишився без змін.

У разі, коли характеристики ізоляції різко погіршилися або наблизилися до бракувальної норми, необхідно з'ясувати причину цього та зробити все для її усунення. Якщо дефект ізоляції виявити не вдалося, термін наступних випробувань може бути наближений з урахуванням стану і режиму роботи ізоляції (рішення приймає особа, відповідальна за енергогосподарство).

З метою одержання достовірних результатів під час вимірювань параметрів ізоляції слід враховувати:

- випадкові і систематичні похибки, обумовлені похибками вимірювальної техніки, додатковими ємнісними та індуктивними зв'язками між елементами схеми вимірювання, впливом температури, зовнішніх електростатичного та електромагнітних полів, а також похибками методу вимірювання;
- вплив пульсації випрямленої напруги (при вимірюванні струму витоку чи струму провідності).

Під час вимірювання тангенса кута діелектричних втрат в ізоляції електрообладнання $\text{tg}\delta$, слід одночасно вимірювати її ємність.

Норми щодо $\text{tg}\delta$ та струму провідності (витоку) через ізоляцію наведені для вимірювань при температурі $+20^\circ\text{C}$.

За винятком випробувань вітчизняних електричних машин, кіл релейного захисту та автоматики і у випадках, окремо обумовлених Нормами, випробування ізоляції напругою 1000 В промислової частоти може бути замінене вимірюванням значення опору ізоляції (R_{60}) мегаомметром напругою 2500 В.

Співставляючи результати вимірювань, слід враховувати температуру під час їх проведення та вносити відповідні поправки згідно з вимогами заводських інструкцій.

Значення випробувальної напруги промислової частоти має бути визначене із застосуванням поправочного коефіцієнта на умови випробування, регламентовані стандартом (температура повітря $+20^\circ\text{C}$; абсолютна вологість 11 г/м^3 , атмосферний тиск $101,3 \text{ кПа}$), якщо

реальні умови випробування за одним чи кількома факторами є іншими.

У разі проведення кількох видів випробувань ізоляції випробування підвищеною напругою має проводитися після ретельного огляду та оцінки стану ізоляції іншими методами. Електрообладнання, забраковане під час зовнішнього огляду, підлягає заміні або ремонту, якщо він є доцільним.

Дослід неробочого ходу силового трансформатора є першим із випробувань та вимірювань і, зокрема пов'язаних із подачею на обмотки постійного струму вимірювань опору ізоляції та опору обмоток постійному струмові. Вказаний дослід має передувати також прогріванню трансформатора постійним струмом.

Норми встановлюють умови визначення температури ізоляції електрообладнання:

- за температуру ізоляції трансформатора що не нагрівався, приймається температура верхніх шарів масла, що виміряна термометром;

- за температуру ізоляції трансформатора, що нагрівався чи перебував під впливом сонячної радіації, приймається середня температура фази В обмотки вищої напруги, визначена за її опором постійному струмові;

- за температуру ізоляції електричних машин, що знаходиться у практично холодному стані, приймається температура навколишнього середовища;

- за температуру ізоляції електричних машин після їх нагрівання, приймається середня температура обмоток, визначена за їх опором постійному струмові;

- за температуру ізоляції трансформатора струму серії ТФЗМ (ТФН) із масляним заповненням приймається температура навколишнього середовища;

- за температуру ізоляції вводу, встановленого на масляному вимикачеві або на трансформаторі, що не нагрівався, приймається температура навколишнього середовища або ж температура масла у балоні вимикача чи трансформатора.

Оцінювання стану ізоляції електрообладнання, що тривалий час зберігається, а також частин і деталей обладнання, що є аварійним резервом, виконується за нормами, прийнятими заводом-виробником відповідних виробів. За інструкціями заводів-виробників

встановлюються також обсяг і періодичність випробувань та вимірювань електрообладнання протягом гарантійного строку роботи.

Для електрообладнання та ізоляторів з номінальною напругою, що перевищує номінальну напругу електроустановки, до складу якої вони входять, значення випробувальної напруги може встановлюватися за нормами, що діють для класу ізоляції даної електроустановки. У разі відсутності необхідного випробувального пристрою для випробування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти електрообладнання розподільчих пристроїв напругою до 20 кВ може випробуватися на постійному струмові. При цьому:

$$U_{\text{вимір.пост.стр.}} = 1,5 U_{\text{випроб змін. стр.}}$$

Відомчі та місцеві системи технічного обслуговування і ремонту електрообладнання, а також інструкції повинні бути приведені у відповідність Нормам.

Норми встановлюють види, умови та норми випробувань:

- силових трансформаторів, автотрансформаторів і масляних реакторів;
- напівпровідникових перетворювачів та пристроїв;
- силових конденсаторів;
- акумуляторних батарей;
- силових кабельних ліній;
- повітряних ліній електропередавання;
- збірних і з'єднувальних шин;
- підвісних та опорних ізоляторів;
- введів та прохідних ізоляторів;
- масляних та елетромагнітних вимикачів;
- повітряних вимикачів;
- вимикачів навантаження;
- запобіжників напругою понад 1000 В;
- роз'єднувачів, короткозамикачів та віддільників;
- вентильних розрядників;
- трубчастих розрядників;
- сухих реакторів;
- вимірювальних трансформаторів;

- комплектних розподільчих пристроїв внутрішнього та зовнішнього встановлення (КРП і КРПН);
- електродвигунів змінного струму;
- машин постійного струму;
- електродних котлів;
- заземлювальних пристроїв;
- стаціонарних пересувних, переносних комплектних випробувальних установок;
- електроустановок, апаратів, вторинних кіл, норми випробувань яких не визначені попереднім переліком та електропроводок напругою до 1000 В;
- трансформаторного масла із зазначенням гранично допустимих показників якості.

Встановлені також норми на ряд речовин, що застосовуються в електроустановках - сірчану акумуляторну кислоту та електроліт, дистильовану воду для приготування електроліту, гідрат окису калію і літію, а також гідроксид натрію для лужних акумуляторів.

Окремо наведені норми для проміжних і випускних випробувань електродвигунів під час ремонту із частковою і повною заміною обмотки статора (для двигунів з фазним ротором і обмотки ротора). Норми встановлюють значення найбільшого допустимого опору заземлюючих пристроїв різного призначення.

Додаток 1
до Правил технічної експлуатації
електроустановок споживачів

**НОРМИ І ОБСЯГ ВИПРОБУВАНЬ ТА ВИМІРЮВАНЬ
параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок
споживачів**

Додаток містить інформацію про найменування та види перевірок, випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів, перелік питань та обладнання, які підлягають перевірці, а також окремі вказівки

Додаток 2
до Правил технічної
експлуатації
електроустановок
споживачів

**ОСНОВНІ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ,
які використовуються при проведенні випробувань та
вимірювань параметрів електрообладнання та апаратів
електроустановок споживачів**

Додаток містить інформацію про види, обсяг і періодичність випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів, схеми окремих вимірювань, нормативні значення параметрів.

Надалі подається відповідна інформація стосовно конкретних видів електрообладнання сумісно з додатків 1 і 2 ПТЕЕС

***Тема 5.2. Перевірки, випробування та вимірювання
параметрів силових трансформаторів***

**Таблиця 1. Силові трансформатори, автотрансформатори й
масляні реактори (додаток 1)**

Найменування перевірки	Вид перевірки	Перелік питань та обладнання, які підлягають перевірці	Вказівки
1. Обсяг і періодичність вимірювань та		Види та обсяг вимірювань і випробувань силових трансформаторів,	

випробувань трансформаторів		автотрансформаторів та масляних реакторів загального призначення повинні відповідати вказівкам, зазначеним в таблиці 1 додатка 2 до цих Правил	
2. Визначення умов увімкнення трансформатора	К	<p>Трансформатори, що пройшли капітальний ремонт з повною або частковою заміною обмоток чи ізоляції, підлягають сушінню незалежно від результатів вимірювання.</p> <p>Трансформатори, що пройшли капітальний ремонт без заміни обмоток чи ізоляції, можуть бути увімкнені в роботу без підсушування чи сушіння, якщо показники масла й ізоляції обмоток відповідають вимогам, наведеним у таблиці 2 додатка 2 до цих Правил, а також за дотримання умов перебування активної частини у повітрі.</p> <p>Тривалість робіт, пов'язаних з розгерметизацією бака, повинна бути не більше ніж:</p> <p>для трансформаторів на напругу до 35 кВ - 48 год. при відносній вологості до 75 % і 32 год. при відносній вологості до 85%; для трансформаторів на напругу 110 кВ і більше - 16 год. при відносній вологості до 75 % і 10 год. при відносній</p>	Обсяг вимірювань і випробувань трансформаторів під час їх здавання на капітальний ремонт і після його завершення приймають згідно з пунктами 3-6, 9-19, 20, 21 цієї таблиці; додатково, у разі заміни обмоток трансформаторів, виконують визначення групи з'єднань, коефіцієнта трансформації за ГОСТ 3484.1-88 та випробування підвищеною напругою за ГОСТ 1516.3-96

		вологості до 85 %. Якщо час огляду трансформатора перевищує вказаний, але не більше ніж у 2 рази, то має бути проведене контрольне підсушування трансформатора	
3. Вимірювання опору ізоляції: а) обмоток	К, П, М	Найменші допустимі значення опору ізоляції для обмоток маслонаповнених трансформаторів, які вводяться до експлуатації, регламентуються вимогами документації підприємства-виробника. Значення опору ізоляції обмоток трансформаторів, які вводяться в експлуатацію після капітального ремонту, повинні бути не меншими ніж 50 % від значень, отриманих під час приймально-здавальних випробувань або паспортних, а для трансформаторів на напругу до 35 кВ потужністю до 10 МВ•А значення R60 має бути не меншим ніж значення, наведені у таблиці 4 додатка 2 до цих Правил. Найменші допустимі значення опору ізоляції для обмотки сухих трансформаторів, які вводяться до експлуатації, за температури від 10°C до 30°C мають бути не нижчими: для обмоток з номінальною напругою	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В за схемами, наведеними в таблиці 3 додатка 2 до цих Правил. Вимірювання опору ізоляції обмоток рекомендується виконувати за температури ізоляції: для трансформаторів на напругу 110 кВ - 150 кВ - не нижчої ніж 10°C, а для трансформаторів на напругу до 35 кВ - за температури не нижчої ніж 5°C. Методика перерахунку R60, вимірюного після капітального ремонту, за температури t1 до значення R60, вимірюного під час приймально-здавальних випробувань за температури t2, наведена в додатку Д СОУ-Н ЕЕ 20.302

<p>б) ярмових балок, пресувальних кілець і доступних стяжних шпильок</p>	<p>К, П</p>	<p>до 1 кВ - 100 МОм, 6 кВ - 300 МОм; понад 6 кВ - 500 МОм. Під час експлуатації значення опору ізоляції не нормується, але воно повинно враховуватися під час комплексного розгляду результатів усіх вимірювань ізоляції та порівнюватися з раніше одержаними параметрами. Опір ізоляції має бути не меншим ніж 0,5 МОм</p>	<p>Вимірювання проводиться за необхідності, у разі огляду або ремонту активної частини, мегаомметром на напругу 1000 В або 2500 В</p>
<p>4. Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат</p>	<p>К, М</p>	<p>Для трансформаторів, які вводяться в експлуатацію після капітального ремонту, отримані значення tgδ ізоляції, з урахуванням впливу tgδ масла, не повинні відрізнятися більше ніж на 50 % від значень, отриманих під час приймально-здавальних випробувань або паспортних даних. Значення tgδ, які виміряні за температури ізоляції 20°C та вище, менші ніж 1%, вважають задовільними (без порівняння з паспортними). Під час експлуатації значення tgδ не нормується, але його необхідно враховувати під час комплексного розгляду результатів усіх</p>	<p>Під час експлуатації вимірювання tgδ проводять в трансформаторах на напругу 110 кВ і вище. Вимірювання проводиться за схемами, наведеними в таблиці 3 додатку 2 до цих Правил. Вимірювання tgδ рекомендується виконувати за температури ізоляції не нижчої ніж 10°C. Методика перерахунку tgδ, виміряного після капітального ремонту за температури t1, до значення tgδ, виміряного під час приймально-здавальних випробувань за температури t2,</p>

		вимірювань ізоляції і порівнювати із раніше одержаними	наведена в додатку Д СОУ-Н ЕЕ 20.304:2009
5. Випробування ізоляції підвищеною прикладеною напругою частоти 50 Гц		<p>Під час ремонту з повною заміною обмоток усіх типів трансформаторів випробування підвищеною напругою обов'язкове. Значення випробної напруги повинно дорівнювати встановленому підприємством-виробником.</p> <p>Під час ремонту з частковою заміною ізоляції або під час реконструкції значення випробної напруги повинно дорівнювати 0,9 від встановленого підприємством-виробником.</p> <p>Випробування ізоляції обмоток під час експлуатації проводять згідно з інструкціями підприємства-виробника.</p> <p>Тривалість прикладення випробної напруги - 1 хв.</p>	<p>Під час капітальних ремонтів без заміни обмоток та ізоляції випробування ізоляції обмоток разом із вводами маслонаповнених трансформаторів не обов'язкове.</p> <p>Випробування ізоляції сухих трансформаторів проводиться обов'язково.</p> <p>Значення випробної напруги приймається згідно з даними таблиці 5 додатку 2 до цих Правил</p>
6. Вимірювання опору обмоток постійному струму	К, М	<p>Допускається відхилення вимірюваного значення опору обмоток трифазних трансформаторів в межах 2%, а для однофазних трансформаторів - не більше ніж 5% від значення опору, отриманого на відповідних відгалуженнях інших фаз, або паспортних значень опору за однакових температур, якщо немає особливих вказівок підприємства-виробника</p>	<p>Вимірювання проводиться на всіх відгалуженнях, якщо в паспорті підприємства-виробника немає інших вказівок</p>

7. Перевірка коефіцієнта трансформації	К	Допускається відхилення виміряного значення в межах 2% від значень, отриманих на відповідних відгалуженнях інших фаз, або від вихідних даних. Крім того, для трансформаторів з РПН різниця коефіцієнтів трансформації не повинна бути більшою від значення ступеня регулювання	Перевірка проводиться на всіх відгалуженнях перемикального пристрою
8. Перевірка групи з'єднань обмоток трифазних трансформаторів і полярності виводів однофазних трансформаторів	К	Група з'єднань повинна відповідати зазначеній в паспорті трансформатора, а полярність виводів - позначенням на кришці трансформатора	Перевірка проводиться під час ремонту з частковою або повною заміною обмоток
9. Вимірювання значення сили струму і втрат неробочого ходу (НХ) за зниженої напруги	К	В експлуатації значення втрат НХ не нормується. Силу струму НХ вимірюють за зниженої напруги. Значення сили струму НХ не нормується. Вимірювання проводяться у трансформаторах потужністю 1000 кВ·А і більше	Вимірювання під час експлуатації проводять під час комплексних випробувань трансформатора. Значення сили струму втрат НХ вимірюють схемами, за якими вимірювали на підприємстві-виробнику
10. Перевірка роботи перемикальних пристроїв типів РПН і ПБЗ	К, П	Контроль справності перемикальних пристроїв проводять згідно з типовими інструкціями або інструкціями підприємства-виробника	
11. Випробування бака на щільність	К	Після монтажу та ремонту трансформаторів випробування баків на щільність проводять тиском згідно з ГОСТ 3484.5-88, інструкціями підприємства-виробника	Випробування проводиться тиском стовпа масла, висота якого над рівнем заповненого розширника приймається 0,6 м;

		та керівними документами на ремонт трансформаторів. Трансформатори без розширника і герметизовані на маслощільність не випробуються	для баків хвилястих пластинчатими радіаторами - 0,3 м. Тривалість випробування - не менше ніж 3 годин за температури масла не нижче ніж 10°C
12. Перевірка пристроїв охолодження	К	Пристрої охолодження повинні бути справними і відповідати вимогам інструкцій підприємства-виробника	Перевірка проводиться відповідно до типових інструкцій і інструкцій підприємства-виробника
13. Перевірка засобів захисту масла від впливу навколишнього середовища	К, М	Перевірку повітроосушувача, установок азотного і плівкового захистів масла, термосифонного або абсорбційного фільтра під час капітального ремонту проводять згідно з інструкціями підприємства-виробника	Індикаторний силікагель повинен мати рівномірне блакитне забарвлення зерен. Зміна кольору зерен силікагелю на рожевий свідчить про його зволоження
14. Фазування трансформаторів	К	Чергування фаз повинно збігатися	Фазування проводиться після капітального ремонту, а також після змін у первинних колах
15. Випробування трансформаторного масла:			

<p>а) з бака трансформатора</p>	<p>К, П, М</p>	<p>Масло випробується за показниками, наведеними в пунктах 1-5 таблиці 6 додатка 2 до цих Правил. Вимірювання $\text{tg}\delta$ масла проводиться у трансформаторах, які мають підвищене значення $\text{tg}\delta$ ізоляції. Масло з трансформаторів з плівковим захистом повинно додатково випробуватися: за показниками, наведеними в пунктах 7 та 8 таблиці 6 додатка 2 до цих Правил, з азотним захистом – за показниками таблиці 6 додатка 2 до цих Правил</p>	<p>Випробування проводяться: після капітальних ремонтів трансформаторів; у силових трансформаторів потужністю більше 630 кВА на напругу 6 кВ - 35 кВ - не рідше одного разу на 3 роки, а трансформаторів, що працюють без термосифонних фільтрів, - не рідше ніж один раз на 2 роки; у силових трансформаторів на напругу 110 кВ і вище - один раз на 3 роки та після спрацьовування газового реле на сигнал.</p>
<p>б) з бака контактора РПН (відокремленого від масла трансформатора)</p>	<p>К, П, М</p>	<p>Масло слід замінювати: коли значення пробивної напруги нижче ніж: -25 кВ у контакторах з ізоляцією на напругу 10 кВ 30 кВ - з ізоляцією на напругу 35 кВ, - 35 кВ - з ізоляцією на напругу 110 кВ; - якщо в маслі виявлена вода (визначення якісне) або механічні домішки (визначення візуальне)</p>	<p>У трансформаторів потужністю до 630 кВ·А проба масла не відбирається. У разі незадовільних характеристик ізоляції здійснюються роботи з відновлення ізоляції, заміни масла та силікагелю у термосифонних фільтрах. У трансформаторах на напругу 110 кВ і вище, також у трансформаторах з пристроєм РПН проводиться хроматографічний аналіз розчинених у маслі газів.</p>

			Контроль проводиться згідно з СОУ-Н ЕЕ 46.302 та СОУ-Н ЕЕ 46.501. Випробування проводиться після певної кількості перемикачів, зазначених в інструкції з експлуатації даного перемикача, але не рідше ніж один раз на рік
16. Вимірювання значення опору короткого замикання (КЗ)	К, М	Значення опору КЗ (Z_k) вимірюється перед першим увімкненням та після капітального ремонту трансформаторів на напругу 110 кВ і вище, потужністю 63 МВ·А і вище. Значення Z_k приймають за базове. Значення Z_k не повинно відрізнятись більше ніж на 3% від базового або на 5% від вирахованого за паспортом на однакових відгалуженнях обмоток, якщо інші значення не вказані в документації підприємства-виробника	Під час експлуатації вимірювання проводять після протікання через обмотки трансформатора струму КЗ силою 70 % і більше від допустимого за стандартами і ТУ, а також під час комплексного визначення необхідності капітального ремонту
17. Випробування трансформаторів увімкненням поштовхом на номінальну напругу	К	У процесі 3-5-разового увімкнення трансформатора на номінальну напругу і витримки під напругою протягом часу не менше ніж 30 хв. не повинно бути явищ, що свідчать про незадовільний стан трансформатора	Трансформатори, змонтовані за схемою блока з генератором, рекомендується вмикати в мережу з підняттям напруги від нуля
18. Випробування вводів	К, М	Проводиться відповідно до таблиці 9 додатка 1 до цих Правил	

19. Перевірка вбудованих трансформаторів струму (ТС)	К, М	Проводиться відповідно до таблиці 20 додатка 1 до цих Правил	
20. Перевірка дії допоміжних елементів	К, П, М	Перевірку засобів захисту масла від впливу навколишнього середовища, дії газового і захисного реле РПН, стрілкового маслопоказчика, запобіжного і відсічного клапанів, термоперетворювачів опору проводять згідно з інструкціями підприємства-виробника	
21. Оцінювання вологості твердої ізоляції	К, М	Оцінювання вологості проводять для трансформаторів на напругу 110 кВ і вище потужністю 63 МВ·А і більше. При цьому необхідно також враховувати вказівки пункту 8. 16 СОУ-Н ЕЕ 20.302	
22. Перевірка запобіжних пристроїв	К	Перевірку запобіжного і відсічного клапанів, а також запобіжної (вихлопної) труби проводять згідно з інструкціями підприємства-виробника	

Примітки:

К - для:

трансформаторів на напругу 110 кВ і вище потужністю 63 МВА і більше, головних трансформаторів електростанцій та підстанцій, основних трансформаторів власних потреб електростанцій і реакторів - перший раз не пізніше ніж через 12 років після введення в експлуатацію, а надалі - залежно від стану цього обладнання згідно з рішенням технічного керівника споживача;
решти трансформаторів і реакторів - відповідно до місцевих інструкцій та залежно від терміну експлуатації.

П - для:

трансформаторів і автотрансформаторів з РПН - щорічно.
Позачергові випробування пристроїв РПН проводять після кількості перемикачів, яка встановлена інструкцією підприємства-виробника;

трансформаторів без РПН, реакторів, головних трансформаторів електростанцій і підстанцій, основних і резервних трансформаторів власних потреб - один раз на 3 роки;

трансформаторів, які експлуатуються в зонах підвищеного забруднення, - згідно з місцевими інструкціями;

системи охолодження типів Д, ДЦ і Ц - щорічно;

решти трансформаторів - не рідше одного разу на 6 років.

М - проводиться у терміни, установлені системою ТОР.

Випробування трансформаторного масла слід проводити відповідно до вказівок, наведених у пункті 15 цієї таблиці.

1. Випробування за пунктами 4, 7 - 9, 12, 16, 18, 20-22 цієї таблиці не обов'язкові для трансформаторів потужністю до 1000 кВ·А.

2. Випробування за пунктами 2, 4, 9 - 13, 15, 16, 18-22 цієї таблиці для сухих трансформаторів усіх потужностей не проводяться.

3. Вимірювання опору ізоляції та $\tan \delta$ повинні проводитися за однакової температури або приводитися до однієї температури. Значення $\tan \delta$, виміряні за температури ізоляції 20°C і вище, які не перевищують 1%, вважаються задовільними, і їх перерахунок до вихідної температури не вимагається.

Таблиця 1. Види, обсяг і періодичність вимірювань та випробувань трансформаторів (додаток 2)

Періодичність вимірювань і випробувань	Обсяг вимірювань і випробувань (згідно з таблицею 1 додатка 1 до цих Правил)	
	маслонаповнені трансформатори	сухі трансформатори
	на напругу до 35 кВ, потужністю до 6,3 МВА	на напругу 110 кВ і вище; власних потреб 10 МВА і більше, усіх напруг; 35 кВ, 10 МВА і більше

Під час приймально-здавальних випробувань (першого увімкнення) і після капітального ремонту з розбиранням активної частини	2; 3; 6-9; 11; 15; 17; 22	2-4; 6-13; 15-19; 20; 21; 22	3; 5; 6-8; 17
Два рази на рік, П (хроматографічний контроль газів, які розчинені в маслі)	-	15.1	-
Щорічно, П	10; 15*	10; 12; 15*	-
Не менше ніж один раз на 3 роки (додатковий обсяг до щорічних), П	3; 15**	3; 4; 15; 18; 20	3
Не менше ніж один раз на 6 років (додатковий обсяг до періодичних на 3 роки), П	6; 19	6; 9	6
Через 12 років*** після введення до експлуатації (додатковий обсяг до періодичних на 6 років), К	2; 20	2; 16****; 19; 21	5

* Контроль масла з бака контактора РПН (або щорічна заміна масла).

** Контроль масла з бака трансформаторів потужністю, більшою ніж 630 кВА.

*** Для визначення необхідності проведення капітального ремонту трансформаторів з урахуванням результатів вимірювань, випробувань і оцінювання стану трансформатора за умовами роботи, результатами огляду з розкриттям ідентичних трансформаторів.

**** Проводять у трансформаторах на напругах 110 кВ і вище потужністю 63 МВА і більше під час першого увімкнення, після протікання через обмотки трансформатора струму короткого замикання (КЗ), що становить 0,7 і більше від розрахункового значення сили струму КЗ трансформатора, допустимого стандартом (ТУ), і у разі визначення необхідності капітального ремонту.

Таблиця 2. Обсяг перевірки ізоляції обмоток трансформаторів після капітального ремонту та заливання масла (додаток 2)

Трансформатори	Обсяг перевірки	Нормативне значення	Комбінація умов, наведених у попередній колонці, достатніх для вмикання трансформатора	Додаткові вказівки
----------------	-----------------	---------------------	--	--------------------

1. На напругу до 35 кВ	1. Відбір проби масла	1. Характеристика масла (в обсязі скороченого аналізу) - у нормі	Комбінація умов 1, 2	1. Для трансформаторів потужністю до 1000 кВ·А замість проведення скороченого аналізу масла допускається визначати тільки значення її пробивної напруги
	2. Вимірювання опору ізоляції R60	2. Значення опору ізоляції R60 не менше вказаного в таблиці 4 цього додатка та пункті 3 таблиці 1 додатка 1 до цих Правил		2. Проби масла повинні відбиратися не раніше ніж через 12 годин після його заливання в трансформатор
2. На напругу 110 кВ - 150 кВ	1. Відбір проби масла	1. Характеристика масла (в обсязі скороченого аналізу) - у нормі.	Комбінація умов 1-3	
	2. Вимірювання опору ізоляції R60	2. Значення опору ізоляції R60 не менше вказаного в пункті 3 таблиці 1 додатка 1 до цих Правил.		
	3. Вимірювання tgδ ізоляції	3. Значення tgδ не перевищують даних, наведених в пункті 4 таблиці 1 додатка 1 до цих Правил		

Таблиця 3. Схеми вимірювання характеристик ізоляції трансформаторів (додаток 2)

Послідовність вимірювань	Двообмоткові трансформатори		Триобмоткові трансформатори	
	обмотки, на яких проводять вимірювання	заземлювані частини трансформатора	обмотки, на яких проводять вимірювання	заземлювані частини трансформатора
1	НН	Бак, ВН	НН	Бак, СН, ВН
2	ВН	Бак, НН	СН	Бак, НН, ВН
3	(ВН + НН)*	Бак	ВН	Бак, НН, СН
4	-	-	(ВН + СН)*	Бак, НН
5	-	-	(ВН + СН + НН)*	Бак

* Вимірювання є обов'язковими тільки для трансформаторів потужністю 16 МВ·А і більше.

Примітка. ВН, СН і НН - відповідно обмотки вищої, середньої та нижчої напруг.

Таблиця 4. Найменші допустимі значення опору ізоляції R₆₀ обмоток трансформатора на напругу до 35 кВ потужністю до 10 МВ·А після капітального ремонту (додаток 2)

Температура обмотки, °С	10	20	30	40	50	60	70
Значення R ₆₀ , МОм	450	300	200	130	90	60	40

Примітка. Значення R₆₀ відносяться до всіх обмоток даного трансформатора

Таблиця 5. Значення випробних напруг частоти 50 Гц для обмоток сухих трансформаторів (додаток 2)

Клас напруги трансформатора, кВ	До 0,69	3	6	10	15	20
Значення випробної напруги, кВ	2,7	9	14,4	21,6	33,3	45,0

Примітка. Тривалість випробування - 1 хвилина.

Таблиця 6. Граничнодопустимі значення показників якості трансформаторного масла (додаток 2)

Найменування показника	Значення показника якості масла	
	після заливання в обладнання і перед вводом в експлуатацію	експлуатаційного
1. Значення пробивної напруги, кВ, для трансформаторів, апаратів і вводів на напругу, не менше ніж: до 15 кВ	25	20
від 15 кВ до 35 кВ, крім трансформаторів власних потреб	30	25
від 15 кВ до 35 кВ для трансформаторів власних потреб	35/30	30/25
від 60 кВ до 110 кВ	45/40	40/35
150 кВ	50/45	45/40
2. Вміст механічних домішок за візуальним визначенням	Відсутній	Відсутній
3. Кислотне число, мг КОН/г масла, не більше ніж	0,01	0,1*; 0,25**
4. Вміст водорозчинних кислот, мгКОН/г масла, не більше ніж: -для силових трансформаторів потужністю понад 630 кВА, герметичних вводів та вимірювальних трансформаторів -для негерметичних вводів та вимірювальних трансформаторів	Відсутній Відсутній	0,014 0,03
5. Температура спалаху в закритому тиглі, °С, не нижче ніж	135	***
6. Тангенс кута діелектричних втрат за температури 70°С / 90°С, %, для силових та вимірювальних трансформаторів, вводів на напругу 35 кВ - 150 кВ, не більше ніж	0,7	10/15
7. Вміст вологи, не більше, % маси (г/т): для трансформаторів з азотним і плівковим захистом, герметичних трансформаторів струму та герметичних вводів для ТН 110 кВ - 150 кВ типу НКФ	0,001 (10) 0,0015 (15)	0,002 (20) 0,0025 (25)

для решти обладнання усіх категорій	0,0025 (25)	****
8. Вміст газу для герметичного обладнання не більше, % об'єму	0,2	2

* Заміна сорбенту в термосифонних або адсорбційних фільтрах.

** Регенерація або заміна масла.

*** Зниження не більше ніж на 5°C від попереднього значення, але не більше ніж на 15°C з початку експлуатації.

**** Відсутнє, якщо немає вимог підприємства-виробника визначати кількісно.

Примітка. У чисельнику (пункти 1 та 6 таблиці 6 цього додатка) приведені значення показника для електричного обладнання, яке планувалося ввести в експлуатацію з 01.01.1999, а в знаменнику - введеного в експлуатацію до 01.01.1999.

Тема 5.3. Перевірки, випробування та вимірювання параметрів напівпровідникових перетворювачів

Таблиця 2. Напівпровідникові перетворювачі (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Вимірювання опору ізоляції струмовідних частин	К, М	Опір ізоляції повинен бути не менше ніж 5 МОм	Проводяться в холодному стані і за незаповненої системи охолодження для силової частини мегаомметром на напругу 2500 В, для кіл вторинної комутації - мегаомметром на напругу 1000 В. Усі тиристори (аноди, катоди, керуючі електроди), вентилі, конденсатори, обмотки трансформаторів на час випробувань слід закортити, блоки системи керування необхідно вийняти з роз'ємів
2. Випробування підвищеною	К, М	Значення випробної напруги наведені в	Силкові кола змінно і постійної напруг на

<p>напругою частоти 50 Гц ізоляції струмовідних частин відносно корпусу та кіл, не пов'язаних між собою</p>		<p>таблиці 7 додатка 2 до цих Правил. Тривалість випробування 1 хв.</p>	<p>період випробування повинні бути електрично з'єднані. Усі тиристори (анооди, катооди, керуючі електроди), вентиля, конденсатори, обмотки трансформаторів на час випробувань слід закортити, блоки системи керування необхідно вийняти з роз'ємів</p>
<p>3. Перевірка режимів роботи силових напівпровідникових приладів:</p> <p>а) вимірювання значення опору «анод-катод» на всіх тиристорах (перевірка відсутності пробою)</p> <p>б) перевірка відсутності обриву у вентилях (вимірювання прямого і зворотного падіння напруги на вентилях)</p> <p>в) перевірка цілісності плавких вставок запобіжників</p> <p>г) вимірювання розподілення струмів між паралельними вітками тиристорів або вентилів</p> <p>г) вимірювання розподілення</p>	<p>К, П, М</p> <p>К, М</p> <p>К, М</p> <p>К, П, М</p> <p>К, П, М</p>	<p>Відхилення від середньоарифметичного значення опору не більше ніж на 10%</p> <p>Значення падіння напруги на вентилях повинно бути в межах даних, вказаних підприємством-виробником</p> <p>Значення опору не нормується</p> <p>Відхилення від середньо-арифметичного значення сили струму не більше ніж на 10%</p> <p>Відхилення від середньоарифметичного</p>	<p>Вимірюється омметром</p> <p>Вимірюється вольтметром або осцилографом за умови граничного значення сили струму перетворювача</p> <p>Вимірюється омметром</p> <p>Вимірюється під час роботи перетворювача з номінальним значенням сили струму</p> <p>Вимірюється під час роботи перетворювача</p>

<p>напруги між послідовно включеними тиристорами і вентилями</p> <p>д) вимірювання розподілення струмів між паралельно увімкненими перетворювачами</p> <p>е) вимірювання розподілення струмів між гілками однойменних плечей паралельно увімкнених перетворювачів</p>	<p>К, П, М</p> <p>К, П, М</p>	<p>значення напруги не більше ніж на 20%</p> <p>Відхилення від середнього розрахункового значення струму через перетворювач не більше ніж на 10%</p> <p>Відхилення від середнього розрахункового значення струму гілки однойменних плечей не більше ніж на 20%</p>	<p>з номінальним значенням сили струму</p> <p>Вимірюється під час роботи перетворювача з номінальним значенням сили струму</p> <p>Вимірюється під час роботи перетворювача з номінальним значенням сили струму</p>
<p>4. Перевірка трансформаторів агрегату (крім вимірювання опору обмоток)</p>	<p>К, М</p>	<p>Проводиться відповідно до пунктів 2-19 таблиці 1 цього додатка та інструкцій підприємств-виробників</p>	
<p>5. Вимірювання значення опору обмоток агрегату трансформатора (випрямного, послідовного та ін.)</p>	<p>К</p>	<p>Допускається відхилення від початкових даних у межах $\pm 5\%$</p>	<p>Показники вимірювань повинні бути приведені до температури вихідних даних</p>
<p>6. Перевірка системи керування тиристорами</p>	<p>К, П, М</p>	<p>Діапазон регулювання випрямленої напруги повинен відповідати вимогам підприємства-виробника</p>	<p>Проводиться в обсязі і за методикою, передбаченими інструкціями підприємства-виробника</p>
<p>7. Перевірка системи охолодження тиристорів і вентилів</p>	<p>К, П, М</p>	<p>Виконуються гідравлічні випробування підвищеним тиском води. Значення тиску та час випробування повинні відповідати нормам підприємства-виробника</p>	<p>Проводиться в обсязі і за методикою, передбаченими інструкціями підприємства-виробника</p>

8. Знімання робочих регулювальних та динамічних характеристик	К	Відхилення від заданих характеристик повинні залишатися в межах, установлених підприємством-виробником	Проводиться в обсязі і за методикою, передбаченими інструкціями підприємства-виробника
9. Перевірка температури силових тиристорів, діодів, запобіжників, шин та інших елементів перетворювача	К, М	Значення температури не повинно перевищувати допустимі значення згідно з вимогами підприємства-виробника	Перевірку рекомендується виконувати за допомогою тепловізора
10. Перевірка захисту агрегатів на напругу до 1 кВ	К, П, М	Проводиться відповідно до пункту 3 таблиці 27 цього додатка	

Примітка. К, П, М - проводяться у терміни, установлені системою ТОР.

Таблиця 7. Випробна напруга частоти 50 Гц ізоляції напівпровідникових перетворювачів (додаток 2)

Значення найбільшої робочої напруги, В	Значення випробної напруги, кВ
До 24	0,5
Від 25 до 60	1,0
Від 61 до 200	1,5
Від 201 до 500	2
Понад 500	2,5 Уроб + 1, але не більше ніж 3

Примітка. Уроб - середньоквадратичне значення напруги кола, що випробується.

Тема 5.4. Перевірки, випробування та вимірювання параметрів силових конденсаторів

Таблиця 3. Силові конденсатори (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Зовнішній огляд	К, П	Перевіряється відсутність протікання просочувальної рідини,	З експлуатації знімаються конденсатори, що мають краплинне протікання, яке

		пошкодження ізоляторів, здуття стінок корпусу	не можна усунути, пошкодження ізоляторів, здуття стінок корпусу
2. Вимірювання опору ізоляції	К	Значення опору ізоляції між виводами і корпусом конденсатора не нормується, але воно має бути не меншим ніж 100 МОм. Вимірювання опору ізоляції ізолюючих фарфорових підставок конденсаторів проводиться відповідно до пункту 2 таблиці 8 цього додатка	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В
3. Вимірювання значення ємності конденсатора	К, М	Допускається відхилення значення ємності від вихідних даних: не більше ніж на плюс 10 % та не менше ніж на мінус 10 % для косинусних конденсаторів; не більше ніж на плюс 10 % та не менше ніж на мінус 15 % для конденсаторів поздовжньої компенсації; не більше ніж на плюс 5 % та не менше ніж на мінус 5 % для конденсаторів зв'язку та конденсаторів - подільників напруги, якщо інші значення не вказані в документації підприємства-виробника	
4. Випробування підвищеною напругою частоти 50 Гц	К	Необхідність проведення випробування конденсаторів підвищеною напругою, значення випробної напруги та тривалість її прикладання визначають	Випробування відносно корпусу проводиться при перемкнутих виводах конденсатора. Випробування конденсаторів відносно корпусу, що мають один

		за інструкціями підприємства-виробника	вивід, з'єднаний з корпусом, не проводяться
5. Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$	К	Виміряні значення $\text{tg}\delta$ не повинні перевищувати 0,8 % за температури 20°C. Якщо виміри проведені за температури яка відрізняється від 20°C, необхідно застосовувати коефіцієнт перерахунку, що дорівнює 0,3 % на 1°C	Вимірювання проводяться на конденсаторах зв'язку, відбору потужності та конденсаторах для подільників напруги
6. Випробування батареї конденсаторів	К	Випробування проводять трикратним увімкненням батареї на номінальну напругу з контролем значення сили струму кожної з фаз	Значення сили струму в різних фазах не повинні відрізнятися один від одного більше ніж на 5%

Примітки: 1. **К, М** - проводяться у терміни, установлені системою ТОР.
2. Вимірювання проводяться для:
-косинусних конденсаторів під час капітального ремонту, але не рідше ніж один раз на 8 років, якщо інше не передбачене інструкцією підприємства-виробника;
-конденсаторів зв'язку та відбору потужностей - за результатами огляду та за необхідності;
-подільників напруги - під час капітального ремонту обладнання або розподільної установки (РУ);
-конденсаторів подовжньої компенсації - у перші 2 роки експлуатації - щорічно, у подальшому - один раз на 3 роки.

Тема 5.5. Перевірки, вимірювання та випробування акумуляторних батарей

Таблиця 4. Акумуляторні батареї (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Перевірка ємності відформованої	К, П	Ємність, яка приведена до температури 20°C, повинна відповідати	У разі зниження ємності батареї до значення 70 % від номінальної її

аккумуляторної батареї (АБ)		даним підприємства-виробника	необхідно відновити. За неможливості відновлення батарея підлягає заміні. Визначення фактичного значення ємності АБ електростанції - не рідше одного разу на 2 роки, підстанції - за необхідності. Перевірка напруги АБ поштовховими струмами - щорічно
2. Перевірка густини електроліту в кожному елементі батареї відкритого типу	К, М	Густина електроліту в кожному елементі для повністю зарядженої батареї в кінці зарядження та в режимі постійного підзарядження, приведена до температури 20°C, повинна бути: для аккумуляторів типу СК (1,205 ± 0,005) г/см ³ ; для аккумуляторів типу СН (1,24 ± 0,005) г/см ³ . Густина електроліту в кінці розрядження у справних аккумуляторів повинна бути не менше ніж 1,145 г/см ³ для аккумуляторів типу С (СК) та 1,15 г/см ³ для СН. Для інших типів батарей густина електроліту повинна відповідати даним підприємства-виробника	Температура електроліту під час зарядження не повинна перевищувати 40°C для аккумуляторів типу СК і 45°C для аккумуляторів типу СН
3. Хімічний аналіз електроліту	К, М	Вимоги до сірчаної кислоти і електроліту наведені в таблиці 8 додатка 2 до цих Правил	Проводиться один раз на рік за пробами, взятими з контрольних елементів
4. Вимірювання значення напруги кожного	К, М	Значення напруги елементів, що відстають, в кінці контрольного розряду не повинні	Значення напруги в кінці розряду встановлюється у стандарті або технічних умовах на аккумулятор

елемента батареї		відрізнятись більше ніж на 2 % від середньо-арифметичного значення напруги решти елементів, а кількість елементів, що відстають, не повинна перевищувати 3 % від їх загальної кількості. Значення напруги кожного елемента батареї, що працює в режимі підзарядження, повинно бути $2,2 \pm 0,05$ В	(батарею) конкретного типу
5. Вимірювання значення опору ізоляції батареї	К, М	Значення опору ізоляції повинно бути не менше ніж: 15 кОм за напруги 24 В; 25 кОм за напруги 48 В; 30 кОм за напруги 60 В; 50 кОм за напруги 100 В; 100 кОм за напруги 220 В	
6. Вимірювання висоти осаду (шламу) у кожному елементі батареї	М	Між поверхнею осаду нижнім краєм позитивних пластин повинен бути вільний простір не менше ніж 10 мм	
7. Перевірка працездатності АБ на підстанціях, ТЕС та ВРУ електростанцій в режимах поштовхових струмів	М	Значення напруги на виводах АБ за вимкненого підзарядного агрегату та розрядження батареї протягом не більше ніж 5с найбільшою можливою силою струму (кратністю не більше ніж 2,5 значення сили струму одногодинної розрядки) не повинно знижуватись більше ніж на 0,4 В на один елемент від напруги в момент, що передує поштовху струму.	Рекомендується виконувати один раз на рік. Перевірка виконується тільки на тих енергооб'єктах, де є споживачі, які можуть викликати потужні поштовхові навантаження на АБ Результати вимірювання порівнюють з попередніми

1. **К, П та М** проводяться у терміни, установлені системою ТОР, при цьому хімічний аналіз електроліту проводиться один раз на рік.

Примітки:

2. Визначення фактичної ємності АБ електростанції - не рідше одного разу на 2 роки, підстанції - за необхідності.
3. Інші перевірки (щільність, осад, вимірювання значення напруги тощо) - згідно з місцевими інструкціями.
4. Перевірка напруги АБ поштовховими струмами - щорічно.

Таблиця 8. Норми на характеристики сірчаної кислоти та електроліту для акумуляторних батарей (додаток 2)

Показник	Норма на сірчану кислоту		Норма для електроліту	
	вища категорія якості	перша категорія якості	свіжорозведена кислота для заливання в акумулятори	електроліт із працюючого акумулятора
1. Масова частка сірчаної кислоти (H ₂ SO ₄), %	92 - 93	92 - 94	-	
2. Масова частка заліза (Fe), %, не більше	0,005	0,006	0,004	0,008
3. Масова частка нелеткого залишку після прожарювання, %, не більше	0,02	0,03		-
4. Масова частка оксидів азоту (N ₂ O ₃), %, не більше	0,00003	0,00015	0,00005	-
5. Масова частка марганцю (Mn), %, не більше	0,00005		-	
6. Масова частка суми важких металів у перерахуванні на свинець (Pb), %, не більше	0,01	-		-
7. Масова частка міді (Cu), %, не більше	0005		-	
8. Масова частка речовин, які відновлюють KMnO ₄ , см ³ розчину з 1,5 KMnO ₄ = 0,01 моль/дм ³ , не більше	4,5		-	-
9. Зовнішній вигляд	Прозора			

10. Інтенсивність забарвлення (визначається колориметричним способом), мл	0,6			1,0
11. Густина за температури 20°C, г/см ³	1,83 - 1,84	1,83 - 1,84	1,18 ± 0,005	1,2 - 1,21

Примітка. Для дистильованої води дозволена наявність тих же домішок, які допускаються для акумуляторної кислоти, але в концентраціях менших у 10 разів.

Тема 5.6. Перевірки, вимірювання та випробування кабельних ліній електропередавання

Таблиця 5. Кабельні лінії (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Визначення відсутності обривів оболонок і жил кабелів та фазування кабельних ліній (КЛ)	К, П	Виконують до початку високовольтних випробувань, після монтажу, перемонтажу муфт або перез'єднання жил кабелю (за необхідності)	Обов'язковим є вимірювання перехідного опору електричного контакту між наконечником і жилою кабелю
2. Вимірювання значення опору ізоляції: а) кабелі напругою понад 1 кВ б) кабелі напругою до 1 кВ	К, П	Тривалість вимірювання 1 хв. Значення опору ізоляції не нормується (порівнюється з попереднім значенням). Значення опору ізоляції повинно бути не нижче ніж 0,5 МОм	Вимірювання проводять мегаомметром на напругу 2500 В до і після випробувань підвищеною напругою. Мета випробування - встановити відсутність короткого замикання в кабелі
3. Випробування підвищеною напругою:	К, П		Випробування кабелів напругою до 1 кВ може проводитися

<p>а) випробування випрямленою напругою</p>		<p>Значення випробної випрямленої напруги приймають згідно з таблицею 9 додатка 2 до цих Правил, з урахуванням місцевих умов роботи силових КЛ. Тривалість випробування в процесі експлуатації 5 хв.</p>	<p>мегаомметром на напругу 2500 В протягом 1 хв. Дозволяється проводити випробування ізоляції кабелів напругою 110 кВ - 150 кВ шляхом увімкнення КЛ на номінальну напругу.</p>
<p>б) випробування змінною напругою наднизької частоти 0,1 Гц спеціальної форми «косинусний прямокутник»</p>	<p>К, П</p>	<p>Значення випробної змінної напруги наведені в таблиці 10 додатка 2 до цих Правил. Тривалість випробування в процесі експлуатації 15 хв. Ці випробування рекомендується проводити замість випробування підвищеною випрямленою напругою (особливо для кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену) на підставі аналізу технічної можливості, за рішенням технічного керівника споживача.</p>	<p>Тривалість випробування визначають за згодою споживача і підприємства-виробника, але не більше ніж 24 год. У період випробування кожної фази, періодично і на останній хвилині випробування за показами міліамперметра визначають значення струму витоку. Якщо під час випробування струм витоку наростатиме або з'являться поштовхи струму, то тривалість випробування слід збільшити у два рази. Абсолютне значення струму витоку не є бракувальним показником. КЛ із задовільною ізоляцією мають стабільні значення струму витоку: КЛ з паперовою ізоляцією напругою до 10 кВ - 300 мкА, напругою 20 кВ - 35 кВ - 800 мкА, за коефіцієнта асиметрії по фазах до 2,5. Для коротких КЛ (довжиною до 100 м) напругою 3 кВ - 10 кВ без з'єднувальних муфт допустимі значення</p>
<p>в) періодичність випробувань підвищеною напругою</p>		<p>Періодичність випробування КЛ встановлюється відповідно до таблиці 11 додатка 2 до цих Правил.</p>	<p>Абсолютне значення струму витоку не є бракувальним показником. КЛ із задовільною ізоляцією мають стабільні значення струму витоку: КЛ з паперовою ізоляцією напругою до 10 кВ - 300 мкА, напругою 20 кВ - 35 кВ - 800 мкА, за коефіцієнта асиметрії по фазах до 2,5. Для коротких КЛ (довжиною до 100 м) напругою 3 кВ - 10 кВ без з'єднувальних муфт допустимі значення</p>

струму витоку не повинні перевищувати 2 мкА - 3 мкА на 1 кВ значення випробної напруги. При цьому коефіцієнт асиметрії струмів витоку по фазах не повинен перевищувати 8-10 за умови, що абсолютні значення струму не перевищують допустимі. За наявності в мережі 6 кВ - 35 кВ засобів неперервного діагностування стану ізоляції силових кабелів під робочою напругою (наприклад, за частковими пробоями) випробування кабелів можуть проводитися лише у разі незадовільних результатів їх контролю під робочою напругою. Допускається розпорядженням технічного керівника споживача за погодженням з електропередавальною організацією (основним споживачем) встановлювати інші значення випробної напруги та періодичності випробувань: для живильних КЛ з кількістю з'єднувальних муфт, більшою ніж 10 на 1 км довжини; для КЛ напругою 6 кВ - 35 кВ з терміном експлуатації більше ніж 15 років; для кабелів, які

			<p>підлягають реконструкції та виведенню з роботи в найближчі 5 років. Позапланові випробування проводяться після проведення ремонтних робіт на КЛ</p>
4. Контроль ступеня осушення вертикальних ділянок кабелю	М	<p>Різниця нагрівання між окремими точками не повинна перевищувати 2°C - 3°C з урахуванням температури зовнішнього повітря. Періодичність контролю визначають на підставі рекомендації підприємства-виробника кабельної продукції</p>	<p>Виконують для кабелів напругою 20 кВ - 35 кВ, ізоляцію яких просочено в'язкою сполукою, згідно із СОУ-Н МПЕ 40.1.20.509, вимірюванням і порівнянням температури нагрівання оболонок у різних точках вертикального відрізка кабелю</p>
5. Вимірювання значення блукаючих струмів у КЛ	М	<p>Під час експлуатації КЛ вимірюють значення потенціалів і струму на оболонках кабелів у контрольних точках, а також параметри електрозахисту</p>	<p>Небезпечними з точки зору корозії, викликані блукаючими струмами, вважають відрізки КЛ в анодних і знакозмінних зонах у випадках, якщо: кабелі з металевою оболонкою прокладено в ґрунтах з середньою та низькою корозійною активністю (питомий опір ґрунту більший ніж 20 Ом·м) за середньодобової щільності струму витoku в ґрунт, більшої ніж 0,15 мА/дм²; кабелі з металевою оболонкою прокладено в ґрунтах з високою корозійною активністю (питомий опір ґрунту менший ніж 20 Ом·м) за будь-якої середньодобової щільності</p>

			струму витоку в землю; кабелі мають незахищену металеву оболонку, зруйновану броню і зруйновані захисні покриття; відрізок КЛ використовують у вигляді сталевого трубопроводу кабелів високого тиску незалежно від агресивності навколишнього ґрунту та видів ізоляційних покриттів на ньому. У споживача мають бути розроблені місцеві інструкції з анти-корозійного захисту КЛ
6. Визначення хімічної корозії КЛ	М	Оцінку корозійної активності ґрунтів і природних вод рекомендується здійснювати за даними хімічного аналізу середовища або методом втрати ваги металу згідно з місцевими інструкціями	Проводиться, якщо має місце пошкодження кабелів корозією і немає відомостей про корозійні умови траси. Корозійну активність ґрунтів оцінюють по відношенню до алюмінієвих і сталевих оболонок кабелів згідно з нормами та методами визначення агресивності середовища відносно алюмінієвої та сталевих оболонок електричних кабелів (ГКД 34.20.507)
7. Вимірювання значення навантаги і перевантаження КЛ	М	Значення навантаги і перевантаження кабелів мають відповідати вимогам цих Правил і вимогам підприємств-виробників	Необхідно проводити в період максимальної навантаги лінії
8. Вимірювання температури КЛ	М	Температура кабелів не повинна перевищувати допустимих значень	Вимірюють згідно із вказівкою місцевих інструкцій на відрізках траси, на яких можливі перегрівання кабелів, за

			допомогою приладів інфрачервоної техніки
9. Випробування пластмасової оболонки (шланга) кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену підвищеною випрямленою напругою	К, П	Випробується випрямленою напругою 5 кВ. Випрямлену напругу прикладають між металевою оболонкою (екраном) і землею. Тривалість випробування 1 хв.	Випробування проводять через рік після введення до експлуатації, а надалі - через кожні 3 роки. Випробування доцільно також виконувати для кабелів усіх типів ізоляції, які мають пластмасову оболонку для оцінювання її цілісності
10. Вимірювання сили струму розподілу між одножильними кабелями	М	Нерівномірність значень сили струму розподілу між одножильними кабелями має бути не більшою ніж 10% (особливо, якщо це може призвести до перевантаження окремих фаз). Виконують за результатами контрольних вимірювань сили струму та в разі різкої зміни режимів роботи мережі	

1. Періодичність випробувань КЛ наведена в таблиці 11 додатка 2 до цих Правил.

Примітки:

2. Випробування масла з маслонаповнених кабелів - через рік після введення до експлуатації, далі - через 3 роки, а в подальшому - один раз на 6 років.

Таблиця 9. Випробна випрямлена напруга для силових кабелів (додаток 2)

Значення випробної напруги, кВ, для силових кабелів на номінальну напругу, кВ										
До 1	2	3	6	10	15	20	30	35	110	150
Кабелі з паперовою ізоляцією										
2,5	6*-12	9*-18	18*-36	30*-60	-	50*-100	-	70*-140	285	350
Кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену										
-	5	7,5	15	24	35	48	70*-72	70*-80	-	-

Кабелі з пластмасовою ізоляцією (крім кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену)										
2,5**	5	7,5	18*-36	30*-60	-	50*-100	-	70*-140	285	-
Кабелі з гумовою ізоляцією										
-	4***	6***	12***	20***	-	-	-	-	-	-

* Значення випробної напруги є мінімально допустимим, яке встановлюється на підставі технічної можливості за рішенням технічного керівника споживача.

** Обов'язкове лише для кабелів електричних станцій, підстанцій і розподільних пристроїв. Для решти кабелів дозволена заміна перевіркою мегаомметром на напругу 2500 В.

*** У разі дрібних ремонтів, не пов'язаних з перемонтажем кабелю, ізоляцію перевіряють тільки мегаомметром на напругу 2500 В.

Таблиця 10. Випробна змінна напруга наднизької частоти 0,1 Гц спеціальної форми (косинусний прямокутник) для силових кабелів (додаток 2)

Значення випробної напруги, кВ, для силових кабелів на номінальну напругу, кВ					
6	10	15	20	30	35
Кабелі з паперовою ізоляцією					
12	18	-	35	-	60
Кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену					
11	18	26	35	54	60
Кабелі з пластмасовою ізоляцією (крім кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену)					
12	18	-	35	-	60

Таблиця 11. Періодичність випробування кабельних ліній (додаток 2)

Тип КЛ	Характеристика стану КЛ	Періодичність випробувань КЛ
КЛ напругою до 1 кВ	Після прокладення	Перед увімкненням
	Після ремонту	Перед увімкненням
КЛ напругою 2 кВ - 10 кВ з гумовою ізоляцією	Після прокладення	Перед увімкненням
	У стаціонарних установках	Один раз на рік

	У сезонних установках	Перед настанням сезону
КЛ напругою 2 кВ - 35 кВ (незалежно від типу ізоляції)	Після прокладення	Перед увімкненням
	Усі КЛ протягом перших двох років експлуатації	Один раз на рік
	КЛ, які не пошкоджувалися під час випробувань протягом перших двох років експлуатації	Один раз на 2-3 роки
	Силові КЛ живлення і розподільні силові КЛ, що живлять особливо відповідальних споживачів	Один раз на рік
	КЛ з великою ймовірністю механічних і корозійних пошкоджень, на трасах яких (або поблизу їх) виконувалися або виконуються будівельні роботи; КЛ з дефектами; КЛ, на яких в перші два роки експлуатації були пошкодження під час випробування	Один раз на рік
	КЛ у закритих трасах	Один раз на 3 роки
КЛ напругою 110 кВ - 150 кВ (незалежно від типу ізоляції)	Після прокладення	Перед увімкненням
	Періодично	Перший раз - через 3 роки, а в подальшому - один раз на 5 років
КЛ, приєднані до агрегату (незалежно від типу ізоляції)	Після прокладення	Перед увімкненням
	Під час ремонту агрегатів	Після ремонту агрегату, перед увімкненням у роботу

Тема 5.7. Перевірки, вимірювання та випробування повітряних ліній електропередавання

Таблиця 6. Повітряні лінії електропередавання (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Перевірка охоронних зон повітряних ліній (ПЛ)	П, М	Перевірка траси ПЛ: ширина просіки; висота дерев і кущів під ПЛ та біля просіки; протипожежний стан траси. Вимоги до просіки повинні відповідати вимогам ПУЕ. Періодичність оглядів визначається виробничими інструкціями	Згідно з вимогами СОУ-Н ЕЕ 20.502 та «Правил охорони електричних мереж» на ПЛ з неізольованими проводами перевірку проводять не рідше одного разу на 3 роки. Вимірювання висоти дерев та кущів під проводами - за необхідності
2. Контроль опор та їх елементів:	К, П, М		
а) контроль положення опор		Допустимі значення відхилення опор та їх елементів наведено в таблиці 12 додатка 2 до цих Правил.	
б) контроль заглиблення опор у ґрунті		Заглиблення залізобетонних опор у ґрунт повинно відповідати проектним рішенням. Перевірку необхідно провести на 20 % проміжних опор та на всіх складних опорах.	
в) контроль стану фундаментів опор		Допуски на розміщення збірних фундаментів наведені в таблиці 13 додатка 2 до цих Правил. Перевірку необхідно провести на 2 - 3 % від загальної кількості опор.	

		Дефекти та тріщини фундаментів і відхилення розміщення анкерних болтів не повинні перевищувати значень, наведених у СОУ-Н ЕЕ 20.502 та ГКД 34.20.503	
г) контроль відтяжок опор		Значення тяжіння при відхиленні опор у межах допустимого не повинно відрізнятись від проектного більше ніж на 20 %. Зменшення перерізу троса відтяжки не повинно перевищувати 10 %.	Вимірювання проводиться згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.502
г) контроль дефектів залізобетонних опор і приставок		Розміри тріщин, наскрізних отворів і значення прогинів стійок опор повинні відповідати вимогам НД. Граничні значення прогинів та розміри дефектів залізобетонних стояків і приставок наведені у таблиці 14 додатка 2 до цих Правил.	
д) контроль прогинів та корозійного зношення металоконструкцій опор		Граничні значення допусків для прогинів елементів металевих опор та металевих деталей залізобетонних опор ПЛ напругою 35 кВ і вище становлять: траверса опори 1:300 від довжини траверси; стояк або підкіс металевої опори 1:750 від довжини стояка, але не більше 20 мм; поясні кутники металевих опор 1:750 від довжини елемента. Відношення зменшеного перерізу металевих	

		елемента (за рахунок корозії) до проектного значення перерізу не повинно бути менше ніж: 0,9 для несучих елементів; 0,8 для ненесучих елементів; 0,7 для косинок.	
е) контроль дерев'яних деталей опор		Вимірюються глибина та розміри зовнішнього і внутрішнього загнивання деталей опор	Контроль проводиться згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.502 та ГКД 34.20.503
3. Контроль проводів, грозозахисних тросів та лінійної арматури:	К, П, М		
а) вимірювання відстаней від проводів і тросів		Відстані від проводів і тросів до поверхні землі та до різних об'єктів і споруд повинні відповідати вимогам ПУЕ.	
б) контроль стріл провисання проводів		Стріла провисання не повинна відрізнятись від передбаченої проектом більше ніж на 5 %. Різниця стріл провисання між проводами різних фаз не повинна перевищувати 10 % від проектного значення стріли провисання.	
в) контроль перерізів проводів та грозозахисних тросів		Допустиме зменшення площі перерізу проводів і грозозахисних тросів приймається у відповідності до СОУ-Н ЕЕ 20.502.	
г) контроль з'єднань проводів та грозозахисних тросів		Проводиться згідно з таблицею 7 цього додатка	Тепловізійний контроль проводиться згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.577:2007

4. Контроль грозозахисних тросів з умонтованим волоконно-оптичним кабелем (ОКГТ)	П, М	Контроль відстаней від ОКГТ до проводів, стану заземлювальних спусків арматури ОКГТ і відсутності пошкоджень кабелю в місцях кріплення затискачів	
5. Контроль ліній напругою до 1 кВ із самоутримними ізолювальними проводами	К, М	Контроль стану ізоляції проводів, підтримувальних затискачів і захисних кожухів на з'єднувальних та відгалужувальних затискачах. Значення опору ізоляції повинно бути не менше ніж 0,5 МОм на 1 км	Вимірювання опору ізоляції проводиться між фазними жилами та між фазними і додатковими жилами мегаомметром на напругу 1000 В
6. Контроль ізоляторів та ізолювальних підвісок	К, М	Контроль фарфорових ізоляторів проводиться згідно з таблицею 8 цього додатка . Розподіл напруги між підвісними фарфоровими ізоляторами гірлянд ПЛ напругою 35 кВ - 110 кВ наведений в таблиці 15 додатка 2 до цих Правил . Тепловізійний контроль проводиться згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.577. Контроль скляних ізоляторів проводиться зовнішнім оглядом	Контроль ізоляторів під робочою напругою проводиться за допомогою вимірної штанги або штангою з постійним іскровим проміжком
7. Перевірка заземлювальних пристроїв	П, К, М	Проводиться згідно з таблицею 25 цього додатка	
8. Перевірка трубчастих розрядників і захисних проміжків	К, М	Проводиться згідно з таблицею 18 цього додатка	

9. Перевірка обмежувачів перенапруги	К, М	Проводиться згідно з таблицею 17 цього додатка	
10. Контроль симетричності ємностей фаз ПЛ напругою 6 кВ - 35 кВ		ПЛ напругою до 35 кВ, які вводяться, перевіряються на симетричність ємностей їх фаз відносно землі. Допустиме значення несиметрії визначається умовами введення в роботу дугогасних реакторів, компенсації ємнісного струму однофазного замикання нормованому значенню напруги несиметрії U_0	Проводиться також після робіт на ПЛ, які могли призвести до порушення симетричності ємностей

Примітки:

К, П, М - проводяться у терміни, установлені системою ТОР.

Періодичність перевірки елементів ПЛ:

- перевірка загнивання деталей дерев'яних опор: перший раз - через 6 років після введення ПЛ в експлуатацію, а в подальшому - не рідше ніж один раз на 3 роки, а також перед підйомом на опору і перед заміною деревини;
- перевірка стану антикорозійного покриття металевих опор, траверз, металевих наголовників залізобетонних підножників, анкерних болтів відтяжок, відтяжок в цілому та тросів з вибірковим розкриттям ґрунту - не рідше ніж один раз на 6 років;
- перевірка стану залізобетонних опор і приставок - не рідше ніж один раз на 6 років;
- перевірка електричної міцності підвісних ізоляторів (крім скляних, стрижневих і штирьових) штангою або іншим способом - в перший рік експлуатації і в подальшому - не рідше ніж один раз на 6 років. Якщо ПЛ контролюється тепловізором, то перевірку один раз на 6 років дозволено не проводити;
- перевірка стану болтових з'єднань проводів ПЛ напругою 35 кВ і вище електричними вимірами - один раз на 6 років. Електричні виміри з'єднань проводів, які виконані зварюванням, скруткою, обтиском і опресовуванням, проводити не потрібно. Якщо ПЛ контролюється тепловізором, то перевірку один раз на 6 років дозволено не проводити;
- вимірювання опору заземлення опор і тросів, а також

повторних заземлювань нульового проводу - згідно з
таблицею 25 цього додатка;
- вимірювання опору петлі «фаза-нуль» на ПЛ напругою 0,4
кВ - під час прийняття в експлуатацію, після підключення
нових споживачів, але не рідше ніж один раз на 6 років.

Таблиця 12. Допустимі відхилення положення опор та їх елементів ПЛ напругою 35 кВ і вище (додаток 2)

Найменування	Граничне значення для опор		
	залізобетонних	металевих	дерев'яних
1. Відхилення від вертикальної осі вздовж і поперек ПЛ (відношення відхилення верхнього кінця стояка опори до її висоти)	1:100 - для порталних опор 1:150 - для одностоякових опор	1:200	1:100
2. Зміщення опори перпендикулярно до осі ПЛ (вихід із створу): а) для одностоякових опор для довжини прольоту, м: до 200 від 200 до 300 понад 300 б) для порталних металевих опор на відтяжках для довжини прольоту, м: до 250 понад 250 в) для порталних залізобетонних опор	100 мм - - 200 мм - 200 мм	100 мм 200 мм 300 мм 200 мм 300 мм -	100 мм 200 мм - - - -
3. Відхилення кінця траверси від горизонталі (нахил траверси) щодо її довжини для опор (довжина траверси L)	1:100 L - для одностоякових опор	-	1:50 L
4. Відхилення осі траверси порталної опори з відтяжками від горизонтальної осі (довжина траверси L): у разі довжини траверси до 15 м	80 мм	1:150 L	-

у разі довжини траверси більше 15 м		1:250 L	-
5. Розворот траверси щодо осі лінії	100 мм (горизонтальне зміщення траверси)	100 мм	5 град.
6. Зміщення кінця траверси від лінії, перпендикулярної до осі траверси	100 мм для одностоякових опор	100 мм	-

Таблиця 13. Допуски на розміщення збірних фундаментів на ПЛ напругою 35 кВ - 150 кВ (додаток 2)

Найменування	Опори, які стоять вільно	Опори на відтяжках
Розходження рівнів дна котлованів, мм	10	10
Відстань між осями підніжок у плані, мм	±20	±50
Різниця вертикальних відміток верху підніжок, мм	20	20
Кут нахилу подовжньої осі стійки підніжок, град	0,5	±1,5
Зміщення центру підніжок у плані, мм	-	50

Таблиця 14. Граничні значення прогинів та розміри дефектів залізобетонних стояків і приставок (додаток 2)

Характер дефекту	Найбільше значення
1. Центрифуговані стояки опор і приставки на ПЛ напругою 35 кВ - 150 кВ	
1.1. Викривлення стояка одностоякової вільностоячої опори	10 см
1.2. Ширина розкриття поперечних тріщин на всій поверхні бетону стояка	0,6 мм
1.3. Те саме на стояках з напруженою арматурою з високоміцного дроту	Не допускається
1.4. Ширина розкриття поздовжніх тріщин у бетоні при їх кількості в одному перерізі більше двох на довжину 3 м	0,3 мм
1.5. Площа наскрізного отвору в бетоні стояка	25 см ²
2. Вібровані стояки і приставки опор на ПЛ напругою 6 кВ - 20 кВ	

2.1. Відхилення вершини стояка від вертикального положення з урахуванням повороту в землі (за відсутності вітру й ожеледі)	15 см * 50 см **
2.2. Вимірювання відстані між стояком і основою підкосу складної опори у порівнянні з передбаченими проектом	15 %
2.3. Ширина розтріскування бетону приставки (стійки) довжиною понад 1 м	0,5 мм
2.4. Ширина розтріскування бетону підкосу довжиною понад 1,5 м	0,5 мм
2.5. Оголення стрижнів поздовжньої арматури приставки, стійки або підкосу	1 м
3. Вібровані стояки і приставки опор на ПЛ напругою 0,38 кВ	
3.1. Відхилення вершини стояка від вертикального положення з урахуванням повороту в землі (за відсутності вітру й ожеледі)	15 см * 50 см **
3.2. Вимірювання відстані між стояком і основою підкосу складної опори у порівнянні з передбаченими проектом	15 %
3.3. Ширина розтріскування бетону приставки (стійки) довжиною понад 1,5 м	0,5 мм
3.4. Ширина розтріскування бетону підкосу довжиною понад 1,5 м	0,5 мм
3.5. Оголення стрижнів поздовжньої арматури приставки, стійки або підкосу	1,5 м

* Під час введення в експлуатацію.

** Під час вимірів у міжремонтний період.

Таблиця 15. Розподіл напруги в ізоляторах гірлянд під час контролю їх вимірювальною штангою (додаток 2)

Значення робочої напруги, кВ		Кількість ізоляторів, шт	Стан ізолятора	Значення напруги, кВ, на ізоляторі номер (рахуючи від траверси або конструкції)								
лінійна	фазна			1	2	3	4	5	6	7	8	9
110	65	8	Нормальний	8	6	5	4,5	6,5	8	10	17	-
			Дефектний	4	3	2	2	3	5	7	10	-
		7	Нормальний	9	6	5	7	8,5	10	18,5	-	-
			Дефектний	4	3	2	3	5	6	10	-	-
		6	Нормальний	10	8	7	9	11	19	-	-	-

			Дефектний	5	4	3	5	6	10	-	-	-
35	20	4	Нормальний	4	3	5	8	-	-	-	-	-
			Дефектний	2	2	3	5	-	-	-	-	-
		3	Нормальний	6	5	9	-	-	-	-	-	-
			Дефектний	3	3	5	-	-	-	-	-	-
		2	Нормальний	10	10	-	-	-	-	-	-	-
			Дефектний	5	6	-	-	-	-	-	-	-

Примітка. Дефектним вважають ізолятор, в якому значення напруги менше від зазначеного. Під час розподілу напруги по ізоляторах гірлянд внаслідок забруднення, зволоження тощо дефектними вважають ізолятори, на яких значення напруги менше ніж 50% величини розподілу напруг, що були уточнені на місці вимірювання.

Таблиця 16. Площа та глибина поверхневих сколів на ребрах ізоляторів, які підлягають відновлювальному ремонту (додаток 2)

Площа зовнішньої поверхні ізолятора, дм ²	36-60	60-175	175-270	270-360	360-450	450-800	800-1400	>1400
Сумарна площа допустимих сколів на ізолятори, мм ²	100	100	150	150	200	200	200	300
Допустима глибина сколу, мм	2	3	3	3	3	3	3	4

Таблиця 17. Випробна напруга опорних одноелементних ізоляторів (додаток 2)

Номінальне значення напруги фарфорового опорного ізолятора, кВ	6	10	20	35
Значення випробної напруги, кВ	32	42	65	95

Таблиця 18. Розподіл напруги у нормальних і дефектних елементах опорних багатоелементних ізоляторів під час контролю їх вимірювальною штангою (додаток 2)

Робоче значення напруги, кВ		Тип ізолятора	Кількість ізоляторів, шт	Стан ізолятора	Значення напруги, кВ, на елементі номер (рахуючи від конструкції)										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
лінійна	фазна														
110	65	ОНШ-35-2000 (ІШД-35)	3	Нормальний	6	4	5	6	6	7	7	8	16	-	
				Дефектний	3	2	3	3	3	3	4	6	10	-	
		ОНШ-35-1000 (ІШТ-35)	4	Нормальний	4	5	5	6	8	10	12	15	-	-	
				Дефектний	2	2	2	3	4	5	7	9	-	-	
		ОНШ-35-1000 (ІШТ-35 або ІШТ-30)	3	Нормальний	7	8	9	11	12	18	-	-	-	-	
				Дефектний	3	4	5	6	8	11	-	-	-	-	
		ОС-1	5	Нормальний	4	5	4	5	6	7	6	9	7	12	
				Дефектний	2	2	2	3	3	4	3	6	5	6	
		ОС-1	4	Нормальний	5	6	4	8	5	12	8	17	-	-	
				Дефектний	2	3	2	4	3	8	6	10	-	-	
		35	20	ОС-1	3	Нормальний	2	3	2	4	3	5			
						Дефектний	2	2	2	2	2	4			
ОС-1	2			Нормальний	4	5	4	7							
				Дефектний	2	2	2	3							
ОНШ-35-1000, (ІШТ-35)	1			Нормальний	0	0									
				Дефектний	5	5									
ОНШ-35-2000	1			Нормальний	5	7	7								
				Дефектний	3	3	4								

Примітки:

1. Дефектним вважають ізолятор, в якому значення напруги менше від зазначеного.
2. Під час вимірювання напруги на опорних ізоляторах штангою необхідно мати на увазі, що ізолятори ОНШ-35-2000 (ІШД-35) складаються з трьох склеєних елементів, а інші - з двох.

Тема 5.8. Перевірки, вимірювання та випробування контактних з'єднань збірних та з'єднувальних шин, проводів і грозозахисних тросів

Контактні з'єднання збірних та з'єднувальних шин, проводів і грозозахисних тросів (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
<p>1. Перевірка болтових контактних з'єднань:</p> <p>а) контроль затягування болтів</p> <p>б) вимірювання перехідних опорів</p>	К	<p>Періодичність контролю - не рідше одного разу на 6 років.</p> <p>Перевірка проводиться згідно з інструкцією з їх монтажу (відповідно до типу застосовуваних затискачів).</p> <p>На ПЛ опір ділянки проводу із з'єднувачем не повинен перевищувати більше ніж у 2 рази опір ділянки проводу без з'єднувача такої ж довжини; для з'єднувачів на підстанції співвідношення вимірюваних опорів повинно бути не більшим ніж 1,2</p>	<p>Проводиться вибірково на 2 % - 3 % з'єднань.</p> <p>Вимірювання опору болтових контактних з'єднань проводиться: на ПЛ напругою 35 кВ і вище з неізольованим проводом; на шинах і струмопроводах з номінальною силою струму 1000 А і вище; на шинах ВРУ 35 кВ і вище.</p> <p>У разі задовільних результатів тепловізійного контролю вимірювання перехідних опорів можна не проводити</p>
<p>2. Контроль зварних контактних з'єднань:</p> <p>а) виконаних із застосуванням</p>	К	<p>У зварному з'єднанні не повинно бути: перепалення зовнішньої повивки</p>	

<p>термітних патронів</p> <p>б) жорстких збірних та з'єднувальних шин</p>	<p>проводу або порушення зварки на згині; усядкових раковин у місці зварювання глибиною більше ніж 1/3 значення діаметра проводу з алюмінію, сплавів або міді, глибиною більше ніж 6 мм для сталевалюмінієвих проводів перерізом 150-600 мм².</p> <p>У зварному з'єднанні не повинно бути тріщин, пропалень кратерів, непроварення зварного шва більше ніж 10% його довжини та глибини, більшої ніж 15% товщини зварюваного металу. Сумарне значення непроварень, підрізів, газових пор і вольфрамових включень у шви зварюваних алюмінієвих шин повинно бути не більше ніж 15% товщини зварюваного металу</p>	
<p>3. Контроль опресованих контактних з'єднань</p>	<p>К</p> <p>Діаметр і довжина опресованої частини затискача повинні відповідати технологічним вказівкам з монтажу. На поверхні затискача не повинно бути тріщин, корозії та механічних пошкоджень</p>	<p>Стальне осердя опресованого з'єднувального затискача не повинно зміщуватися відносно симетричного положення більше ніж на 15% довжини частини проводу, який пресується</p>
<p>4. Контроль контактних з'єднань з овальними з'єднувальними затискачами</p>	<p>К</p> <p>Розміри з'єднувальних затискачів повинні відповідати технологічним вказівкам з їх монтажу. На поверхні затискачів не повинно бути тріщин, механічних пошкоджень,</p>	<p>Кількість витків скрутки затискачів сталевалюмінієвих і мідних проводів, що скручуються, повинна бути не менше ніж чотири і не більше ніж чотири з половиною</p>

		на сталевих з'єднувальних затискачах - корозії	витків, а для затискачів типу СОАС-95-3 у разі з'єднання проводів марки АЖ 70/39 - не менше п'яти і не більше п'яти з половиною витків
--	--	--	--

Примітки: 1. К, М - проводяться у терміни, установлені системою ТОР; К - під час капітального ремонту РУ, але не рідше ніж один раз на 8 років.
2. Контактні з'єднання всіх виконань можна контролювати за допомогою тепловізора.

Тема 5.9. Перевірки, вимірювання та випробування підвісних та опорних ізоляторів

Таблиця 8. Підвісні та опорні ізолятори (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Контроль зовнішнього стану	К, М	Допустимі значення площі та глибини сколів ізоляторів зазначені у таблиці 16 додатка 2 до цих Правил. Відхилення колонки ізолятора від вертикалі не повинно перевищувати 2 мм	Ізолятори, що мають на ребрах поверхні сколи, дозволяється вводити в експлуатацію після відновлювального ремонту за умови неперевищення площі 10 см^2 (у двох фланцях) поверхневого викришування цементної зв'язки
2. Вимірювання значення опору ізоляції підвісних та опорних багатоелементних ізоляторів	К, М	Значення опору кожного підвісного ізолятора або кожного елемента багатоелементного ізолятора повинен бути не менше ніж 300 МОм	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В
3. Випробування підвищеною напругою промислової частоти:	К, М		
опорних одноелементних		Тривалість випробування 1 хв.	

ізоляторів внутрішньої і зовнішньої установок;		Значення випробних напруг наведені в таблиці 17 додатка 2 до цих Правил.	
опорних багатоелементних і підвісних ізоляторів		Знову установлені опорні багатоелементні штирьові та підвісні ізолятори необхідно випробувати підвищеною напругою 50 кВ частоти 50 Гц, яку прикладають до кожного елемента ізолятора	
4. Контроль ізоляторів за допомогою штанги		Під час контролю за допомогою штанги ізолятор бракується, якщо на нього припадає напруга, значення якої менше за вказане в таблицях 15 та 18 додатка 2 до цих Правил	Поелементна сума напруг на гірляндах та опорних ізоляторах не повинна відрізнятися від фазної напруги установки більше ніж на плюс 10 % та менше ніж мінус 10% для ізоляторів, змонтованих на металевих конструкціях, та більше ніж на плюс 20 % та менше ніж мінус 20 % на дерев'яних конструкціях і опорах. Контроль проводиться під робочою напругою за температури навколишнього повітря не менше ніж 5°C за допомогою вимірювальної штанги або штанги з постійним іскровим проміжком
5. Контроль опорно-стрижневих ізоляторів ультразвуковим методом	К, М		Контроль проводиться згідно з діючою методикою та місцевими інструкціями

Примітки:

1. **К, М** - проводяться у терміни, установлені системою ТОР.

2. **К** - для опорних і підвісних фарфорових ізоляторів під час капітального ремонту РУ, але не рідше ніж один раз на 8 років; штирьових ізоляторів 6 кВ - 35 кВ, крім ШТ-35 (ОНШ 35/1000), - один раз на 3 роки, ізоляторів ШТ-35 - щорічно.

Таблиця 15. Розподіл напруги в ізоляторах гірлянд під час контролю їх вимірювальною штангою (додаток 2)

Таблиця 16. Площа та глибина поверхневих сколів на ребрах ізоляторів, які підлягають відновлювальному ремонту (додаток 2)

Таблиця 17. Випробна напруга опорних одноелементних ізоляторів (додаток 2)

Таблиця 18. Розподіл напруги у нормальних і дефектних елементах опорних багатоелементних ізоляторів під час контролю їх вимірювальною штангою (додаток 2)

Тема 5.10. Перевірки, вимірювання та випробування вводів і прохідних ізоляторів

Таблиця 9. Вводи і прохідні ізолятори (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Вимірювання значення опору ізоляції	К, М	Значення опору ізоляції повинно бути не менше ніж 500 МОм	Вимірюється значення опору ізоляції вимірювальною та останньої обкладок вводів з паперово-масляною ізоляцією відносно з'єднувальної втулки. Вимірювання проводяться мегаомметром на напругу 2500 В
2. Вимірювання значення тангенса кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$ і ємності ізоляції	К, М	Допустимі значення $\text{tg}\delta$ основної ізоляції та вимірювального конденсатора не повинні перевищувати значень, наведених у таблиці 20 додатка 2	Вимірювання проводиться у вводи з основною паперово-масляною, паперово-бакелітовою і твердою ізоляцією. Вимірювання значення

		<p>до цих Правил. Граничне збільшення значення ємності основної ізоляції під час експлуатації повинно відрізнятись не більше ніж на 5% від значення, вимірюваного під час введення в експлуатацію</p>	<p>$\text{tg}\delta$ у вводах з маслбар'єрною ізоляцією (крім малогабаритних вводів) не обов'язкове. Вимірювання значення $\text{tg}\delta$ і ємності основної ізоляції проводиться за напруги 10 кВ, останніх шарів ізоляції (СЗ) - 5 кВ (3 кВ для вводів, виготовлених за ГОСТ 10693)</p>
3. Випробування підвищеною напругою частоти 50 Гц	К	<p>Значення випробної напруги для вводів, які випробуються окремо, наведені в таблиці 21 додатка 2 до цих Правил. Вводи, установлені на силових трансформаторах, випробуються разом з обмотками трансформаторів за нормами, прийнятими для силових трансформаторів</p>	<p>Тривалість випробування для вводів, що випробуються разом з обмотками трансформаторів, а також для вводів і прохідних ізоляторів з основною фарфоровою, паперово-масляною та масляною ізоляцією - 1 хв., для вводів та ізоляторів з органічних твердих матеріалів і кабельних мас - 5 хв.</p>
4. Перевірка ущільнення вводів	К	<p>Проводиться в маслонаповнених негерметичних вводах з паперово-масляною ізоляцією на напругу 110 кВ і вище створенням у них надлишкового тиску масла 0,1 МПа (1 кгс/см²). Тривалість випробування 30 хв.</p>	<p>Під час випробування не повинно бути ознак протікання масла та зниження випробувального тиску. Допускається зниження тиску за час випробувань не більше ніж на 5 кПа</p>
5. Випробування масла з маслонаповнених вводів	К, М	<p>Випробування проводяться для негерметичних вводів за показниками, наведеними в пунктах 1-5 таблиці 6 додатка 2</p>	<p>Періодичність хроматографічного контролю масла із вводів проводиться один раз на 3 роки</p>

		до цих Правил. Вимірювання значення tgδ масла проводиться у вводів, які мають підвищене значення tgδ ізоляції	
6. Перевірка манометра	М	Манометр перевіряється в герметичних вводах порівнянням його показів з показами манометра, який атестувався. Допустиме відхилення показів манометра від атестованого повинно становити не більше ніж 10 % верхньої межі вимірювань	Перевірка проводиться в трьох оцифрованих точках шкали: на початку, у середині та в кінці

Примітки:

1. **К, М** - проводяться у терміни, встановлені системою ТОР.
2. Випробування проводяться для:
 - вводів та прохідних ізоляторів з маслобар'єрною ізоляцією - один раз на 6 років;
 - негерметичних вводів з паперово-масляною ізоляцією - через 1 рік після введення в роботу, а в подальшому вводів 110 кВ - 150 кВ - один раз на 3 роки;
 - вводів з твердою ізоляцією - через 1 рік після введення в роботу, потім через 3 роки, а в подальшому - під час капітального ремонту електрообладнання, на якому вони змонтовані, але не рідше ніж один раз на 6 років;
 - герметичних вводів 110 кВ - 150 кВ - через 1 рік експлуатації, а в подальшому - не рідше одного разу на 3 роки.
3. Проба масла відбирається:
 - у негерметичних вводів - не рідше одного разу на 3 роки;
 - у герметичних вводів - у разі підвищення значення tgδ ізоляції вводів або підвищення тиску в ньому більше допустимого.

Таблиця 19. Граничні значення $\text{tg}\delta$ основної ізоляції негерметичних вводів* та прохідних ізоляторів за температури 20°C (додаток 2)

Вид основної ізоляції	Значення $\text{tg}\delta$, %, ізоляції вводів на номінальну напругу, кВ		
	35	110	150
1. Мастиконаповнена	7	5	5
2. Тверда ізоляція	1,5	1,5	1,5
3. Маслобар'єрна	-	5	5
4. Паперово-масляна	-	1,5 / 3**	1,5 / 3**

* Значення $\text{tg}\delta$ ізоляції вимірювального конденсатора маслонаповненого вводу приймають за нормами для основної ізоляції.

** У знаменнику наведено значення $\text{tg}\delta$ останніх шарів ізоляції від втулки, якщо інструкціями підприємства-виробника не передбачені більш жорсткі норми.

Таблиця 20. Граничні значення електричних характеристик внутрішньої ізоляції герметичних вводів на напругу 110 кВ - 150 кВ під час експлуатації за температури 20°C (додаток 2)

Значення кута діелектричних втрат, %	Марка масла	
	T-750	ГК
$\text{tg}\delta_1$ *	1,5	1,5
$\text{tg}\delta_2$	1,5	1,5
$\text{tg}\delta_3$	3,0	2,0
$\text{tg}\delta_m$ за 70 °C **	7,0	3,5
$\text{tg}\delta$ за 90 °C **	10,0	5,0

* Значення $\text{tg}\delta_1$ повинно бути не меншим ніж 0,25 % для вводів з маслом T-750, 0,15 % для вводів з маслом ГК.

** $\text{tg}\delta$ масла визначається за відповідною методикою.

Примітка. Граничні значення $\text{tg}\delta$ ізоляції герметичних вводів під час приймально-здавальних випробувань приймаються згідно з вимогами інструкцій підприємства-виробника.

Таблиця 21. Значення випробної напруги вводів і прохідних ізоляторів (додаток 2)

Найменування	Значення випробної напруги вводів і прохідних ізоляторів з номінальною напругою, кВ						
	3	6	10	15	20	24	35
Вводи та прохідні ізолятори з фарфору	24	32	42	55	65	75	95
Мастико-, маслонаповнені вводи, вводи та прохідні ізолятори з органічних твердих матеріалів	-	-	-	49,5	58,5	67,5	85,5

Таблиця 6. Граничнодопустимі значення показників якості трансформаторного масла (додаток 1)

Тема 5.11. Перевірки, вимірювання та випробування масляних та електромагнітних вимикачів

Таблиця 10. Масляні та електромагнітні вимикачі (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Вимірювання значення опору ізоляції:	К, М		
а) рухомих і направних частин, виконаних з органічних матеріалів		Значення опору ізоляції повинно бути не нижче, ніж наведений в таблиці 22 додатка 2 до цих Правил	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В
б) електромагнітних вимикачів з установленими дугогасними камерами		Значення опору ізоляції має відповідати нормам підприємства-виробника.	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В
в) вторинних кіл електромагнітних керування (ЕМК) або електродвигунів заведення пружини		Не менше ніж 1 МОм	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 1000 В

2. Випробування вводів	К, М	Проводиться згідно з таблицею 9 додатка 1 до цих Правил	
3. Оцінювання стану внутрішньобакової ізоляції бакових масляних вимикачів на напругу 35 кВ	К, М	Стан внутрішньобакової ізоляції оцінюють за значенням $\text{tg}\delta$ вводів на повністю зібраному вимикачеві відповідно до таблиці 19 додатка 2 до цих Правил. Внутрішньобакова ізоляція та ізоляція дугогасних пристроїв підлягають сушінню, якщо за відсутності впливу цієї ізоляції вимірне значення $\text{tg}\delta$ вводів знижується більше ніж на 4% (абсолютна величина). Оцінювання стану внутрішньобакової ізоляції масляних вимикачів на напругу 110 кВ - 150 кВ проводять згідно з вимогами інструкцій підприємств-виробників	Оцінювання проводять у випадку, коли під час вимірювання значення $\text{tg}\delta$ вводів на повністю зібраному вимикачеві одержано значення, які перевищують наведені в таблиці 19 додатка 2 до цих Правил
4. Випробування ізоляції підвищеною напругою частоти 50 Гц: а) опорної ізоляції та ізоляції вимикачів відносно корпусу	К	Значення випробної напруги для вимикачів кожного класу напруги приймають згідно з таблицею 23 додатка 2 до цих Правил. Випробуванню підвищеною напругою має підлягати також ізоляція міжконтактних розривів у маломасляних вимикачів на напругу 6 (10) кВ.	Тривалість випробувань 1 хвилина

б) ізоляції вторинних кіл і обмоток ЕМК		Випробування проводиться згідно з таблицею 27 цього додатка	
5. Вимірювання значення опору постійному струму: а) струмопровідного контуру контактної системи б) шунтувальних резисторів дугогасильних пристроїв в) ЕМК	К, М	Значення опору не повинно перевищувати значень, наведених в паспорті на вимикач. Значення опору повинно відповідати нормам підприємства-виробника. Значення опору повинно відповідати паспорту підприємства-виробника	
6. Перевірка параметрів: хід рухомої частини; хід у контактах (ужим); одночасність вмикання та розмикання контактів	К	Дані вимірювань повинні відповідати нормам підприємства-виробника.	
7. Вимірювання швидкісних та часових параметрів вимикача	К	Дані вимірювань мають відповідати нормам підприємства-виробника	У масляних вимикачах вимірювання проводяться при повністю залитому маслом вимикачі та номінальній напрузі на ЕМК
8. Перевірка мінімальної напруги (тиску) спрацьовування приводу вимикача	К	Перевірку проводять для визначення фактичних значень напруг на затискачах електромагніту увімкнення і вмикання приводів або тиску стиснутого повітря	Найменшу напругу спрацьовування електромагнітів керування вимикачів з пружинними приводами визначають за робочого натягу пружин увімкнення

		<p>пневмоприводів, за яких вимикачі (при відсутності струму в первинному колі) зберігають працездатність, тобто виконують операції увімкнення і вимикання з початку і до кінця</p>	
<p>9. Перевірка дії механізму вільного розчеплення приводу</p>	<p>К</p>	<p>Фактичні значення напруги спрацьовування приводів повинні відповідати даним підприємства-виробника, а за відсутності таких даних - повинні бути на 15 % - 20 % менше, ніж нижня межа робочої напруги на затискачах електромагнітів приводів.</p> <p>Фактичні значення спрацьовування пневмоприводів мають бути на 20%-30 % менше, ніж нижня границя робочого тиску.</p> <p>Механізм вільного розчеплення необхідно перевіряти під час роботи не менше ніж у двох положеннях рухомих контактів під час увімкнення: у момент замикання первинного кола вимикача; за повного увімкнутого положення.</p> <p>Крім того, відповідно до інструкцій підприємства-виробника, дію механізму вільного</p>	<p>Перевірка проводиться при номінальній напрузі на ЕМК</p>

		розчеплення треба перевіряти за піднятого до упору плунжера електромагніту увімкнення	
10. Випробування вимикача в складних циклах	К	Випробуванню в циклі «увімкнення-вимкнення» (У-В) підлягають усі вимикачі. Випробуванню в циклах «вимкнення-увімкнення» (В-У) і «вимкнення-увімкнення-вимкнення» (В-У-В) підлягають вимикачі, які працюють у режимі АПВ	Багаторазові випробування масляних вимикачів проводять за напруги на затискачах електромагнітів: -увімкнення 80 (85%) і 100% номінальної; -вимикання 65% і 100% номінальної. Число операцій і складних циклів для кожного значення напруги має становити: -дві операції увімкнення; -дві операції вимикання; -два цикли кожного виду
11. Перевірка трансформаторного масла	К, М	У масляних вимикачах до заливання і після (для багатооб'ємних) проби масла випробують за пунктами 1 і 2 таблиці 6 додатка 2 до цих Правил (наявність зваженого вугілля визначають візуально)	Масла з малооб'ємних вимикачів на всі класи напруг і бакових - на напругу до 35 кВ після виконання допустимого числа комутацій замінюються свіжими
12. Випробування вбудованих ТС	К, М	Випробування проводяться згідно з таблицею 20 цього додатка	

Примітки:

1. **К, М** - проводяться (масляні вимикачі та їх приводи) у терміни, установлені системою ТОР, але **К** - не рідше ніж один раз на 6 років.
2. **М** - згідно з вимогами місцевих інструкцій.

Таблиця 22. Граничні значення опору ізоляції рухомих і направляючих частин, виконаних з органічних матеріалів (додаток 2)

Вид випробування	Значення опору ізоляції, МОм, на номінальну напругу, кВ	
	3 - 10	15 - 150
Під час експлуатації	300	1000

Таблиця 23. Випробна напруга частоти 50 Гц для вимикачів навантаги, масляних, електромагнітних, вакуумних, елегазових вимикачів та електродних котлів (додаток 2)

Вид ізоляції вимикача	Значення випробної напруги, кВ, для вимикачів на номінальну напругу до 35 кВ					
	3	6	10	15	20	35
Фарфорова ізоляція	24	32	42	55	65	95
Фарфорова ізоляція разом із твердими і рідкими діелектриками або кабельними масами, ізоляція з органічних твердих матеріалів	21,6	28,8	37,8	49,5	58,5	85,5

Таблиця 19. Граничні значення $\text{tg}\delta$ основної ізоляції негерметичних ввводів* та прохідних ізоляторів за температури 20°C (додаток 2)

Тема 5.12. Перевірки, вимірювання та випробування елегазових вимикачів

Таблиця 12. Елегазові вимикачі (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Вимірювання значення опору ізоляції: а) опорних та рухомих частин,	К	Значення опору ізоляції наведені в таблиці 22 додатка 2 до цих Правил.	Вимірювання проводиться

<p>виконаних із органічних матеріалів</p> <p>б) вторинних кіл і обмоток ЕМК</p>		<p>Випробування проводять відповідно до таблиці 27 цього додатка.</p>	<p>мегаомметром на напругу 2500 В</p>
<p>2. Випробування ізоляції підвищеною напругою частоти 50 Гц:</p> <p>а) ізоляції кожного полюса відносно землі і двох інших полюсів</p> <p>б) міжконтактних розривів вимикачів</p> <p>в) вторинних кіл і обмоток ЕМК</p>	<p>К</p>	<p>Тривалість випробування 1 хв.</p> <p>Значення випробної напруги наведені в таблиці 23 додатка 2 до цих Правил.</p> <p>Значення випробної напруги – відповідно до вимог інструкції підприємства-виробника.</p> <p>Випробування проводиться напругою 1 кВ частоти 50 Гц протягом 1 хв.</p>	
<p>3. Вимірювання значення опору постійному струму:</p> <p>а) струмовідного кола полюса</p>	<p>К, П</p>	<p>Значення опору ізоляції не повинно перевищувати значень, наведених в документації підприємства-виробника.</p>	<p>Опір головного кола необхідно вимірювати як в цілому всього струмовідного кола полюса, так і окремо кожного розриву дугогасного пристрою. Під час поточних ремонтів опір струмовідного кола кожного полюса вимикача вимірюється в цілому</p>

б) обмоток ЕМК і додаткових резисторів у їх колі	К	Виміряні значення опорів повинні відповідати нормам підприємства-виробника	
4. Випробування конденсаторів подільників напруги	К	Випробування проводяться згідно з таблицею 3 цього додатка	
5. Перевірка уставок давача густини елегазу (густиноміру)	К	Перевірка уставок давача густини елегазу (густиноміру) на сигнал та блокування проводиться під час заповнення вимикача елегазом або окремо перед установленням на вимикач	
6. Перевірка мінімальної напруги спрацьовування вимикача	К	Значення мінімальної напруги спрацьовування електромагнітів повинно бути не більше: а) при живленні приводу від джерела постійного струму: на електромагнітах вимикання – 0,7 $U_{ном}$; на електромагнітах увімкнення – 0,8 $U_{ном}$; б) при живленні приводу від джерела змінного струму: на електромагнітах вимикання – 0,65 $U_{ном}$; на електромагнітах увімкнення – 0,8 $U_{ном}$	Перевірка проводиться за номінального тиску елегазу у вимикачі та найбільшого робочого тиску повітря в резервуарах приводів. Напруга на електромагніти повинна подаватися поштоvhом
7. Перевірка характеристик вимикача	К	Під час перевірки роботи елегазових вимикачів повинні визначитися характеристики, які вказані в інструкціях підприємства-виробника. Результати перевірок і вимірів повинні відповідати вимогам цих інструкцій. Види операцій і складних циклів, значення тиску в резервуарах приводів або гідросистемах і напруг оперативного струму, за	Значення власних часів вимикання та увімкнення, а також різночасність спрацьовування між контактами та полюсами повинні забезпечуватися за номінального тиску елегазу у вимикачі, номінального тиску стиснутого повітря у резервуарах приводів або тиску масла в

		яких необхідно виконувати перевірку характеристик вимикачів, наведені в таблиці 25 додатка 2 до цих Правил	гідросистемах приводів і номінальної напруги на виводах кіл ЕМК
8. Перевірка характеристик приводів вимикачів	К	У пружинних приводах вимикачів перевіряються час заведення пружин увімкнення, а також значення сили струму двигуна, який заводить пружину приводу, за номінальної напруги живлення. У гідравлічних приводах перевіряються тиски спрацьовування давачів: пуску двигуна гідросистеми, блокування АПВ, блокування увімкнення вимикача і блокування керування вимикачем, а також час зарядження гідросистеми після операцій «увімкнення», «вимикання» та циклів «увімкнення-вимикання», «вимикання-увімкнення-вимикання»	У разі використання в гідросистемах азоту перевіряється тиск зарядження останнього. Напруга на двигун повинна подаватися поштовою. Виміряні значення повинні відповідати вимогам інструкції підприємства-виробника
9. Випробування вимикачів багаторазовим увімкненням і вимиканням	К	Багаторазові випробування - виконання операцій «увімкнення» та «вимикання» і складних циклів («увімкнення-вимикання» без витримки часу обов'язкові для всіх вимикачів; «вимикання-увімкнення-вимикання» - для вимикачів, які призначені для роботи в режимі АПВ) - повинні виконуватися за різних тисків стиснутого повітря в резервуарах приводів або тиску масла в гідросистемах приводів і напруг на виводах ЕМК з метою перевірки вимикачів згідно	

		з таблицею 25 додатка 2 до цих Правил	
10. Перевірка герметичності	К	Перевірка герметичності виконується за допомогою приладу галогенної групи - течешукача. Під час випробування на герметичність щупом течешукача досліджуються зони ущільнення стикових з'єднань і зварювальних швів вимикача	Результати випробувань на герметичність вважаються задовільними, якщо прилад не показує наявності витoku. Випробування виконується за номінального тиску елегазу
11. Перевірка чистоти та вологості елегазу	К	Вміст вологи визначається за вимірами точки роси. Температура точки роси елегазу повинна бути не вищою ніж мінус 50°C, а чистота елегазу повинна бути не менше ніж 98 %	
12. Випробування вбудованих ТС	К	Перевірка проводиться згідно з таблицею 20 цього додатка	

Примітка. **К, П** - проводяться у терміни, установлені системою ТОР, але **К** – згідно з вимогами інструкції підприємства-виробника.

Таблиця 22. Граничні значення опору ізоляції рухомих і направляючих частин, виконаних з органічних матеріалів (додаток 2)

Вид випробування	Значення опору ізоляції, МОм, на номінальну напругу, кВ	
	3 - 10	15 - 150
Під час експлуатації	300	1000

Таблиця 23. Випробна напруга частоти 50 Гц для вимикачів навантаги, масляних, електромагнітних, вакуумних, елегазових вимикачів та електродних котлів (додаток 2)

Вид ізоляції вимикача	Значення випробної напруги, кВ, для вимикачів на номінальну напругу до 35 кВ					
	3	6	10	15	20	35
Фарфорова ізоляція	24	32	42	55	65	95
Фарфорова ізоляція разом із твердими і рідкими діелектриками або кабельними масами, ізоляція з органічних твердих матеріалів	21,6	28,8	37,8	49,5	58,5	85,5

Таблиця 25. Обсяг багаторазових випробувань повітряних вимикачів під час налагодження (додаток 2)

Найменування операції або циклу	Тиск при випробуванні	Значення напруги на затискачах електромагнітів керування	Кількість операцій та циклів у процесі налагодження після ремонтів	
			капітальних і позапланових	поточних
Вимикання, увімкнення	Мінімальне спрацювання	Номінальне*	2	2
	Мінімальне робоче*	Те саме	2	2
	Номінальне*	-//-	2	2
	Максимальне робоче	0,65* (0,7**) номінального	2	2
Цикл «увімкнення- вимикання»	Мінімальне робоче*	Номінальне*	2	2
	Максимальне робоче*	Те саме	2	2
Цикл «вимикання - увімкнення», успішне АПВ	Мінімальне для АПВ	-//-	2	2
	Номінальне	-//-	2	2

Цикл «вимикання - увімкнення-вимикання», неуспішне АПВ	Мінімальне для АПВ*	-//-	2	2
	Максимальне робоче*	-//-	2	2

Таблиця 27. Електроустановки, апарати, вторинні кола, норми випробування яких не наведені в таблицях 1 - 26 цього додатка, та електропроводка на напругу до 1 кВ (додаток 1)

Тема 5.13. Перевірки, вимірювання та випробування вакуумних вимикачів

Таблиця 13. Вакуумні вимикачі (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Вимірювання значення опору ізоляції: а) полюса вимикача б) вторинних кіл та обмоток ЕМК	К	Значення опору ізоляції повинно бути не нижче ніж 3000 МОм. Опір ізоляції повинен бути не менше ніж 1 МОм	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В. Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 1000 В - 2500 В
2. Випробування ізоляції підвищеною напругою частоти 50 Гц: а) ізоляції кожного полюса відносно землі і двох інших полюсів б) міжконтактного розриву	К	Тривалість випробувань 1 хв. Значення випробної напруги наведено в таблиці 23 додатка 2 до цих Правил Значення випробної напруги в експлуатації приймається для вимикачів на напругу 6	

в) вторинних кіл і обмоток ЕМК		кВ - 25,6 кВ; вимикачів на напругу 10 кВ - 33,6 кВ. Випробування проводиться напругою 1 кВ частоти 50 Гц протягом 1хв.	Випробування напругою частоти 50 Гц можна замінити випробуванням мегаомметром на напругу 2500 В
3. Перевірка мінімальної напруги спрацьовування вимикача	К	Напруга спрацьовування не повинна перевищувати (залежно від типу вимикача): електромагніту увімкнення - 0,8; 0,85 $U_{ном}$; електромагніту вимкнення - 0,65; 0,7; 0,85 $U_{ном}$	
4. Перевірка часових характеристик вимикача	К	Власний час увімкнення та вимикання повинен відповідати нормам підприємства-виробника	Часові характеристики слід вимірювати на номінальній напрузі на ЕМК
5. Випробування вимикача багаторазовим увімкненням і вимиканням	К	Випробування виконують за такими операціями і циклами: -«увімкнення»; -«вимикання»; -«увімкнення-вимикання»; -«вимикання-увімкнення-вимикання»	Операції «увімкнення», «вимикання» та «увімкнення-вимикання» без витримки часу виконують на всіх вимикачах. Операцію «вимикання-увімкнення-вимикання» виконують на вимикачах, призначених для роботи в режимі АПВ. Операціями «увімкнення» і «вимикання» випробують 2-3 рази, складними циклами - два рази. Операції вимикачем виконують за номінальної напруги на ЕМК

<p>6. Вимірювання значення опору постійному струму:</p> <p>а) струмопровідного контуру кожного полюса</p> <p>б) ЕМК</p>	<p>К, П</p>	<p>Значення опору не повинно перевищувати норм підприємства-виробника.</p> <p>Значення опору повинно відповідати паспорту підприємства-виробника. За відсутності даних підприємства-виробника одержані значення вимірювання для однотипних вимикачів потрібно порівнювати між собою</p>	
<p>7. Допустиме зношення контактів</p>	<p>К</p>	<p>Зношення контактів під час експлуатації визначають на рухомому контакті камери за шириною пофарбованої смуги</p>	<p>У разі зношення контактів вимикачів ВВЕ-10 на 4 мм - 4,5 мм дугогасні камери повинні бути замінені</p>
<p>8. Вимірювання ходу рухомих частин і одночасності замикання контактів</p>	<p>К</p>	<p>Виміряні значення повинні відповідати значенням підприємства-виробника на параметри та характеристики вакуумних вимикачів</p>	
<p>9. Перевірка механічних характеристик:</p> <p>а) блок-контактів</p> <p>б) дії механізму вільного розчеплення</p>	<p>К</p>	<p>Роботу блок-контактів перевіряють шляхом замикання головних контактів вручну з повним ходом рухомої частини вимикача.</p> <p>Механізм вільного розчеплення перевіряють під час увімкнення вимикача у двох положеннях головних контактів:</p>	<p>У вимикачах ВВМ-10-4/400, де блок-контакти виконані на герконах, після спрацьовування усіх герконів має забезпечуватися вільний хід якоря блок-контактів не менше ніж на 1 мм</p>

		-у момент замикання головних контактів; -в увімкненому положенні	
--	--	---	--

К, П - проводяться у терміни,
установлені системою ТОР,
але **К** - згідно з вимогами інструкції
підприємства-виробника.

Примітка.

Таблиця 23. Випробна напруга частоти 50 Гц для вимикачів навантаги, масляних, електромагнітних, вакуумних, елегазових вимикачів та електродних котлів (додаток 2)

Тема 5.14. Перевірки, вимірювання та випробування вимикачів навантаги

Таблиця 14. Вимикачі навантаги (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Вимірювання значення опору ізоляції: а) тяг із органічних матеріалів б) вторинних кіл і обмоток ЕМК	К	Значення опору ізоляції повинно бути не менше ніж 300 МОм. Значення опору ізоляції повинно бути не менше ніж 1 МОм	Значення опору ізоляції вимірюють мегаомметром на напругу 2500 В. Значення опору ізоляції вимірюють мегаомметром на напругу 1000 - 2500 В
2. Випробування ізоляції підвищеною напругою частоти 50 Гц: а) вимикача навантаги б) вторинних кіл і обмоток ЕМК	К	Тривалість випробування 1 хв. Значення випробних напруг наведені в таблиці 23 додатка 2 до цих Правил. Випробування проводиться відповідно до таблиці 27 цього додатка	

<p>3. Вимірювання значення опору постійному струму:</p> <p>а) контактів вимикача</p> <p>б) обмоток ЕМК</p>	<p>К</p>	<p>Значення опору повинно відповідати даним підприємства-виробника.</p> <p>Значення опору повинно відповідати даним підприємства-виробника</p>	<p>Вимірюється значення опору струмопровідної системи полюса і кожної пари робочих контактів</p>
<p>4. Визначення ступеня зношення гасильних вкладишів</p>	<p>К</p>	<p>Найменша товщина стінки вкладишів має бути в межах від 0,5 мм до 1,0 мм</p>	
<p>5. Визначення ступеня обгоряння контактів</p>	<p>К</p>	<p>Сумарне обгоряння рухомого та нерухомого дугогасних контактів полюса не повинно призвести до зменшення відстані між рухомим і нерухомим головними контактами менше ніж 4 мм у момент змикання дугогасних контактів</p>	
<p>6. Перевірка дії механізму вільного розчеплення</p>	<p>К</p>	<p>Механізм вільного розчеплення необхідно перевіряти під час роботи не менше ніж у двох положеннях рухомих контактів під час увімкнення:</p> <p>у момент замикання первинного кола вимикача; за повного увімкнутого положення.</p> <p>Крім того, відповідно до інструкцій підприємства-виробника дію механізму вільного розчеплення електромагнітних приводів треба перевіряти за</p>	

		піднятого до упору плунжера електромагніту увімкнення	
7. Перевірка спрацьовування приводу за зниженої напруги на виводах електромагнітів	К	Фактичні значення напруги спрацьовування приводів повинні відповідати даним підприємства-виробника, а за відсутності таких даних – повинні бути на 15- 20 % менше, ніж нижня межа робочої напруги на затискачах електромагнітів приводів. Фактичні значення спрацьовування пневмоприводів мають бути на 20-30% менше, ніж нижня границя робочого тиску. Найменшу напругу спрацьовування ЕМК вимикачів з пружинними приводами визначають за робочого натягу пружин увімкнення	Перевірку проводять для визначення фактичних значень напруг на затискачах електромагніту увімкнення і вимикання приводів або тиску стиснутого повітря пневмоприводів, за яких вимикачі (при відсутності струму в первинному колі) зберігають працездатність, тобто виконують операції увімкнення і вимикання з початку і до кінця
8. Випробування вимикачів навантаги багаторазовим увімкненням і вимиканням	К	Кількість операцій, яка підлягає виконанню кожним вимикачем, повинна становити по три «увімкнення» та «вимикання»	Операції виконуються за номінальної напруги на ЕМК
9. Випробування запобіжників	К	Випробування проводяться згідно з таблицею 15 цього додатка	
10. Вимірювання часових характеристик вимикача	К	Вимірювання виконують за вимогою та методикою підприємства-виробника	
<u>Примітка.</u>	К - проводиться у терміни, установлені системою ТОР, але не рідше ніж один раз на 8 років.		

Таблиця 23. Випробна напруга частоти 50 Гц для вимикачів навантаги, масляних, електромагнітних, вакуумних, елегазових вимикачів та електродних котлів (додаток 2)

Таблиця 27. Електроустановки, апарати, вторинні кола, норми випробування яких не наведені в таблицях 1 - 26 цього додатка, та електропроводка на напругу до 1 кВ (додаток 1)

Тема 5.15. Перевірки, вимірювання та випробування запобіжників на напругу понад 1 кВ

Таблиця 15. Запобіжники на напругу понад 1 кВ (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
1. Випробування опорної ізоляції запобіжників підвищеною напругою частоти 50 Гц	К	Значення випробної напруги наведені в таблиці 26 додатка 2 до цих Правил Тривалість випробування 1 хв	Випробування може виконуватися разом з випробуванням ізоляторів ошиновки комірок
2. Перевірка правильності вибору запобіжників	К	Перед установленням запобіжників, які мають патрон з наповнювачем, перевіряють відповідність маркування на кришці патрона параметрам установки, яка захищається. Перед установленням плавкої вставки вихлопних запобіжників перевіряють діаметр дугогасної трубки, який не повинен перевищувати у запобіжниках на напругу 10 кВ і 35 кВ - 27 мм	Номінальне значення сили струму плавкої вставки має відповідати параметрам установки, яка захищається

Примітка. **К** - проводиться під час капітального ремонту РУ, але не рідше ніж один раз на 8 років.

Таблиця 26. Значення випробної напруги для запобіжників (додаток 2)

Найменування	Значення випробної напруги, кВ, для запобіжників, установлених у РУ на номінальну напругу, кВ		
	6	10	35

Фарфорові ізолятори запобіжників	32	42	95
-------------------------------------	----	----	----

Тема 5.16. Перевірки, вимірювання та випробування роз'єднувачів, короткозамикачів та відокремлювачів

Таблиця 16. Роз'єднувачі, короткозамикачі та відокремлювачі (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Значення параметрів	Вказівки
<p>1. Вимірювання значення опору ізоляції:</p> <p>а) повідків і тяг, зроблених з органічних матеріалів</p> <p>б) вимірювання опору ізоляції багатоелементних ізоляторів</p> <p>в) вторинних кіл і обмоток ЕМК</p>	К	<p>Значення опору ізоляції повинно бути не нижче, ніж наведений в таблиці 22 додатка 2 до цих Правил.</p> <p>Значення опору кожного ізолятора повинно бути не менше ніж 300 МОм.</p> <p>Значення опору ізоляції повинно бути не менше ніж 1 МОм</p>	<p>Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В.</p> <p>Значення опору вимірюють мегаомметром на напругу 2500 В за температури навколишнього повітря не нижче 5°C. Під час монтажу ізоляторів вимірювання опору рекомендується безпосередньо перед установленням ізоляторів.</p> <p>Вимірюють мегаомметром на напругу 1000 В</p>
2. Випробування ізоляції підвищеною напругою частоти 50 Гц:	К	Тривалість випробування 1 хв.	

<p>а) ізоляції роз'єднувачів, короткозамикачів та відокремлювачів</p> <p>б) ізоляції вторинних кіл і обмоток ЕМК</p>		<p>Ізоляція, яка складається з одноелементних опорних фарфорових ізоляторів, випробується за нормами, наведеними в таблиці 17 додатка 2 до цих Правил. Опорні багатоелементні штирьові ізолятори, що вперше встановлюються, необхідно випробувати підвищеною напругою 50 кВ частоти 50 Гц, яку прикладають до кожного елемента ізолятора.</p> <p>Випробування проводиться напругою 1 кВ</p>	
<p>3. Контроль багатоелементних ізоляторів за допомогою штанги</p>	<p>М</p>	<p>Контроль виконується відповідно до таблиці 8 цього додатка</p>	
<p>4. Вимірювання значення опору постійному струму:</p>	<p>К</p>		
<p>а) струмовідного контуру контактної системи роз'єднувачів та відокремлювачів</p>		<p>Значення опору повинно відповідати нормам підприємства-виробника, а в разі їх відсутності - не перевищувати значення, наведені в таблиці 27 додатка 2 до цих Правил.</p>	<p>Вимірювання проводиться у роз'єднувачів та відокремлювачів на напругу 35 кВ і вище, а також у роз'єднувачів силою струму 600 А і більше всіх напруг. У шинних роз'єднувачів вимірювання опору та пов'язані з цим зняття напруги з боку шин проводяться тільки у разі, якщо виявлена несправність контактів, наприклад</p>

б) обмоток ЕМК		Значення опору обмоток мають відповідати даним обмоток підприємства-виробника	потемніння, підвищений нагрів тощо
5. Вимірювання витягувальних зусиль рухомих контактів з нерухомих	К	Результати вимірювань за знежирених контактних поверхонь повинні відповідати нормам підприємства-виробника, а в разі їх відсутності даним, наведеним у таблиці 28 додатка 2 до цих Правил	Рекомендується проводити у роз'єднувачів та відокремлювачів, які працюють за сили струму понад 90 % від номінального значення. Вимірювання проводиться за допомогою шаблона
6. Перевірка роботи роз'єднувача, відокремлювача та короткозамикача	К	Перевірку роботи апарата з ручним керуванням виконують шляхом п'яти операцій увімкнення та п'яти операцій вимикання, апаратів з дистанційним керуванням – також шляхом виконання п'яти операцій увімкнення та п'яти операцій вимикання за номінальної напруги на виводах електромагнітів і електродвигунів керування	
7. Вимірювання часових характеристик	К	Допустиме значення часу наведене у таблиці 29 додатка 2 до цих Правил	Час руху рухомих частин визначається у короткозамикачів під час увімкнення та у відокремлювачів під час вимкнення

Примітка.

К - проводиться у терміни, установлені системою ТОР, але для короткозамикачів і відокремлювачів - не рідше ніж один раз на 3 роки, для роз'єднувачів - не рідше ніж один раз на 8 років,
М - згідно з вимогами місцевих інструкцій.

Таблиця 29. Найбільший допустимий час вимикання відокремлювачів і увімкнення короткозамикачів (додаток 2)

Тип відокремлювача	Час вимикання, не більший ніж, с	Тип короткозамикача	Час увімкнення, не більший ніж, с
ОД-35	0,5	КЗ-35	0,4
ОД-110	07-0,9	КЗ-110	0,4
ОД-110М	0,5	КЗ-110М	0,35
ОД-150	1,0	КЗ-150	0,5
ОД-150М	0,7	КЗ-150М	0,4
КРН-35	0,35		

Тема 5.17. Перевірки, вимірювання та випробування вентильних розрядників та обмежувачів перенапруг

Таблиця 17. Вентильні розрядники та обмежувачі перенапруг (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Вимірювання значення опору розрядників і елементів розрядників	М	Значення опору розрядників типу РВН, РВП повинні бути не меншим ніж 1000 МОм, типу РВО не меншим ніж 5000 МОм, а елементів розрядників типу РВС від декількох сотень до декількох тисяч мегаом. Значення опору розрядників інших типів наведені в таблиці 30 додатка 2 до цих Правил. Опори однотипних елементів багатоелементних розрядників РВС, укомплектованих в одну фазу за значенням опору, повинні відрізнятися між собою не більше ніж на 30%.	Вимірювання проводиться у розрядників на номінальну напругу 3 кВ і вище мегаомметром на напругу 2500 В, у розрядників на номінальну напругу менше ніж 3 кВ мегаомметром на напругу 1000 В. Вимірювання проводиться для електрообладнання внутрішньої установки один раз на 6 років, зовнішньої не рідше ніж один раз на 3 роки. У разі перевищення відхилення опору

		Виміряні в процесі експлуатації значення опору елементів розрядників РВМА, РВМГ-110М не повинні змінюватися більше ніж на 60 % від початкового, елементів розрядників РВРД не більше значень, установлених підприємством-виробником, решти типів розрядників (елементів розрядників) - не більше ніж на 30 %	ізоляції нормованих величин необхідно вимірювати силу струму провідності і за цим значенням зробити висновки про стан елемента розрядника
2. Вимірювання значення опору ізоляції ізолювальних основ розрядників і обмежувачів перенапруг (ОПН), на яких установлені реєстратори спрацьовування	М	Значення опору ізоляції ізолюючих основ розрядників з реєстраторами спрацьовування, виміряне мегаомметром на напругу 2500 В, повинно бути не менше ніж 1 МОм. Значення опору ізоляції між ізолюваним виводом і нижнім фланцем ОПН повинно бути не менше ніж 1 МОм в експлуатації	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В
3. Перевірка елементів, що входять в комплект пристрою для вимірювання сили струму провідності ОПН під робочою напругою	М	Виконується за методикою та нормами підприємства-виробника	Один раз на 6 років
4. Вимірювання значення сили струму провідності (струму витоку) вентильних розрядників	М	Допустимі значення сили струмів провідності наведені в таблиці 31 додатка 2 до цих Правил. Значення сили струму провідності елементів розрядників типу РВС, укомплектованих у	Вимірювання проводиться за випрямленої напруги за методикою підприємства-виробника один раз на 6 років, а також у разі, якщо під час

		розрядник за силою струмів провідності, має знаходитися у межах значень, наведених у таблиці 32 додатка 2 до цих Правил	вимірювання мегаомметром виявлено зміну опору розрядника на 30 % і більше порівняно з вихідними даними, під робочою напругою один раз на рік
5. Вимірювання значення сили струму провідності ОПН	М	Значення сили струму провідності ОПН повинні відповідати даним підприємства-виробника. Допустимі значення сили струмів провідності ОПН наведено у таблиці 33 додатка 2 до цих Правил	У процесі експлуатації для ОПН 110 кВ - 150 кВ вимірювання рекомендується проводити під робочою напругою один раз на рік перед початком грозового сезону. Для ОПН до 35 кВ - в обсязі і з періодичністю, зазначеною підприємством-виробником у документації з експлуатації, але не менше одного разу на 4 роки. Результати вимірювань порівнюються з початковими даними попередніх вимірювань, а також зі значеннями сили струму провідності, одержаними на сусідніх фазах. Силу струму вимірюють за температури навколишнього повітря вище 5 °С у суху погоду за методикою підприємства-виробника
6. Вимірювання значення пробивної напруги	М	Значення пробивної напруги наведені в таблиці 34 додатка 2 до цих Правил	Вимірюють в розрядниках типу РВП, РВО на напругу 3 кВ - 10 кВ за методикою

вентильних розрядників			підприємства-виробника
7. Перевірка герметичності розрядників	К	Перевірка проводиться за розрідження 40 кПа - 50 кПа (300 мм рт. ст. - 400 мм рт. ст.). Зміна тиску при перекритому вентилі за 1 год не повинна перевищувати 0,07 кПа (0,5 мм рт. ст.)	Перевірка проводиться тільки після капітального ремонту з розкриттям розрядника
8. Тепловізійний контроль вентильних розрядників та ОПН	М		Проводиться з періодичністю в електроустановках до 35 кВ один раз на 3 роки, 110 кВ - 150 кВ - один раз на 2 роки. Контроль стану виконують в суху погоду з використанням тепловізорів і довгохвильових пірометрів з розрізнявальною здатністю в 0,1°C. Під час міжремонтних випробувань, у разі задовільних результатів тепловізійного контролю, перевірку стану вентильних розрядників і ОПН дозволено не проводити, а саме: вимірювання опору розрядників і елементів розрядників, вимірювання сили струму провідності розрядників за випрямленої напруги, вимірювання сили струму провідності ОПН

9. Випробування ізольованого виводу ОПН	М	Електричну міцність ізольованого виводу на вимкнутій від напруги мережі ОПН перевіряють плавним підвищенням випробної напруги змінного струму частоти 50 Гц до значення 10 кВ без витримки часу	
---	----------	---	--

Таблиця 30. Значення опору вентильних розрядників (елементів розрядників) (додаток 2)

Тип розрядника або елемента розрядника	Значення опору, МОм	
	не менше	не менше
РВМ - 3	15	15
РВМ - 6	100	100
РВМ - 10	170	170
РВМ - 15	600	600
РВМ - 20	1000	1000
Елементи розрядника РВМ - 35	600	600
РВРД - 3	95	95
РВРД - 6	210	210
РВРД -10	770	770
Елементи розрядника РВМА - 66*	250 400	250 400
РВМГ - 110М	400	400
РВМГ - 150М	400	400

Примітка. * Розрядник складається з двох елементів.

Таблиця 31. Допустимі значення сили струму провідності вентильних розрядників та їх елементів (додаток 2)

Тип розрядника або елемента розрядника	Значення випрямленої напруги, кВ	Значення сили струму провідності, мкА, за температури 20°C	
		не менше	не більше
РВС-15*	16	200	340

РВС-20*	20	200	340
РВС-35*	32	200	340
РВС-15**	16	400/450	620
РВС-20**	20	400/450	620
РВС-33***	32	400/450	620
РВС-35	32	400/450	620
РВН-1У1	1		6
РВМ-3	4	380	450
РВМ-6	6	120	220
РВМ-10	10	200	280
РВМ-15	18	500	700
РВМ-20	24	500	700
РВ-25	28	400	650
РВЕ-25М	28	400	650
РВМЕ-25	32	400	650
РВРД-3	3	30	85
РВРД-6	6	30	85
РВРД-10	10	30	85
Елемент розрядника РВМА-66	30	1000	1350
РВМГ-110М, РВМГ-150М			
Елемент розрядника РВМГ-110, РВМГ-150	30	900	1300

* Для мереж з ізольованою нейтраллю і компенсацією ємнісних струмів та випуску розрядника після 1975 р.

** Укомплектований елемент розрядників у мережах 60 кВ - 150 кВ випуску до 1980 р.

*** Укомплектований елемент розрядників РВС-110 випуску до 1980 р.

Примітки: 1. 400/450 - відповідно до року виготовлення і вимог інструкцій підприємства-виробника на РВС-15, РВС-20, РВС-33; РВС-35.

2. Для приведення струмів провідності розрядників до температури 20°C необхідно внести виправлення, яке дорівнює 0,3 % на кожен градус відхилення. За температури до 20°C виправлення позитивне, понад 20°C виправлення негативне.

Таблиця 32. Допустимі значення сили струму провідності комплектуючих елементів багатоелементних розрядників типу РВС (додаток 2)

Група	Тип	Номинальне значення напруги, кВ	Значення випрямленої напруги, кВ	Значення сили струму провідності, мкА	
				не менше	не більше
1	PBC-15	18	16	450	485
	PBC-20	24	20		
	PBC-29	29	28		
	PBC-33	33	32		
2	PBC-15	18	16	485	520
	PBC-20	24	20		
	PBC-29	29	28		
	PBC-33	33	32		
3	PBC-15	18	16	520	555
	PBC-20	24	20		
	PBC-29	29	28		
	PBC-33	33	32		
4	PBC-15	18	16	555	590
	PBC-20	24	20		
	PBC-29	29	28		
	PBC-33	33	32		
5	PBC-15	18	16	590	620
	PBC-20	24	20		
	PBC-29	29	28		
	PBC-33	33	32		

Таблиця 33. Допустимі значення сили струму провідності та найменші допустимі значення виміряного мегаомметром опору обмежувача перенапруг (ОПН) (додаток 2)

Тип ОПН	Найбільше значення робочої напруги (середньоквадратичне), кВ	Діапазон допустимих значень сили струму провідності, виміряних за $U_{нр}$ під час випуску з підприємства - виробника, мА	Значення випробної напруги промислової частоти, кВ	Діапазон допустимих значень сили струму провідності, виміряних за прикладеної напруги частоти 50 Гц під час введення в експлуатацію, мА	Середньоквадратичне значення сили струму провідності, мА, виміряне в експлуатації, у разі досягнення якого необхідно		Найменше допустиме значення опору ОПН, виміряне мегаомметром на 2500 В, МОм
					ОПН зняти з експлуатації	вирішувати питання щодо заміни ОПН	
ОПН - СН - 6	4,0	Не більше 0,5	4,0	0,5 і менше	Більше 0,5	-	2000
ОПН - КС - 6	4,2	Не більше 0,5	4,2	0,5 і менше	Більше 0,5	-	2000
ОПН - КС - 10	7,0	Не більше 0,5	7,0	0,5 і менше	Більше 0,5	-	5000
ОПН - П1 - Е	7,2	-	7,2	$\pm 20\%$ від паспортного значення	$\pm 20\%$ від паспортного значення	-	-
ОПН - П1 - 10	12,0	-	12,0	Те саме	Те саме	-	-
ОПН - П1 - 15	18,0	-	18,0	- // -	- // -	-	-
ОПН - П1 - 20	24,0	-	24,0	- // -	- // -	-	-
ОПН - П1 - 35	40,5	-	40,5	- // -	- // -	-	-
ОПН - 35	40,5	0,5-0,8	40,5	0,5-0,8	1,2	1,0	3000
ОПН - 110, ОПН - 110 ПН	73,0	0,4-0,65	73,0	0,4-0,65	1,2	1,0	3000
ОПН - 150, ОПН - 150 ПН	100,0	0,5-0,8	100,0	0,5-0,8	1,5	1,2	3000

Таблиця 34. Пробивні напруги розрядників за частоти 50 Гц (додаток 2)

Тип розрядника	Середньоквадратичне значення пробивної напруги за частоти 50 Гц, кВ	
	не менше	не більше
РВН-1 V1	2,1	2,8
РВП-3, РВО-3	9	11
РВП-6, РВО-6	16	19
РВП-10, РВО-10	26	30,5

Тема 5.18. Перевірки, вимірювання та випробування трубчастих розрядників

Таблиця 18. Трубчасті розрядники (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Перевірка стану поверхні розрядника	М	Зовнішня поверхня не повинна мати опіків електричною дугою, тріщин, розшарувань і подряпин глибиною більшою ніж 0,3 мм - 0,5 мм на довжині більше третини відстані між наконечниками	
2. Вимірювання внутрішнього діаметра розрядника	М	Діаметр дугогасного каналу повинен відповідати даним, наведеним у таблиці 35 додатка 2 до цих Правил. У разі збільшення внутрішнього діаметра каналу більше ніж на 40% порівняно з початковим розрядник бракують	Вимірювання проводиться по довжині внутрішнього іскрового проміжку один раз на 3 роки зі зняттям з опори
3. Вимірювання внутрішнього іскрового проміжку	М	В експлуатації внутрішній стрижневий електрод розрядника потрібно замінити новим, якщо внутрішній іскровий проміжок збільшився більше ніж на:	

		3 мм для РТФ на напругу 3 кВ - 10 кВ; 5 мм для РТФ на напругу 35 кВ - 110 кВ; 8 мм для РТВ на напругу 6 (10) кВ; 10 мм для РТВ на напругу 20 кВ - 35 кВ; 2 мм для РТВС на напругу 110 кВ	
4. Вимірювання зовнішнього іскрового проміжку	М	Зовнішній іскровий проміжок повинен відповідати даним, наведеним у таблиці 35 додатка 2 до цих Правил	Зовнішній електрод розрядника, який кріпиться до обойми, повинен мати довжину не меншу ніж 250 мм
5. Перевірка розташування зон вихлопу	М	Зони вихлопу розрядників різних фаз не повинні перетинатися і охоплювати елементи конструкцій та проводів ПЛ	У разі заземлення вихлопних обойм розрядників допускається перетинання їх зон вихлопу
6. Перевірка опору металевих зв'язків розрядника	М	Опір металевих зв'язків розрядника з контуром заземлення не нормується і звичайно становить від 0,05 Ом до 0,1 Ом	

Примітка.

М - проводиться відповідно до системи ТОР, але не рідше ніж один раз на 3 роки зі зняттям з опори.

Таблиця 35. Геометричні параметри трубчастих розрядників (додаток 2)

Виконання	Довжина зовнішнього іскрового проміжку, мм	Довжина внутрішнього іскрового проміжку, мм	Початковий діаметр дугогасного каналу, не більше ніж, мм	Кінцевий діаметр дугогасного каналу, не більше ніж, мм
РТФ-3-03-5УХЛ1	10	75	8	11,0
РТФ-6-0,5-10УХЛ1	20	150	10	14,0

РТФ-10-0,2-1УХЛ1	25	225	10	14,0
РТФ-10-0,5-5УХЛ1	25	150	10	14,0
РТФ-35-0,5-2,5УХЛ1	130	250	10	14,0
РТФ-35-1-5УХЛ1	130	200	10	15,7
РТФ-35-2-10УХЛ1	130	220	16	22,0
РТФ-110-0,5-2,5УХЛ	450	450	12	18,0
РТФ-110-1-5УХЛ1	450	450	20	28,0
РТВ-10-0,5-2,5У1*	15(10)	60	6	9,0
РТВ-10-2-10У1*	15(10)	60	10	14,0
РТВ-20-2-10У1	40	100	10	14,0
РТВ-35-2-10У1	100	140	10	16,0
РТВС-110-0,5-5УХЛ1	400	343	22	31,0

Примітка.* У дужках зазначено величину зовнішнього іскрового проміжку розрядників у разі використання їх у мережах 6 кВ.

Тема 5.19. Перевірки, вимірювання та випробування вимірювальних трансформаторів

Таблиця 20. Вимірювальні трансформатори (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Вимірювання значення опору ізоляції: а) основної ізоляції обмоток	К, П	Значення опору ізоляції повинно бути не менше ніж 50 МОм для трансформаторів напруги (ТН) серії НКФ. Для решти вимірювальних трансформаторів (в тому числі і для ТС) не нормується.	Вимірювання проводиться у трансформаторів на напругу понад 1 кВ мегаомметром на напругу 2500 В.

б) вторинних обмоток		Значення опору ізоляції не нормується, але повинно бути не менше ніж 1 МОм разом з приєднаними до вторинних обмоток колами. Якщо опір ізоляції менший ніж 1 МОм, провести виміри без приєднання вторинних кіл	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 1000 В, 2500 В. Оцінюючи стан вторинних обмоток, слід орієнтуватися на такі середні значення опору ізоляції справної обмотки: у вбудованих ТС - 10 МОм, у виносних - 50 МОм. Обов'язково один раз на 6 років вимірювати ізоляцію вторинних обмоток без приєднання вторинних кіл, значення опору ізоляції при цьому повинно бути не меншим ніж 50 МОм
2. Вимірювання значення тангенса кута діелектричних втрат $\operatorname{tg}\delta$ і ємності основної ізоляції обмоток ТС	К, М	Граничні значення $\operatorname{tg}\delta$ наведені в таблиці 36 додатка 2 до цих Правил , якщо підприємством-виробником не встановлені інші норми	Вимірювання проводиться у ТС на напругу 35 кВ і вище. Для оцінки стану ізоляції слід звертати увагу на характер зміни виміряних значень $\operatorname{tg}\delta$ і ємності в порівнянні з результатами попередніх вимірювань
3. Випробування підвищеною напругою частоти 50 Гц: а) основної ізоляції обмоток	К	Значення випробної напруги наведені в	ТН з ослабленою ізоляцією одного з

<p>б) ізоляції вторинних обмоток</p>	<p>К</p>	<p>таблиці 37 додатка 2 до цих Правил. Тривалість прикладення випробної напруги для ТН становить 1 хв. Тривалість прикладення випробної напруги для ТС: 1 хв. - для керамічної або паперово-масляної основної ізоляції; 5 хв. - для основної ізоляції з органічно-твердих матеріалів або кабельних мас.</p> <p>Під час експлуатації значення випробної напруги для ізоляції вторинних обмоток разом з приєднаними до них колами дорівнює 1 кВ. Тривалість прикладення випробної напруги 1 хв.</p>	<p>виводів випробуванню не підлягають. Допускається випробувати вимірювальні трансформатори разом з ошиновуванням. У цьому разі значення випробної напруги приймається за нормами для електрообладнання з найнижчим рівнем випробної напруги. Випробування підвищеною напругою ТС, з'єднаних із силовими кабелями напругою 6 (10) кВ, проводиться без розшиновування разом з кабелями за нормами, прийнятими для силових кабелів. Випробування підвищеною напругою вимірювальних трансформаторів без розшиновування електрообладнання проводиться для кожної фази окремо при заземлених двох інших фазах</p>
--------------------------------------	-----------------	---	---

4. Перевірка контрольних точок характеристики намагнічування ТС	К	Перевіряються три точки характеристики намагнічування до початку насичення, але не вище ніж 1,8 кВ. Відхилення від значень, вказаних підприємством-виробником, або вихідних значень не повинно перевищувати 10 %	За наявності в обмотках відгалужень контрольні точки перевіряються на робочому відгалуженні
5. Випробування трансформаторного масла	К, П	Випробування проводиться згідно з таблицею 6 додатка 2 до цих Правил (за винятком пункту 6 цієї таблиці), а в ТС, які мають підвищене значення tgδ ізоляції, крім того, за пунктом 6 цієї таблиці	Під час експлуатації відбирання проб масла виконують з періодичністю не менше ніж один раз на 3 роки не рідше ніж за СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009. У вимірювальних трансформаторах з об'ємом масла до 30 кг (якщо стан ізоляції задовільний) проби масла не відбирають. У герметичних вимірювальних трансформаторах з об'ємом масла понад 30 кг з дозволу підприємства-виробника. У разі погіршення характеристик ізоляції масло замінюють
6. Визначення похибки вимірювальних трансформаторів	*	Похибки не повинні бути вище вказаних у стандартах або технічних умовах	Перед визначенням похибки ТС повинні бути розмагнічені
7. Вимірювання значення опору обмоток постійному струму	К	Відхилення значення вимірюваного опору обмотки від зазначеного в паспорті має бути не більшим, ніж	Вимірювання проводять у маслonaповнених ТН з періодичністю

		2%, якщо інше не вказано в інструкціях підприємства-виробника	не рідше ніж один раз на 6 років
8. Вимірювання значення сили струму НХ трансформаторів напруги типу НКФ	К, М	Вимірювання значення сили струму НХ трансформаторів напруги типу НКФ проводиться за напруги, вказаної в документації підприємства-виробника. Виміряні значення сили струму НХ не повинні відрізнятись більше ніж на 20 % від значень, отриманих під час приймально-здавальних випробувань	
9. Елегазові вимірювальні трансформатори	К, М	Випробування елегазових вимірювальних трансформаторів проводиться відповідно до вимог інструкцій підприємств-виробників	

* Міжповірочний інтервал трансформаторів визначається Держспоживстандартом.

Примітки: **К, М** - проводяться у терміни, встановлені системою ТОР.

Періодичність випробувань для:

- ТС на напругу 110 кВ - 150 кВ (у тому числі елегазових ТС і ТН) в перші 2 роки - один раз на рік, у подальшому - один раз на 3 роки;
- ТС на напругу 35 кВ і нижче - один раз на 6 років;
- ТН маслonaповнених - один раз на 3 роки;
- ТН з литою і сухою ізоляцією на напругу до 35 кВ включно - один раз на 6 років.

Проба масла проводиться у:

- негерметичних ТС - не рідше одного разу на 3 роки, а також у разі підвищення значення tgδ ізоляції;
- герметичних ТС - у разі погіршення характеристик ізоляції і за узгодженням з підприємством-виробником ТС;
- ТН на напругу 35 кВ та вище - один раз на 3 роки.

Таблиця 36. Граничні значення tgδ основної ізоляції обмоток трансформаторів струму в експлуатації (за t = 20°C та напруги 10 кВ) (додаток 2)

Виконання ТС	Граничні значення tgδ, %, ізоляції трансформаторів струму на напругу, кВ		
	35	60 - 110	150
ТС з паперово-масляною ізоляцією і обмоткою кільцевого виконання	4,5	3,5	2,5
Елегазові ТС (типу ТОГ)	-	0,5	1,5

Таблиця 37. Випробна напруга частоти 50 Гц для вимірювальних трансформаторів (додаток 2)

Тип ізоляції	Значення випробної напруги, кВ, для вимірювальних трансформаторів з номінальною напругою, кВ								
	0,4-0,6	3	6	10	15	20	24	27	35
Керамічна	-	24	32	42	55	65	75	80	95
Інші	-	21,6	28,8	37,8	49,5	58,5	67,5	72	85,5

Тема 5.20. Перевірки, вимірювання та випробування комплектні розподільні установки внутрішнього (КРУ) та зовнішнього (КРУЗ) розташування*

Таблиця 21. Комплектні розподільні установки* внутрішнього (КРУ) та зовнішнього (КРУЗ) розташування (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Вимірювання значення опору ізоляції: а) первинних кіл елементів комірок	К, М	Значення опору ізоляції елементів комірок повинно бути не менше ніж 300 МОм.	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В за температури навколишнього

б) вторинних кіл		Значення опору ізоляції повинно бути не менше ніж 1 МОм	повітря не нижче ніж 5°C. Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 1000 В
2. Випробування підвищеною напругою частоти 50 Гц: а) ізоляції первинних кіл комірок б) ізоляції вторинних кіл	К	Значення випробної напруги наведене в таблиці 38 додатка 2 до цих Правил. Тривалість випробування фарфорової ізоляції 1 хв., ізоляції з органічних матеріалів 5 хв. Випробування проводиться відповідно до вимог таблиці 27 цього додатка. Тривалість випробування 1 хв.	Випробування напругою частоти 50 Гц можна замінити випробуванням мегаомметром на напругу 2500 В
3. Механічні випробування	К	Випробування виконуються відповідно до інструкції з експлуатації КРУ і КРУЗ підприємств-виробників. До механічних випробувань відносять: п'ять операцій вкочування та викочування висувних елементів з перевіркою стану і точності зчленування втичних контактів, а також роботи шторок,	

		блокування, фіксаторів, механічних частин дугового захисту; вимірювання зусилля контактного натиску втичних контактів первинного кола. Тиск кожної ламелі на нерухомий контакт або металеву пластину рівної товщини має бути в межах 0,12 кН - 0,15 кН (12 кгс - 15 кгс); перевірка роботи і стану контактів заземлювального роз'єднувача	
4. Вимірювання значення опору контактів постійному струму	К	Значення опору роз'ємних і болтових контактів не повинно перевищувати значень, наведених в таблиці 39 додатка 2 до цих Правил	
5. Контроль болтових контактних з'єднань	К	Перевірка проводиться відповідно до інструкції з їх монтажу	Болтові з'єднання підлягають вибірковій перевірці на затягування болтів (на 2-3 % з'єднань)
6. Контроль зварних контактних з'єднань	К	Проводиться згідно з таблицею 7 цього додатка	

* Обсяг і норми випробувань елементів КРУ і КРУЗ (масляні вимикачі, вимірювальні трансформатори, вимикачі навантаги, вентильні розрядники, ОПН, запобіжники, роз'єднувачі, кабелі тощо) наведені у відповідних таблицях цього додатка.

Примітка. Крім того, у КРУ і КРУЗ напругою понад 1 кВ необхідно провести перевірку елементів, указаних у цій таблиці.

К, М - проводяться у терміни, установлені системою ТОР, але **К** - не рідше ніж один раз на 8 років.

Таблиця 38. Випробна напруга частоти 50 Гц для комірок КРУ, КРУЗ (додаток 2)

Номінальна напруга, КРУ, КРУЗ, кВ	Значення випробної напруги, кВ, для виготовлення комірок	
	з фарфоровою ізоляцією	з ізоляцією елементів з твердих органічних матеріалів
6	32	28,8
10	42	37,8
15	55	49,5
20	65	58,5

Таблиця 39. Допустимі значення опору постійному струму контактів КРУ і КРУЗ (додаток 2)

Найменування контактів	Номінальне значення сили струму, А	Максимально допустиме значення опору
1. Контакти збірних шин, вибірково	-	Значення опору відрізка шин у місці контактного з'єднання не має перевищувати більше ніж у 1,2 раза значення опору відрізка шин тієї самої довжини без контакту
2. Втичні контакти первинного кола*, вибірково	Допустимі значення опору контактів наведено в інструкціях підприємства-виробника. У випадках, коли значення опору контактів не наведено в інструкціях підприємства-виробника, для контактів з нижченаведеним номінальним значенням сили струму, значення опору має бути не більше ніж, мкОм:	
	400	75
	600	60
	900	50
	1200	40
2000	33	
3. Роз'ємні контакти вторинного силового кола (лише контакти ковзного типу), вибірково	-	Не більше ніж 4000 мкОм

* Вимірювання виконують, якщо дозволяє конструкція КРУ (КРУЗ).

Тема 5.21. Перевірки, вимірювання та випробування електродвигунів змінного струму

Таблиця 22. Електродвигуни змінного струму (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Умови увімкнення електродвигунів без сушіння:	К		Умови увімкнення електродвигунів без сушіння визначаються за опором ізоляції обмотки статора. Проводиться для електродвигунів, які пройшли капітальний ремонт з заміною обмоток.
а) електродвигунів потужністю більше ніж 5 МВт, на напругу понад 1 кВ		Опір ізоляції не менше значень, наведених у додатку Б СОУ-Н ЕЕ 20.302 за температури ізоляції, не нижчої ніж 10°C. Коефіцієнт абсорбції не менше ніж 1,3.	Опір ізоляції вимірюється мегаомметром на напругу 2500 В.
б) електродвигунів потужністю до 5 МВт, на напругу понад 1 кВ		Опір ізоляції не менше значень, наведених у таблиці 40 додатка 2 до цих Правил за температури ізоляції, не нижчої ніж 10°C. Коефіцієнт абсорбції – не менше ніж 1,2.	Опір ізоляції вимірюється мегаомметром на напругу 2500 В.
в) електродвигуни з терморективною ізоляцією		R_{60} (МОм) не менше ніж $10U_{ном}$ (кВ) за температури ізоляції від 10°C до 30°C. Коефіцієнт абсорбції не нормується.	
г) електродвигуни будь-якої		Абсолютне значення опору ізоляції не менше ніж	Вимірюється мегаомметром на

		плюс 10 %, але не менше ніж на мінус 10 %	вище, опір вимірюють на усіх відгалуженнях, у решти електродвигунів вимірюють загальний опір реостатів і резисторів та перевіряють цілісність відпайок
5. Вимірювання значень зазорів між сталлю ротора та статора	К	В електродвигунів потужністю 100 кВт і більше, у всіх електродвигунів відповідальних механізмів, а також в електродвигунів з виносними підшипниками і підшипниками ковзання значення повітряних зазорів у місцях, розміщених по обводу ротора та зсунутих один відносно одного під кутом 90°, або у точках, спеціально передбачених під час виготовлення електродвигуна, не повинні відрізнятися більше ніж на 10 % від середнього арифметичного значення зазору	Проводяться вимірювання, якщо дозволяє конструкція електродвигуна
6. Перевірка роботи електродвигуна на НХ або з ненавантаженим механізмом	К	Значення сили струму НХ не повинна відрізнятися більше ніж на 10 % від значення сили струму, виміряної перед ремонтом. Тривалість безперервної роботи електродвигуна на НХ - 1 год.	Проводиться в електродвигунів на напругу 3 кВ і вище та потужністю 100 кВт і більше
7. Вимірювання значення вібрації	К, П	Допустиме значення вібрацій на кожному підшипнику	Проводиться в електродвигунів на напругу 3 кВ і

підшипників електродвигуна		електродвигуна не повинно перевищувати значень, наведених в таблиці 43 додатка 2 до цих Правил (якщо інструкціями підприємства-виробника не передбачені більш жорсткі норми)	вище та електродвигунів відповідальних механізмів
8. Вимірювання значення розбігу ротора в осьовому напрямку	К	Значення осьового розбігу ротора не повинне перевищувати значення від 2 мм до 4 мм	Проводиться в електродвигунів, які мають підшипники ковзання, відповідальних механізмах або в разі виймання ротора
9. Перевірка роботи електродвигуна під навантагою	К	Перевірка проводиться під навантагою, яка забезпечена технологічним обладнанням до моменту здавання в експлуатацію, але не менше ніж 50 % від номінальної. Тривалість безперервної роботи - до температури, яка встановилася	
10. Гідравлічне випробування повітроохолоджувача	К	Випробування проводиться надмірним тиском 0,2 МПа - 0,25 МПа (2 кгс/см ² - 2,5 кгс/см ²) протягом 5 хв. - 10 хв., якщо відсутні інші вказівки підприємства-виробника	
11. Перевірка цілісності стержнів короткозамкнених роторів	К	Усі стержні короткозамкнених роторів повинні бути цілими	Проводиться в асинхронних електродвигунах потужністю 100 кВт і більше
12. Випробування колекторних збудників	К	Проводиться у синхронних електродвигунах згідно з вимогами підприємств-виробників або відповідно до розділу Д СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007	

Примітка.

К - проводиться у терміни, установлені системою ТОР, а для двигунів відповідальних механізмів і тих, що експлуатуються в особливо небезпечних приміщеннях і приміщеннях з підвищеною небезпекою (щодо безпеки ураження людей електричним струмом згідно з класифікацією, наведеною в ПУЕ), - не рідше ніж один раз на 2 роки.

П - проводиться у терміни, встановлені системою ТОР. Випробування проводяться під час поточних і капітальних ремонтів.

Таблиця 40. Найменші значення опору ізоляції обмоток електродвигунів потужністю до 5000 кВт, які пройшли капітальний ремонт з заміною обмоток (додаток 2)

Температура обмотки, °С	Значення опору ізоляції R_{60} , МОм, за номінальної напруги обмотки, кВ		
	3-3,15	6-6,3	10-10,5
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50
40	10	20	35
50	7	15	25
60	5	10	17
75	3	6	10

Таблиця 41. Допустимі значення опору ізоляції (додаток 2)

Випробний елемент	Періодичність вимірювання	Значення напруги мегаомметра, кВ	Допустимі значення опору ізоляції, МОм	Примітка
Обмотка статора	К, П*	0,5/1,0/2,5**	Для електродвигунів, які знаходяться в експлуатації, допустимі значення опору ізоляції R_{60} і коефіцієнт абсорбції не	Під час експлуатації визначення коефіцієнта абсорбції R_{60} / R_{15} обов'язкове лише для електродвигунів

			нормуються, але їх треба враховувати у разі вирішення питання про необхідність їх сушіння	на напругу, вищу ніж 3 кВ, або потужністю, більшою ніж 1000 кВт
Обмотка ротора	К, П*	За вимогами підприємства-виробника, але не вища ніж 1,0	Не нормується	Вимірювання проводять в синхронних електродвигунах, електродвигунах з фазним ротором на напругу 3 кВ і вище або потужністю, більшою ніж 1000 кВт
Термоіндикатори із з'єднувальними проводами	К	0,25	Не нормується	
Підшипники	К	1,0	Не нормується	Вимірювання проводять в електродвигунах на напругу 3 кВ і вище, підшипники яких мають ізоляцію відносно корпусу. Вимірювання проводять відносно фундаментної плити за повністю зібраних маслопроводів. В експлуатації вимірювання проводять під час ремонтів з вийманням ротора

Примітка.

* Вимірюють під час поточних ремонтів, якщо для цього не потрібно проводити спеціальні демонтажні роботи.

** Значення опору ізоляції вимірюють за номінального значення напруги обмотки до 0,5 кВ мегаомметром на 0,5 кВ; за номінального значення напруги обмотки в межах 0,5 кВ - 1 кВ - мегаомметром на 1,0 кВ, а за номінального значення напруги, вищого ніж 1 кВ, - мегаомметром на 2500 В.

Таблиця 42. Випробні напруги частоти 50 Гц для обмоток електродвигунів змінного струму (додаток 2)

Випробний елемент	Значення потужності електродвигуна, кВт	Номінальне значення напруги електродвигуна, кВ	Значення випробної напруги, кВ
Обмотка статора	40 і більше та електродвигуни відповідальних механізмів*	0,4 і нижче	1,0
		0,5	1,5
		0,66	1,7
		2,0	4,0
		3,0	5,0
		6,0	10,0
		10,0	16,0
Менше ніж 40	0,66 і нижче	1,0	
Обмотка ротора синхронних електродвигунів, призначених для безпосереднього пуску, з обмоткою збудження, замкнутою на резистор або джерело живлення	-	-	1,0
Обмотка ротора електродвигуна з фазним ротором	-	-	1,5 $U_{рот}^{**}$, але не менше ніж 1,0
Резистор кола гасіння поля***	-	-	2,0
Реостати, пускорегулювальні резистори	-	-	1,5 $U_{рот}^{**}$, але не менше ніж 1,0

Примітка.

* Випробування проводять під час капітального ремонту (без зміни обмоток) відразу після зупинки електродвигуна до його очищення від забруднення.

** Урот - значення напруги на кільцях за розімкнутого нерухомого ротора і повної напруги на статорі.

*** Випробують в синхронних електродвигунах.

Таблиця 43. Максимально допустима вібрація підшипників і електродвигунів (додаток 2)

Синхронна частота обертання, хв-1	3000	1500	1000	750 і нижче
Допустима амплітуда вібрації підшипників, мкм	30	60	80	95

Таблиця 44. Випробна напруга частоти 50 Гц для ізоляції машин постійного струму (додаток 2)

Випробний елемент	Значення випробної напруги, кВ	Примітка
Обмотка	1,2	Для машин потужністю більшою ніж 3 кВт
Бандажі якоря	1,0	Те саме
Реостати, пускорегулювальні резистори	1,0	Ізоляцію можна випробувати разом з ізоляцією кіл збудження

Таблиця 45. Норма відхилення значень опору постійному струму (додаток 2)

Випробний елемент	Норма	Примітка
Обмотка збудження	Значення опорів обмоток не повинні відрізнятися від попередніх вимірювань або паспортних значень більше ніж на 2 %	
Обмотка якоря (між колекторними пластинами)	Значення виміряного опору не повинні відрізнятися один від одного більше ніж на 10 %, за винятком випадків, зумовлених схемою з'єднання	
Реостати, пускорегулювальні резистори	Значення виміряного опору не повинні відрізнятися від попередніх вимірювань або паспортних даних більше ніж на 10%. Не повинно бути обриву кіл	Вимірювання проводять на кожному відгалуженні. Цілісність кіл перевіряють мегаомметром

		менше ніж 0,5 МОм; машини на напругу понад 500 В, якщо значення опору ізоляції, виміряного мегаомметром на напругу 1000 В, не менше ніж 0,5 МОм, а значення коефіцієнта абсорбції не менше ніж 1,2	
4. Вимірювання значення опору постійному струму	К	Допустимі відхилення виміряних значень опору наведені в таблиці 45 додатка 2 до цих Правил	Вимірювання проводять в електродвигунах потужністю, більшою ніж 3 кВт в холодному стані машини
5. Зняття характеристик НХ і випробування виткової ізоляції	К	Відхилення значень знятої характеристики від значень характеристики підприємства-виробника не нормується. Під час випробування виткової ізоляції машин з числом полюсів більше чотирьох значення середньої напруги між сусідніми колекторними пластинами не повинно перевищувати 24 В. Тривалість випробування виткової ізоляції - 5 хв.	Характеристика НХ знімається у генераторів постійного струму. Підвищення напруги здійснюється до значення 130 % від номінальної
6. Перевірка роботи машини на НХ	К	Струм НХ не нормується	Проводиться протягом не менше ніж 1 год.
7. Визначення меж регулювання частоти обертання	К	Межі регулювання обертів повинні відповідати технологічним вимогам механізму	Проводиться на НХ та під навантагою в електродвигунах з регульованою частотою обертання

Таблиця 44. Випробна напруга частоти 50 Гц для ізоляції машин постійного струму (додаток 2)

Випробний елемент	Значення випробної напруги, кВ	Примітка
Обмотка	1,2	Для машин потужністю більшою ніж 3 кВт
Бандажі якоря	1,0	Те саме
Реостати, пускорегулювальні резистори	1,0	Ізоляцію можна випробувати разом з ізоляцією кіл збудження

Таблиця 45. Норма відхилення значень опору постійному струму (додаток 1)

Випробний елемент	Норма	Примітка
Обмотка збудження	Значення опорів обмоток не повинні відрізнятись від попередніх вимірювань або паспортних значень більше ніж на 2 %	
Обмотка якоря (між колекторними пластинами)	Значення виміряного опору не повинні відрізнятись один від одного більше ніж на 10 %, за винятком випадків, зумовлених схемою з'єднання	
Реостати, пускорегулювальні резистори	Значення виміряного опору не повинні відрізнятись від попередніх вимірювань або паспортних даних більше ніж на 10%. Не повинно бути обриву кіл	Вимірювання проводять на кожному відгалуженні. Цілісність кіл перевіряють мегаомметром

Тема 5.23. Перевірки, вимірювання та випробування електродних котлів

Таблиця 24. Котли електродні (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
------------------------	---------------	---------------------	----------

1. Вимірювання значень опору стовпа води ізолювальної вставки	К, П або М	Опір стовпа води, Ом, у кожній із вставок повинен бути: не менше ніж $0,6 U_{\phi} \cdot n$, де U_{ϕ} - фазна напруга електродного котла, В; n – число ізолювальних вставок усіх котлів котельної; не менше ніж $200 \cdot n$	Вимірюється в котлах на напругу понад 1 кВ. Вимірюється в котлах на напругу до 1 кВ
2. Вимірювання значення питомого опору живильної (мережної) води	К, М	При 20°C значення питомого опору повинне бути в межах, вказаних підприємством-виробником	Вимірюється перед пуском та під час зміни джерела водопостачання, а в разі водопостачання з відкритих водоймищ не рідше ніж 4 рази на рік
3. Випробування підвищеною напругою частоти 50 Гц: а) ізоляції корпусу котла разом з ізолювальними вставками, звільненими від води б) ізолювальних вставок	К	Тривалість випробування 1 хв. Ізоляція котлів на напругу до 0,69 кВ випробується напругою 1 кВ. Для інших випадків значення випробної напруги наведено в таблиці 23 додатка 2 до цих Правил. Проводиться двократним номінальним значенням фазної напруги	
4. Вимірювання значення опору ізоляції котла без води		Значення опору ізоляції повинно бути не менше ніж 0,5 МОм, якщо підприємством-виробником не обумовлені жорсткіші вимоги	Вимірюється у положенні електродів при максимальній та мінімальній потужностях відносно корпусу мегаомметром на напругу 2500 В
5. Перевірка дії захисної апаратури котла		Проводиться відповідно до місцевих інструкцій підприємств-виробників, а	В електродних котлах на напругу до 1 кВ, що працюють в мережі із заземленою

		також згідно з пунктом 4 таблиці 27 цього додатка	нейтраллю, характеристика пристроїв, які використовують для захисного автоматичного вимикання живлення, та повний опір кола замикання (кола «фаза-нуль») повинні забезпечувати автоматичне вимикання живлення в межах нормованого часу згідно з вимогами 1.7.82 ПУЕ
--	--	---	---

Примітка. **К, П** або **М** - проводяться у терміни, установлені системою ТОР, але не рідше ніж **К** - один раз на рік, **П** або **М** - два рази на рік.

Таблиця 23. Випробна напруга частоти 50 Гц для вимикачів навантаги, масляних, електромагнітних, вакуумних, елегазових вимикачів та електродних котлів (додаток 2)

Тема 5.24. Перевірки, вимірювання та випробування заземлювальних пристроїв

Таблиця 25. Заземлювальні пристрої (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Перевірка наявності та стану кіл між заземлювачами й елементами, що заземлюються, з'єднань природних заземлювачів із заземлювальним пристроєм та з'єднань між головною заземлювальною	К, М	Перевіряють переріз, цілісність і міцність провідників заземлення та PEN (PE) провідників, їх з'єднань і приєднань. Перевіряють захист від корозії заземлювального пристрою при входженні у ґрунт на довжину 70 см. Не повинно бути обривів і незадовільних контактів у провідниках, що з'єднують елементи, які	Необхідно перевіряти після монтажу, переобладнання, ремонтів. Термін вимірювань перехідних опорів з'єднань для заземлювальних пристроїв, що експлуатуються: - до 25 років, не рідше ніж один раз на 12 років;

<p>шиною (ГЗШ) і провідниками системи зрівнювання потенціалів</p>		<p>заземлюються, із заземлювачами і ГЗШ або PEN (PE) провідник із заземлювачами. Надійність зварювання перевіряють ударом молотка, цілість і стан кола заземлення і заземлювачів – за допомогою приладів та засобів діагностики. Необхідно перевіряти після ремонту дійсне розташування заземлювачів, але не рідше одного разу на 12 років. Стан підземної частини контролюють згідно з СОУ 31.2-21677681-19. Перехідний опір контактного з'єднання повинен бути не більше ніж 0,1 Ом під час поточної експлуатації</p>	<p>- понад 25 років не рідше ніж один раз на 6 років, а при улаштуванні заземлення електроустановок (окремих струмоприймачів), які експлуатуються у особливо небезпечних приміщеннях, та заземлювальних пристроїв електроустановок вантажопідіймальних машин, механізмів – не рідше ніж один раз на рік. Візуальний огляд видимої частини заземлювального пристрою проводиться не рідше ніж один раз на рік. Огляд заземлювального пристрою проводиться також після КЗ або грозових розрядів</p>
<p>2. Перевірка корозійного стану елементів заземлювального пристрою: а) ПЛ</p>	<p>К, М</p>	<p>Елемент заземлювача слід замінити, якщо його переріз зруйнований більше ніж на 50%.</p>	<p>Перевірку з розривом ґрунту слід здійснювати вибірково на 2% від загальної кількості опор із заземлювачами в населеній місцевості, на ділянках ПЛ з найбільш</p>

<p>б) електроустановок (крім ПЛ)</p>	<p>К, М</p>	<p>Елемент заземлювача слід замінити, якщо його переріз зруйнований більше ніж на 50 %</p>	<p>агресивними, зсувними, видувними або погано провідними ґрунтами після монтажу, переобладнання, ремонтів, а також в експлуатації не рідше ніж один раз на 12 років. За рішенням особи, відповідальної за електрогосподарство, вибірково перевірку корозійного стану заземлювачів можна здійснювати частіше. Після осідання, зсувів або видування ґрунту у зоні заземлювального пристрою повинні проводитися позачергові перевірки з розриттям ґрунту.</p> <p>На ВРУ електростанцій і підстанцій вибірково перевірку елементів, що містяться в землі, з розриттям ґрунту слід здійснювати в трьох вузлових контактних з'єднаннях: у силового трансформатора, вентиляльного розрядника або ОПН та стояка конструкції - не рідше ніж один раз на 12 років. У ЗРУ огляд елементів заземлювачів слід</p>
--------------------------------------	--------------------	--	---

			виконувати згідно з рішенням особи, відповідальної за електрогосподарство
<p>3. Вимірювання значення опору заземлювального пристрою:</p> <p>а) ПЛ напругою понад 1 кВ</p>	К, М	<p>Допустиме значення опору заземлювальних пристроїв наведене в таблиці 46 додатку 2 до цих Правил.</p>	<p>Виміряна величина заземлювального пристрою повинна бути не більше від величини, встановленої главою 1.7 ПУЕ.</p> <p>Вимірювання слід проводити на всіх опорах з розрядниками, ОПН, захисними проміжками, роз'єднувачами, електрообладнанням з повторними заземлювачами PEN (PE) проводів (у разі використання заземлювального пристрою одночасно для електроустановок напругою до 1 кВ) – після монтажу, переобладнання, ремонтів, а також в експлуатації не рідше ніж один раз на 6 років; на ПЛ, які відпрацювали 25 років і більше, – за рішенням технічного керівника споживача; на тросових опорах ліній напругою 110 кВ - 150 кВ у разі виявлення на них слідів перекриття або руйнування ізоляторів електричною дугою. На інших опорах вимірювання слід</p>

б) ПЛ напругою до 1 кВ

Допустиме значення опору **наведено в таблиці 46 додатку 2 до цих Правил.**

проводити вибірково на 2 % від загальної кількості опор, особливо на ділянках з найбільш агресивними, зсувними ґрунтами і такими, що видуваються або мають погану провідність, після монтажу, переобладнання, ремонтів, а також в експлуатації не рідше ніж один раз на 12 років.

Вимірювання слід проводити на опорах із заземлювачами грозозахисту та повторними заземленнями PEN (PE) проводу - після монтажу, переобладнання, ремонтів, а також в експлуатації не рідше ніж один раз на 6 років.

Для решти опор слід здійснювати вимірювання вибірково на 2 % від загальної кількості опор з заземлювачами в населеній місцевості, на ділянках ПЛ з найбільш агресивними, зсувними, видувними або погано провідними ґрунтами, після монтажу, переобладнання,

<p>в) електроустановок (крім ПЛ)</p>		<p>Допустиме значення опору наведено в таблиці 47 додатку 2 до цих Правил</p>	<p>ремонтів, а також в експлуатації не рідше ніж один раз на 12 років.</p> <p>Вимірювання слід проводити після монтажу, переобладнання, ремонтів цих пристроїв, але не рідше ніж один раз на 12 років, а в особливо небезпечних умовах (для ліфтів, пралень, лазень, вантажопідіймальних машин, механізмів тощо) не рідше ніж один раз на рік</p>
<p>4. Вимірювання значення напруги дотику в електроустановках напругою понад 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю або ефективно заземленою нейтраллю</p>	<p>К, М</p>	<p>Граничнодопустимі значення напруги дотику: 500 В - при тривалості впливу напруги до 0,1 с; 400 В - 0,2 с; 200 В - 0,5 с; 130 В - 0,7 с; 100 В - 0,9 с; 65 В - понад 1,0 с до 5,0 с. Проміжні допустимі напруги в інтервалі часу від 0,1 с до 1,0 с слід визначати інтерполяцією</p>	<p>Вимірювання слід проводити в електроустановках, виконаних згідно з нормами на напругу дотику, після монтажу, переобладнання, капітального ремонту заземлювального пристрою, але не рідше ніж один раз на 6 років.</p> <p>Вимірювання слід проводити при приєднаних природних заземлювачах і тросах ПЛ. Напругу дотику слід вимірювати в контрольних точках, визначених проектом. За розрахункову тривалість впливу</p>

			напруги дотику приймають сумарний час дії релейного захисту і повного часу вимкнення вимикача
5. Перевірка стану пробивних запобіжників в установках напругою до 1 кВ з ізолюваною нейтраллю, з'єднаних через трансформатор з мережею напругою понад 1 кВ	К, М	Запобіжники повинні бути справними і відповідати номінальній напрузі електроустановки	Перевірку слід проводити не рідше одного разу на 6 років, а також у разі їх спрацьовування
6. Перевірка спрацьовування захисту в електроустановках із заземленою нейтраллю	К, П, М	Відповідно до пункту 4 таблиці 27 цього додатка	
7. Перевірка виконання елементів заземлювальних пристроїв	К	Перевіряється дійсне розташування та приєднання заземлювачів у разі контролю стану заземлювальних пристроїв згідно з СОУ 31.2-21677681-19. Відповідність проекту конструкційного виконання заземлювального пристрою на ВРУ електростанцій та підстанцій споживачів до приєднання природних заземлювачів і заземлюючих елементів (обладнання, конструкцій, будівель) перевіряють після монтажу до засипання ґрунту	Перевірку заземлювальних пристроїв на ПЛ проводять на всіх опорах у населеній місцевості, на відрізках з найбільш агресивними, зсувними, видувними та погано провідними ґрунтами та, крім того, не менше ніж у 2% опор від загальної кількості опор із заземлювачами
8. Перевірка значення повного	К, М		Значення повного опору петлі «фаза-

<p>опору петлі «фаза-нуль» в установках на напругу до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю</p>			<p>нуль» (або сили струму однофазного замикання) повинно задовольняти вимогам ПУЕ і повинно вимірюватись не рідше одного разу на 6 років. Під час експлуатації та після увімкнення нових споживачів опір вимірюється лише на ПЛ. Перевірка значення повного опору петлі «фаза-нуль» (або сили струму однофазного замикання) здійснюється також при змінах в електро-установках, які впливають на значення опору петлі «фаза-нуль»</p>
<p>9. Перевірка значення напруги на заземлювальному пристрої РУ електростанцій і підстанцій за стікання з нього струму замикання на землю</p>	<p>К</p>	<p>Значення напруги на заземлювальному пристрої: не обмежується для електроустановок, з яких виключено винос потенціалів за межі будівель та зовнішніх загороджень електроустановок; не більше ніж 10 кВ, якщо передбачені заходи захисту ізоляції кабелів зв'язку і телемеханіки та запобігання виносу потенціалів; не більше ніж 5 кВ в усіх інших випадках</p>	<p>Перевірку (розрахункову) проводять після монтажу, перебудови, але не рідше одного разу на 12 років для електроустановок на напругу понад 1 кВ в мережі з ефективно заземленою нейтраллю</p>

Примітка.

К, П, М - проводяться у терміни, установлені системою ТОР, але **П** або **М** - не рідше ніж один раз на 6 років (за винятком пунктів 1, 3в). Перевірку в повному обсязі необхідно

проводити після монтажу, капітального ремонту, реконструкції.

Таблиця 46. Найбільші допустимі значення опору заземлювальних пристроїв повітряних ліній (додаток 1)

Найменування електроустановки	Характеристика електроустановки і заземлювального об'єкта	Величина, що вимірюється	Значення опору, Ом, не більше
1. ПЛ напругою понад 1 кВ	1.1. Опори залізобетонні, металеві та дерев'яні, на яких підвішений трос або встановлені пристрої грозозахисту; пори залізобетонні та металеві ПЛ напругою 35 кВ і такі ж опори ПЛ напругою 3 кВ - 20 кВ у населеній місцевості, а також заземлювачі електрообладнання, встановленого на опорах ПЛ 110 кВ і вище*	Опір заземлювача за питомого опору ґрунту, Ом·м:	
		до 100	10
		більше 100 до 500	15
		більше 500 до 1000	20
	більше 1000 до 5000	30	
	більше 5000	$6 \cdot 10^{-3} \rho^{**}$	
	1.2. Заземлювачі електрообладнання на опорах ПЛ напругою 3 кВ - 35 кВ	Опір заземлювача	Згідно з пунктом 2.1 таблиці 47 цього додатка
	1.3. Опори залізобетонні та металеві ПЛ напругою 6 (10) кВ у ненаселеній місцевості	Опір заземлювача за значення питомого опору ґрунту, Ом·м:	Забезпечується природною провідністю підземної частини опори
		до 1000	
		більше 1000	500
	1.4. Розрядники та захисні проміжки на підходах ПЛ до	Опір заземлювача	5

	підстанцій з обертовими машинами		
2. ПЛ напругою до 1 кВ	2.1. Опори із повторними заземлювачами PEN-провідника в мережах з глухозаземленою нейтраллю***	Спільний опір всіх повторних заземлювачів, приєднаних до PEN- провідника кожної лінії (опір кожного повторного заземлювача) для мереж напругою 660/380 В 380/220 В 220/127 В	5 (15) 10 (30) 20 (60)
	2.2. Заземлювач грозозахисту	Опір заземлювача (для всіх ρ)	30

* Для опор висотою понад 50 м значення опору заземлювача повинно бути в два рази меншим від наведеного в таблиці.

**ρ - значення питомого опору ґрунту, Ом·м.

*** В районах з питомим опором ґрунту більше ніж 100 Ом·м допускається збільшення наведених значень опору в 0,001г разів, але не більше ніж в 10 разів, за винятком мереж, в яких заземлювальний пристрій, до якого приєднана нейтраль джерела живлення, використовується одночасно для електроустановок на напругу до і понад 1 кВ. В останньому випадку збільшення опору можливе лише до значення, за яким значення напруги на заземлювальному пристрої не буде перевищувати 67 В у разі замикання на землю в електроустановці на напругу понад 1 кВ, для якої захист від замикання на землю діє на сигнал, або не буде перевищувати допустиме значення напруги на заземлювальному пристрої, вказане в таблиці 1.7.3 ПУЕ, у разі, якщо захист діє на автоматичне відключення приєднання із замиканням на землю.

Таблиця 47. Найбільші допустимі значення опору заземлювальних пристроїв електроустановок (крім повітряних ліній) (додаток 1)

Характеристика електроустановки, заземлювальний пристрій якої перевіряється	Значення питомого опору ґрунту ρ , Ом·м	Значення опору заземлювального пристрою, Ом, не більше
<p>1. Електроустановки на напругу 110 кВ - 150 кВ, заземлювальний пристрій яких виконано:</p> <p>1.1. За нормами на опір – у випадку, якщо ρ до 500 Ом·м</p> <p>1.2. За нормами на напругу дотику – у випадку, якщо ρ понад 500 Ом·м.</p>	<p>До 500</p> <p>Понад 500</p>	<p>0,5 (з урахуванням опору штучних і природних заземлювачів)</p> <p>Опір повинен забезпечувати гранично допустиме значення напруги дотику згідно з таблицею 1.7.4 ПУЕ</p>
<p>2. Електроустановки на напругу понад 1000 В у мережі з ізольованою нейтраллю (3 кВ - 35 кВ):</p> <p>2.1. У разі використання заземлювального пристрою тільки для електроустановок на напругу понад 1 кВ</p>	<p>До 500</p> <p>Понад 500</p>	<p>$250/\rho^*$, але не більше ніж 10 Ом</p> <p>$250/\rho^* \cdot 0,002\rho^{**}$ (за умови, що значення напруги на заземлювальному пристрої не перевищуватиме 250 В)</p>
<p>2.2. У разі використання заземлювального пристрою одночасно для електроустановок на напругу до 1 кВ, якщо:</p> <p>2.2.1. Захист від замикання на землю в електроустановці на напругу понад 1 кВ діє на сигнал</p>	<p>До 500</p> <p>Понад 500</p>	<p>$67/\rho^*$ і повинен відповідати вимогам пунктів 3.1 та 3.2 цієї таблиці</p> <p>$67/\rho^* \cdot 0,002\rho^{**}$ (за умови, що значення напруги на заземлювальному пристрої не перевищуватиме 67 В)</p>

2.2.2. Захист від замикання на землю в електроустановці на напругу понад 1 кВ діє на вимикання	Для всіх ρ	Визначається за напругою на заземлювальному пристрої і тривалістю замикання на землю згідно з таблицею 1.7.3 ПУЕ з дотриманням вимог пунктів 3.1 та 3.2 цієї таблиці																		
<p>3. Електроустановки на напругу до 1 кВ</p> <p>3.1. В мережі з глухозаземленою нейтраллю (системи TN і TT):</p> <p>3.1.1. Приєднання нейтралі джерела живлення трифазного струму або виводу джерела однофазного струму до заземлювального пристрою з урахуванням використання всіх заземлювачів, приєднаних до PEN (PE)-провідника (повторних і грозозахисних), якщо кількість вихідних ліній не менше двох для лінійних напруг (трифазного/однофазного струму), В</p> <table data-bbox="477 1066 1175 1205"> <tr> <td>660/380</td> <td>До 100***</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>380/220</td> <td>До 100***</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>220/127</td> <td>До 100***</td> <td>8</td> </tr> </table> <p>3.1.2. Безпосереднє приєднання нейтралі джерела живлення трифазного струму або виводу джерела однофазного струму до заземлювача, розташованого біля джерела живлення, якщо виконується пункт 3.1.1 цієї таблиці для лінійних напруг (трифазного/однофазного струму), В</p> <table data-bbox="477 1541 1175 1680"> <tr> <td>660/380</td> <td>До 100***</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>380/220</td> <td>До 100***</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>220/127</td> <td>До 100***</td> <td>60</td> </tr> </table>	660/380	До 100***	2	380/220	До 100***	4	220/127	До 100***	8	660/380	До 100***	15	380/220	До 100***	30	220/127	До 100***	60		
660/380	До 100***	2																		
380/220	До 100***	4																		
220/127	До 100***	8																		
660/380	До 100***	15																		
380/220	До 100***	30																		
220/127	До 100***	60																		
3.2. В мережі з ізолюваною нейтраллю (система IT). Приєднання захисного PE-провідника до заземлювального пристрою у разі потужності джерела живлення:																				

понад 100 кВА	До 500 Понад 500	4**** 4·0,002ρ** (за умови, що значення напруги на заземлювальному пристрої не перевищуватиме 50 В)
до 100 кВА	До 500 Понад 500	10**** 10·0,002ρ** (за умови, що значення напруги на заземлювальному пристрої не перевищуватиме 50 В)
3.3. В мережі з системою заземлення ТТ. Приєднання захисного РЕ-провідника до незалежного заземлювального пристрою	Для всіх ρ	50/ІΔn*****
4. Окремо встановлений на ВРУ блискавковідвід, що має відокремлений заземлювач		Згідно з пунктом 1.1 таблиці 46 цього додатка

Примітка.

*Іρ - розрахункове значення сили струму замикання на землю: у мережах без компенсації ємнісного струму - повна сила струму замикання на землю; у мережах з компенсацією ємнісного струму: для заземлювальних пристроїв, до яких приєднано дугогасні реактори, - значення струму силою 125 % номінального значення сили струму цих реакторів, а для заземлювальних пристроїв, до яких не приєднано дугогасні реактори, - сила струму замикання на землю, в разі вимкнення найпотужнішого з реакторів; у мережах із заземленою через резистор нейтраллю - сила струму, яку визначають за виразом 1.7.5 пункту 1.7.99 ПУЕ.

** Для питомого опору ґрунту більше ніж 500 Ом•м допускається збільшення наведених значень в 0,002? разів, але не більше ніж в 10 разів.

*** Для електроустановок на напругу до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю в районах з питомим опором ґрунту більше ніж 100 Ом•м допускається збільшення наведених значень опору в 0,01 ρ разів, але не більше ніж в 10 разів, за винятком мереж, в яких заземлювальний пристрій, до якого приєднана нейтраль джерела живлення, використовується одночасно для електроустановок на напругу до і понад 1 кВ. В останньому випадку збільшення опору можливе лише до значення, за яким напруга на заземлювальному пристрої не буде перевищувати 67 В у разі замикання на землю в електроустановці на напругу понад 1 кВ, для якої захист від замикання на землю діє на сигнал, або не буде перевищувати допустиму напругу на заземлювальному пристрої, вказану в таблиці 1.7.3 ПУЕ, у разі, якщо захист діє на автоматичне відключення приєднання із замиканням на землю.

**** Вказані в пункті 3.2 опори можуть мати більше значення, якщо це обумовлено нормативними документами.

***** ІΔn - номінальне значення сили вимикаючого диференційного струму пристрою захисного вимкнення (ПЗВ), А.

Тема 5.25. Перевірки, вимірювання та випробування стаціонарних, пересувних та переносних комплектних випробувальних установок

Таблиця 26. Стаціонарні, пересувні та переносні комплектні випробувальні установки (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Перевірка справності вимірювальних засобів і випробних трансформаторів	Виконується під час атестації випробувальної установки	Класи точності та коефіцієнти трансформації повинні відповідати паспорту. Міжповірочний інтервал вимірювальних трансформаторів визначається Держспоживстандартом	Перевіряється точність вимірювання мостів, вимірювальних приладів та справність випробних пристроїв. Справність обмоток випробних та вимірювальних трансформаторів оцінюється вимірюванням коефіцієнта трансформації та класу точності
2. Вимірювання значення опору ізоляції: а) кіл і апаратури на напругу понад 1 кВ б) кіл і апаратури на напругу до 1 кВ	К	Значення опору ізоляції повинно відповідати вимогам підприємства-виробника. Значення опору повинно бути не менше ніж 1 МОм	Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2500 В. Вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 1000 В
3. Випробування підвищеною напругою частоти 50 Гц	К	Значення випробної напруги прийняти згідно з паспортом, але не нижче ніж 115 % номінальної напруги випробувальної установки.	Випробувати кола і апарати, що перебувають під високою напругою

		Тривалість випробування 1 хв.	
4. Перевірка дії блокувальних пристроїв, сигналізації та захисту	К, М	Перевірка проводиться 3-кратним опробуванням дії блокувальних пристроїв, сигналізації і захисту	Перевірка проводиться імітацією відповідних режимів
5. Перевірка інтенсивності рентгенівського випромінювання кенотронів випробувальних установок	К	Допустима потужність дози рентгенівського випромінювання у будь-якій доступній точці установки на відстані 5 см - 10 см від поверхні захисту (кожуха) не повинна перевищувати 0,02 нКл/(г·с) (0,28 мР/г або 0,08 мкР/с). Значення допустимої потужності дози випромінювання дається з розрахунку 36-годинного робочого тижня. У разі іншої тривалості ці значення повинні бути помножені на коефіцієнт 36/t, де t фактична тривалість робочого тижня, год.	Проводиться у тих випадках, коли під час проведення капітального ремонту випробувальної установки було змінено розташування кенотронів. Дозиметрична перевірка ефективності захисту від рентгенівського випромінювання здійснюється за найбільших значень напруги і сили струму на аноді кенотрона. Ефективність захисту від рентгенівського випромінювання визначається вимірюванням потужності дози випромінювання мікрорентгенометром

Примітка.

К - проводиться у терміни, установлені системою ТОР, але не рідше ніж один раз на 6 років для стаціонарних, один раз на 2 роки для пересувних і переносних установок; **М** - проводиться у терміни, установлені системою ТОР.

Тема 5.26. Перевірки, вимірювання та випробування електроустановок, апаратів, вторинних кіл та електропроводки на напругу до 1 кВ

Таблиця 27. Електроустановки, апарати, вторинні кола, норми випробування яких не наведені в таблицях 1 - 26 цього додатка, та електропроводка на напругу до 1 кВ (додаток 1)

Найменування перевірки	Вид перевірки	Нормативне значення	Вказівки
1. Вимірювання значення опору ізоляції	К, М	Значення опору ізоляції повинні бути не менше наведених у таблиці 48 додатка 2 до цих Правил	Вимірюють опір ізоляції кожної із груп електрично нез'язаних вторинних кіл приєднання (вимірювальні кола, кола оперативного струму, кола сигналізації тощо) відносно «землі» та інших груп кіл, а також між жилами контрольних кабелів особливо відповідальних вторинних кіл
2. Випробування підвищеною напругою частоти 50 Гц електро-технічних виробів на напругу понад 12 В змінного струму та понад 120 В постійного струму, у тому числі: а) ізоляції обмоток та кабелю живлення ручного електроінструмента відносно корпусу та зовнішніх металевих деталей	К	Тривалість випробування 1 хв. Для електроінструмента на напругу до 50 В включно значення випробної напруги мають становити 550 В; на напругу понад 50 В і потужності до 1 кВт	Корпус електроінструмента та з'єднані з ним деталі, виготовлені з діелектричного матеріалу, на час випробування

<p>б) ізоляції обмоток знижувальних трансформаторів</p>		<p>- 900 В; більше 1 кВт - 1350 В.</p> <p>Значення випробної напруги для первинної обмотки на напругу: 127 - 220 В 1350 В; 380 - 440 В 1800 В</p>	<p>обгорнути металеву фольгою і заземлити. Якщо опір ізоляції не менше ніж 10 МОм, то випробування ізоляції підвищеною напругою можна замінити вимірюванням опору ізоляції мегаомметром на напругу 2500 В протягом 1 хв.</p> <p>Випробна напруга прикладається по черзі до кожної з обмоток. У цьому разі інші обмотки повинні бути електрично з'єднані із заземленим корпусом та магнітопроводом</p>
<p>3. Випробування підвищеною напругою частоти 50 Гц:</p> <p>а) ізоляції вторинних кіл управління, захисту, автоматики, сигналізації, телемеханіки тощо</p>	<p>К, М</p>	<p>Тривалість випробування - 1 хв. Значення випробної напруги - 1,0 кВ.</p> <p>Випробування підвищеною напругою проводиться для ізоляції відносно «землі» кіл РЗА та інших вторинних кіл з повністю зібраною схемою (разом з реле, контакторами, котушками приводів тощо) на напругу понад 60 В, а також поміж жилами контрольних кабелів особливо відповідальних вторинних кіл. До ізоляції особливо відпові-дальних вторинних</p>	<p>Якщо у випробувальних колах є елементи, розраховані на меншу випробну напругу, їх потрібно від'єднати і випробувати окремо (згідно зі стандартами або технічними умовами на ці елементи) або зашунтувати. Напругу потрібно</p>

<p>б) ізоляції силових та освітлювальних електропроводок</p>	<p>кіл належать: кола газового захисту, кола конденсаторів, які використовуються як джерело оперативного струму; струмові кола трансформаторів струму з номінальним значенням сили вторинного струму 1 А; струмові кола окремих фаз, де є реле або пристрої з двома або більше первинними обмотками; кола напруги від трансформаторів напруги до апаратів захисту вторинних кіл від КЗ</p>	<p>подавати по чергово на кожному жилу, решту жил з'єднати між собою і заземлити. Перевірку здійснюють лише на робочих уставках. Під час поточного ремонту апаратів, вторинних кіл на напругу до 1 кВ замість випробувань відповідно до пункту 3 цієї таблиці дозволяється проводити випробування випрямленою напругою 2,5 кВ з використанням мегаомметра або спеціальної установки. У разі проведення випробування мегаомметром на напругу 2500 В можна не здійснювати вимірювань опору ізоляції мегаомметром на напругу 500 В або 1000 В. Електропроводка на напругу до 1 кВ від розподільних пунктів до електроприймачів випробується відповідно до вказівок таблиці</p>
--	--	--

			48 додатка 2 до цих Правил
<p>4. Перевірка спрацьовування пристроїв захисту (працездатності розчіплювачів та захисного автоматичного вимкнення живлення):</p> <p>а) перевірка спрацьовування пристроїв захисту, які реагують на надструми (автоматичні вимикачі, запобіжники) і не виконують функції захисного автоматичного вимикання живлення в електроустановках з типом заземлення системи TN-C, TN-S і IT</p>	К,М	<p>Розчіплювачі мають вимикати автоматичний вимикач за значенням вимірюваного параметра (сила струму, значення напруги, час), які знаходяться в границях, заданих підприємством-виробником.</p> <p>Кратність струмів однофазного КЗ на віддалену відкриту провідну частину кола, що захищається, в електроустановці з типом заземлення системи TN-C, TN-S і подвійного кола замикання на віддалені одна від одної провідні частини в системі IT, повинні бути не меншими ніж вказано в главі 3.1 ПУЕ.</p>	<p>Перевіряються безпосереднім вимірюванням сили струму замикання або повного опору петлі «фаза-нуль» в системі TN-C, TN-S і повного опору петлі подвійного замикання в системі IT з подальшим визначенням відповідних струмів та часу автоматичного вимикання живлення згідно з захисними характеристиками пристроїв захисту, вказаними в каталогах підприємств-виробників цих пристроїв.</p> <p>В електроустановках, приєднаних до одного щитка та тих, що містяться в межах одного приміщення, допускається здійснювати вимірювання з подальшою перевіркою</p>

спрацьовування захисту тільки на одній, найвіддаленішій від точки живлення установці (частині установки).
Спрацьовування захисту на інших установках (частинах установок) визначається у цьому разі вимірюванням перехідного опору між перевіреною і тією установкою, що перевіряється, відповідно до пункту 6 цієї таблиці. У мережі зовнішнього освітлення перевіряється спрацьовування захисту тільки для найвіддаленіших світильників кожної лінії.
Спрацьовування захисту в разі замикання на корпус інших світильників перевіряється вимірюванням перехідного опору між PEN (PE)-провідником та корпусом світильника.
Перевірку спрацьовування захисту групових ліній різних приймачів, що використовуються

<p>б) перевірка спрацьовування пристроїв захисту, які реагують на надструми та виконують функцію захисного автоматичного вимикання живлення в електроустановках з типом заземлення системи TN-C, TN-S і IT</p>		<p>Те саме, що й в пункті 4а цієї таблиці, але кратність струмів повинна бути такою, щоб час спрацьовування захисту:</p> <ul style="list-style-type: none"> - в групових колах з силою робочого струму до 32 А не перевищував допустимий, наведений в таблиці 1.7.1 пункту 1.7.82 ПУЕ; - в розподільних колах, а також групових колах з силою робочого струму більше 32 А – не перевищував 5 с 	<p>короткочасно, допускається здійснювати на штепсельних розетках із захисним контактом.</p> <p>Розрахунок струму замикання проводиться відповідно до пункту 4.а з подальшим визначенням часу автоматичного вимикання живлення згідно з захисними характеристиками пристроїв захисту, вказаними в каталогах підприємств-виробників цих пристроїв</p>
<p>5. Перевірка працездатності розчіплювачів (теплових, електромагнітних, напівпровідникових тощо) автоматичних вимикачів</p>	<p>К, М</p>	<p>Розчіплювачі мають вимикати автоматичний вимикач за значеннями виміряного параметра (сила струму, значення напруги, час), які знаходяться в границях, заданих підприємством-виробником</p>	<p>Перевірку слід проводити на робочих уставках</p>
<p>6. Перевірка спрацьовування пристроїв захисного автоматичного вимикання живлення, які реагують на диференціальний струм (ПЗВ)</p>	<p>К, П, М</p>	<p>Проводиться виробничими працівниками шляхом вимірювання значення сили струму спрацьовування на відповідність його паспортним даним та оперативними працівниками шляхом натискання на кнопку «Т» (тест)</p>	<p>Проводиться не рідше ніж один раз на 3 місяці і завжди перед введенням у роботу</p>

<p>7. Перевірка працездатності контакторів, автоматичних вимикачів і магнітних пускачів при номінальній і пониженій напрузі оперативного струму</p>	<p>К</p>	<p>Автоматичний вимикач, контактор і магнітний пускач повинні надійно вмикатися, вимикатися і надійно утримуватися в увімкненому положенні за значення напруги утримання, заданого підприємством-виробником. Значення напруги спрацьовування та кількість операцій наведено в таблиці 49 додатка 2 до цих Правил</p>	
<p>8. Перевірка фазування РУ і їх приєднань</p>	<p>К</p>	<p>Повинен бути збіг за фазами</p>	
<p>9. Вимірювання напруги дотику (в електроустановках, виконаних згідно з нормами на напругу дотику)</p>	<p>М</p>	<p>Значення напруги дотику вимірюють в контрольованих точках, у яких ці величини визначені розрахунком під час проектування</p>	<p>Вимірювання напруги дотику проводять після монтажу, перебудови та капітального ремонту заземлювального пристрою, але не рідше ніж один раз на 6 років. Вимірювання проводять за приєднаних природних заземлювачів і тросів ПЛ. Необхідно здійснювати на об'єктах з підвищеною електронезбезпекою (наприклад, у тваринницьких комплексах, у лазнях з електронагрівачами тощо), де з метою запобігання електротравматизму</p>

			виконується зрівнювання і вирівнювання потенціалів
10. Перевірка відсутності пошкоджень провідників у пристроях вирівнювання електричних потенціалів	К, П	Перевіряється зтягнення болтових та цілісність зварних контактних з'єднань	Проводиться не рідше ніж один раз на рік на об'єктах, де дозволяє конструкція вирівнювальних пристроїв; у разі відсутності можливості здійснити таку перевірку слід визначити напругу дотику відповідно до пункту 10 цієї таблиці
11. Вимірювання рівня освітленості та інших нормативних світло-технічних параметрів	К, П	Освітленість та інші світлотехнічні параметри повинні відповідати нормам	Оцінка результатів контрольних вимірювань повинна здійснюватись з урахуванням типу ламп, що застосовуються, та напруги в момент вимірювання

Примітки: 1. **К, П, М** - проводяться у терміни, установлені системою ТОР, виходячи з місцевих умов і режиму експлуатації установок, але не рідше ніж: **К** - один раз на 12 років, **П** або **М** - один раз на 6 років.
2. Перевірки та вимірювання, зазначені в пунктах 1, 5, 6, 10 та 11 цієї таблиці, слід проводити у терміни, наведені у даних пунктах цієї таблиці.

Таблиця 48. Мінімально допустимий опір ізоляції електроустановок, апаратів, вторинних кіл та електропроводки (додаток 2)

Найменування випробного елемента	Напруга мегаомметра, В	Значення опору ізоляції, МОм	Вказівки
----------------------------------	------------------------	------------------------------	----------

1. Електровироби та апарати на напругу, В:		Повинен відповідати даним, наведеним у паспорті або ТУ на конкретний вид виробу, але не менше ніж 0,5	Цей пункт поширюється на К та П автоматичних і неавтоматичних вимикачів, контакторів, магнітних пускачів, реле, контролерів, запобіжників, резисторів, реостатів та інших апаратів на напругу до 1 кВ, якщо вони були демонтовані. Випробування недемонтованих апаратів, а також їх міжремонтні випробування проводяться відповідно до вимог і періодичності вимірювань розподільних пристроїв, щитів, силових, освітлювальних або вторинних кіл
до 50	100		
понад 50 до 100	250		
понад 100 до 380	500-1000		
понад 380	1000 - 2500		У разі відсутності додаткових вимог підприємства-виробника значення опору ізоляції апаратів з напівпровідниковими елементами вимірюється мегаомметром на напругу 100 В. У цьому випадку діоди, транзистори та інші напівпровідникові елементи необхідно зашунтувати
2. Ручний електроінструмент і переносні світильники з допоміжним обладнанням (трансформатори, перетворювачі частоти, пристрої, кабелі-	500	Після капітального ремонту: між деталями, що перебувають під напругою: - для робочої ізоляції - 2; - для додаткової - 5; - для підсиленої - 7. В експлуатації: 0,5;	Для інструмента вимірюється значення опору ізоляції обмоток та кабелю живлення відносно корпусу та зовнішніх металевих деталей; у трансформаторів між первинною та вторинною обмотками і

подовжувачі тощо), зварювальні трансформатори		для виробів класу II - 2	між кожною з обмоток та корпусом не рідше ніж один раз на 6 місяців
3. Стаціонарні електроплити	1000	1,0	Вимірювання здійснювати не рідше ніж один раз на рік у нагрітому стані плити
4. Крани та ліфти	1000	0,5	Вимірювання здійснювати не рідше ніж один раз на рік
5. Силові й освітлювальні електропроводки	1000	0,5	Значення опору ізоляції при знятих плавких вставках вимірювати на ділянці між суміжними запобіжниками або за останніми запобіжниками між будь-яким проводом та землею, а також між двома будь-якими проводами. Під час вимірювання опору ізоляції в силових колах повинні бути вимкнуті електроприймачі, прилади тощо. Під час вимірювання опору ізоляції в освітлювальних колах лампи повинні бути викручені, а штепсельні розетки та вимикачі приєднані. Значення опору ізоляції електропроводки в особливо небезпечних приміщеннях слід вимірювати не рідше ніж один раз на рік, в вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зонах, а також в приміщеннях з масовим перебуванням людей – один раз на 3 роки, в

			інших випадках (крім житлових будинків) - один раз на 6 років. Для населення вимірювання опору ізоляції проводиться при вводі мережі електричного освітлення в роботу або у разі її реконструкції. Надалі - на вимогу споживача
6. Вторинні кола розподільних пристроїв, щитів і струмопроводів	1000-2500	0,5	Вимірювання слід здійснювати для кожної секції розподільного пристрою. За можливості такі вимірювання дозволяється виконувати одночасно з випробуванням електроустановок силових та освітлювальних кіл, приєднаних до пристроїв, щитів або струмопроводів
7. Вторинні кола керування, захисту, вимірювання, автоматики, сигналізації, телемеханіки, особливо відповідальних вторинних кіл тощо			У схемах керування, захисту, вимірювання, автоматики, сигналізації та телемеханіки допускається не проводити вимірювання опору ізоляції, якщо для перевірки потрібен значний обсяг підготовчих робіт і ці кола захищені запобіжниками або розчіплювачами, що мають обернено залежні від сили струму характеристики. Перевірку стану таких кіл, приладів і апаратів необхідно здійснювати шляхом ретельного

			зовнішнього огляду не рідше ніж один раз на рік. У разі заземленої нейтралі огляд здійснюється одночасно з перевіркою спрацьовування захисту відповідно до пункту 4 таблиці 27 додатка 1 до цих Правил
7.1. Шинки постійного струму і напруги на щиті керування та у розподільних пристроях (особливо відповідальні вторинні кола)	1000-2500	10	Випробування слід проводити при від'єднаних вторинних колах
7.2. Кожне приєднання вторинних кіл і кіл живлення приводів вимикачів та роз'єднувачів	1000-2500	0,5 - в електроустановках до 1 кВ, 1,0 - в електроустановках понад 1 кВ	Випробування слід здійснювати на всіх приєднаних апаратах (котушки приводів, контактори, реле, прилади, вторинні обмотки ТС та ТН тощо)
7.3. Кола керування, захисту, автоматики і збудження машин постійного струму напругою до 1,0 кВ, приєднаних до силових кіл	1000-2500	0,5 - в електроустановках до 1 кВ, 1,0 - в електроустановках понад 1 кВ	Значення опору ізоляції кіл напруги до 60 В, що нормально живляться від окремого джерела, вимірюється мегаомметром на 500 В і повинно бути не нижче ніж 0,5 МОм
8. Вторинні кола, які містять пристрої з мікроелектронними елементами, що розраховані на робочу напругу, В:			Вимірювання опору ізоляції здійснювати згідно з указівками підприємства-виробника і за необхідності ужити додаткових заходів (закорочувати окремі елементи, ділянки схеми тощо)
до 30	100	1,0	
30-60	250	1,0	
понад 60	500	1,0	

Таблиця 49. Значення напруги спрацювання та кількість операцій під час випробувань контакторів, магнітних пускачів і автоматичних вимикачів (додаток 2)

Операція	Значення напруги на шинах оперативного струму	Кількість операцій
1. Увімкнення	0,9 (0,85*) $U_{ном}$	5
2. Увімкнення і вимкнення	0,8 і 1,1** $U_{ном}$	5
3. Вимкнення	0,8 $U_{ном}$	10

Примітка.

* Залежно від вимог підприємства-виробника для конкретного типу автоматичного вимикача.

** Якщо за умовами роботи джерела оперативного струму неможливо збільшити значення напруги до 1,1 $U_{ном}$, дозволено проведення перевірки за максимального значення напруги.

РОЗДІЛ 6. ПЕРЕВІРКИ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСНОГО ВИМКНЕННЯ

Тема 6.1 Загальні відомості

Захисне вимкнення є електрозахисним заходом, що базується на застосуванні швидкодіючих комутаційних апаратів, які вимикають живлення електроустановки при виникненні в ній струму витікання на землю або на захисний провідник, яке могло бути викликане ненавмисним увімкненням людини в електричне коло.

Пристрої, що реалізують захисне вимкнення, називаються пристроями захисного вимкнення – **ПЗВ**.

Застосовуються також визначення: **відмикач, керований різницеvim струмом**, а також аббревіатури **RCCB (Residual Current operated Circuit-Breaker without integral overcurrent protection)** або **RCD (residual current device)**.

Відмикач, керований **різницевим струмом** – це електромеханічний комутаційний апарат, призначений вмикати, проводити та відмикати струми при нормальних умовах роботи, а також приводити до розмикання контактів, коли різницеvim струм за визначених умов доходить до заданого значення. Вимоги до цих апаратів сформульовано в стандарті ІЕС 61008-1.

Термін «пристрій захисного вимкнення – ПЗВ», прийнятий у вітчизняній спеціальній літературі, найточніше визначає призначення даного пристрою і його відмінність від інших комутаційних електричних апаратів - автоматичних вимикачів, вимикачів навантаження, електромагнітних пускачів тощо.

За кордоном прийняті наступні позначення пристроїв захисного вимикання:

- у Німеччині, Австрії, Швейцарії - FI-Schutzschalter, Fehlerstrom-Schutzschalter (F - Fehler - пошкодження, несправність, витік, I - символ струму в електротехніці, Schutzschalter - захисний вимикач);
- у Франції - DD - disjoncteur differentiel (диференціальний вимикач);
- у Великобританії - e.l.c.b. - earth leakage circuit breaker (вимикач струму витоку на землю);

- у США - GFCI - Ground Fault Circuit Interrupter (розмикач струму витоку на землю).

В даний час діє міжнародна класифікація пристроїв захисного вимкнення, розроблена МЕК (IEC) - **RCD - residual current protective device** (загальна назва).

Точний переклад - захисний пристрій за різницею (диференціальним) струмом.

Існує також ряд додаткових назв для різних варіантів виконання пристроїв захисного відключення:

- **PRCD portable residual current protective device** - переносний захисний пристрій за диференційним струмом;

- **PRCD-S portable residual current protective device - safety** - переносний захисний пристрій за диференційним струмом (у кабелі-подовжувачі);

- **SRCD fixed socket outlets residual protective current device** - захисний пристрій за диференційним струмом (вбудований у розетку);

- **RCCB residual current operated circuit - breakers without integral overcurrent protection** - захисний пристрій за диференційним струмом без вбудованого захисту від надструмів;

- **RCBO residual current operated circuit breakers with integral overcurrent protection** - захисний пристрій за диференційним струмом із вбудованим захистом від надструмів;

- **RCM residual current monitor** - пристрій контролю диференційного струму (струму витоку).

Перший пристрій захисного вимкнення був запатентований у 1928 р. німецькою фірмою RWE – Rheinisch Westfalisches Elektrizitätswerk AG (Патент № 552678).

Головною відмінністю запатентованого пристрою було використання для захисту людини від ураження електричним струмом принципу струмового диференційного захисту, що раніше застосовувався тільки для захисту устаткування - генераторів, ліній, трансформаторів.

У 1937 р. фірма Schutzapparategesellschaft Paris & Co виготовила перший діючий пристрій на базі диференційного трансформатора і поляризованого реле, що мав чутливість 0,01 А і швидкодію 0,1 с. У тому ж році за допомогою добровольця - співробітника фірми - було проведено натурне випробування пристрою. Експеримент закінчився благополучно, пристрій миттєво відключив електричне коло з випробовуваним від джерела живлення, доброволець відчув лише

слабкий удар електричним струмом, хоч і відмовився від участі в подальших дослідах.

Все подальші роки, за винятком військових і перших післявоєнних, в європейських країнах велася інтенсивна робота з вивчення дії електричного струму на організм людини, розробці електрозахисних засобів і в першу чергу вдосконалення і впровадження пристроїв захисного вимкнення.

В середині 50-х років в Австрії, ФРН, Франції почалося масове впровадження ПЗВ (незалежних від напруги живлення - електромеханічних) у всі без винятку електроустановки - на виробництві, в громадських будівлях та в побуті.

У США розробка ПЗВ йшла по шляху створення електронних пристроїв. У 1961 р. був випробуваний триполюсний пристрій з електронним підсилювачем, що вимагав живлення від мережі, з номінальним вимикаючим диференційним струмом 18 мА.

Національними електротехнічними нормами США (NEC) номінальний вимикаючий диференційний струм ПЗВ визначений значенням, рівним 5 мА.

У 1960-1970 рр. у всьому світі, в першу чергу в країнах Західної Європи, Японії, США, почалося активне впровадження ПЗВ в широку практику.

Світова офіційна статистика свідчить, що результатом масштабного впровадження ПЗВ стало значне, на порядок і більше, зниження електротравматизму.

У 70-х роках в колишньому СРСР активно велися науково-дослідні, експериментальні і дослідно-конструкторські роботи із створення і впровадження в широку практику пристроїв захисного вимкнення.

Поступово ПЗВ стає звичним і обов'язковим устаткуванням електроустановок промислового і соціально-побутового призначення, обов'язковим елементом кожного розподільного щита - стаціонарного, тимчасового (на будмайданчику) або мобільного.

Пристроями захисного вимкнення обов'язково обладнуються всі пересувні об'єкти (житлові будиночки-причепи на кемпінгових майданчиках, торгові фургони, фургони громадського харчування, малі тимчасові електроустановки зовнішнього встановлення, ангари, гаражі.

На рис. 6.1 наведений розроблений Міжнародною електротехнічною комісією – МЕК (ІЕС) графік зон фізіологічної дії на людину змінного струму.

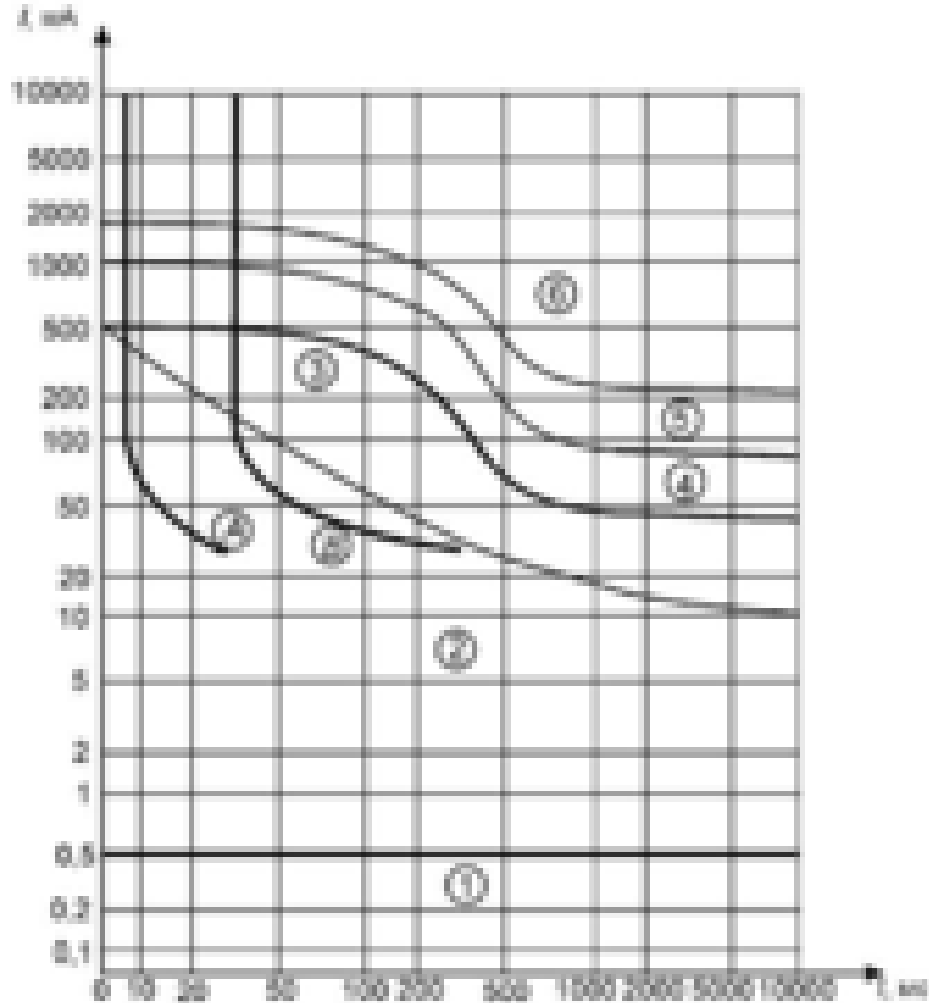


Рис. 6.1. Графік областей фізіологічної дії на людину змінного струму (50-60 Гц) за ІЕК 479-94 і часо-струмові характеристики пристроїв захисного вимикання:

1 - невідчутні струми; 2 - відчутні, але такі, що не викликають фізіологічних порушень; 3 - відчутні, але такі, що не викликають небезпеку фібриляції серця; 4 - відчутні, такі, що викликають небезпеку фібриляції серця (вірогідність < 5%); 5 - відчутні, такі, що викликають небезпеку фібриляції серця (вірогідність < 50%); 6 - відчутні, такі, що викликають небезпеку фібриляції серця (вірогідність > 50%);

А і В - часо-струмові характеристики ПЗВ, А - реального пристрою типу АСТРО*УЗО ($I_{Dn}=30$ мА) і В - визначувана ГОСТ Р 51326.1-99.

ПЗВ вбудовуються в розеткові блоки або вилки, через які живляться ручні електричні машини (електроінструмент) або побутові електроприлади, що експлуатуються в особливо небезпечних - вологих, запилених, з провідними підлогами приміщеннях.

Ще одним варіантом застосування ПЗВ є його використання в засобах і системах обліку електроенергії з метою запобігання розкраданню електроенергії шляхом використання локального заземлювача.

У основі дії захисного вимикання, як електрозахисного засобу, лежить принцип обмеження (за рахунок швидкого вимкнення) тривалості протікання струму через тіло людини при ненавмисному дотику її до елементів електроустановки, що знаходяться під напругою.

Часо-струмові характеристики ПЗВ, як видно на рис 6.1, розташовані значно нижче навіть зони 3 - відчутних, але таких, що не викликають небезпеки фібриляції серця струмів. Це свідчить, що ПЗВ забезпечує надійний захист людини від ураження електричним струмом.

Пристрої захисного вимкнення (ПЗВ), що реагують на диференціальний струм, разом з пристроями захисту від надструму, відносяться до додаткових видів захисту людини від ураження електричним струмом при непрямому дотику, забезпечуваного шляхом автоматичного вимкнення живлення.

Функціонально ПЗВ можна визначити як швидкодіючий захисний вимикач, що реагує на різницю струмів (диференціальний струм) в провідниках, які підводять електроенергію до захищеної електроустановки.

Порівняння поточних значень двох- і більше (у чотирьохполюсних ПЗВ - чотирьох) струмів за амплітудою і фазою найефективніше, тобто з мінімальною похибкою, здійснюється електромагнітним шляхом - за допомогою диференціального трансформатора струму, що являє собою електромагнітний векторний суматор струмів.

Основні складові ПЗВ представлені на структурній схемі (рис. 6.2) та на рис. 6.3.

Найважливішим функціональним блоком пристрою є диференціальний трансформатор струму 1 (рис. 6.3). У абсолютній більшості ПЗВ, виготовлюваних і експлуатованих в даний час у всьому світі, як датчик диференціального струму використовується саме

трансформатор струму. У літературі з питань конструювання і застосування ПЗВ цей трансформатор іноді називають **трансформатором струму нульової послідовності (ТСНП)**, хоча поняття «нульова послідовність» застосовується тільки до трифазних кіл і використовується при розрахунках несиметричних режимів багатофазних кіл.

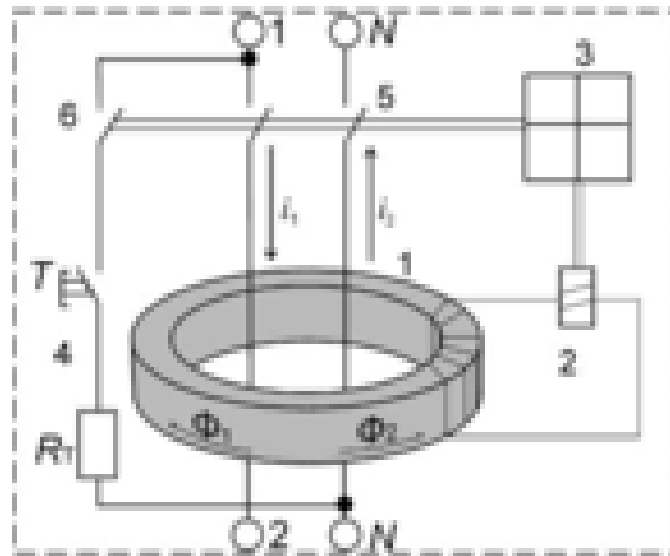


Рис. 6.2. Структурна схема пристрою захисного вимкнення:
 1 - диференціальний трансформатор струму; 2 - пороговий елемент; 3 - виконавчий механізм; 4 - коло тестування; 5 - силові контакти; 6 - захисний контакт кола тестування; *T* - кнопка «Тест»; *RT* - тестовий резистор;
 1, 2, N - клеми пристрою захисного вимкнення

Пусковий орган (пороговий елемент) 2 виконується, як правило, на чутливих магнітоелектричних реле прямої дії або електронних компонентах. Виконавчий механізм 3 включає силову контактну групу з пружинним механізмом приводу.

Принцип дії ПЗВ пояснюється на прикладі електричного кола (жирний пунктир) зі струмом I_A , представленого на рис. 6.4.

У нормальному режимі, за відсутності диференціального струму - струму витоку, в силовому колі по провідниках, що проходять крізь вікно магнітопроводу і створюють зустрічно увімкнені первинні обмотки диференціального трансформатора струму 1, протікає робочий струм навантаження $I_1 = I_2$, де I_1 - струм, що протікає у напрямку до навантаження, I_2 - від навантаження.

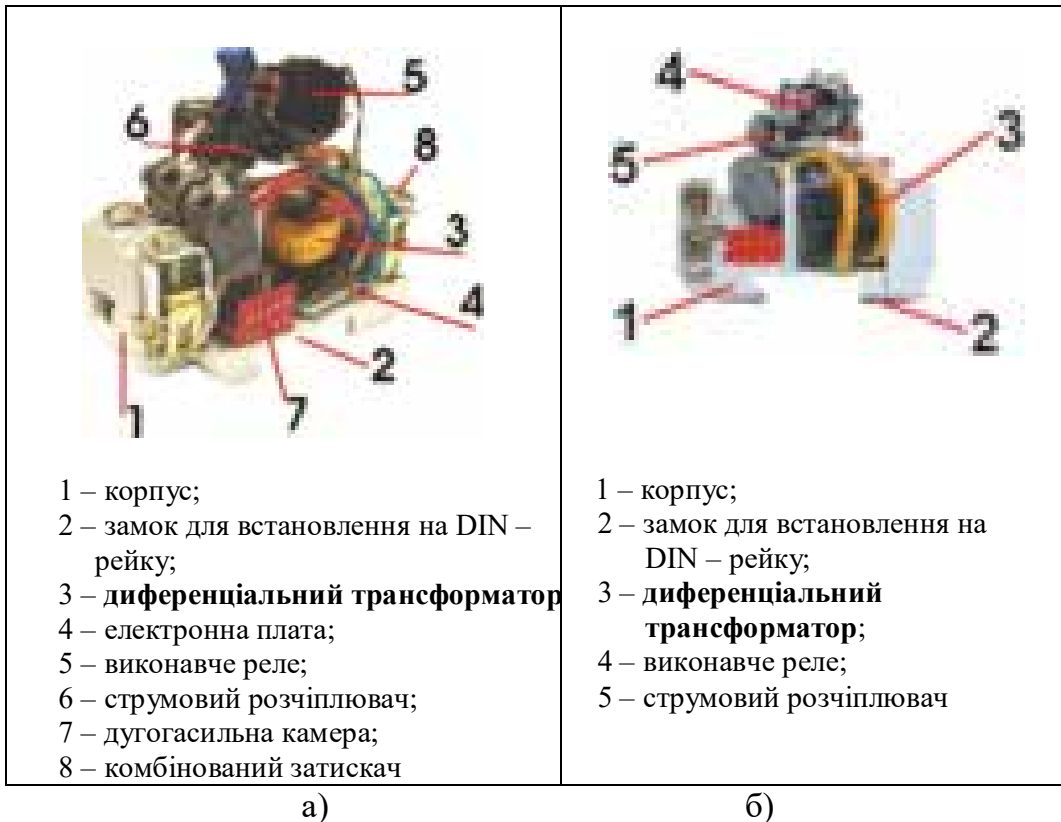


Рис. 6.3. Будова пристроїв захисного вимкнення:
а) електронного; б) електромеханічного

Рівні струми в зустрічно увімкнених обмотках наводять в магнітному осерді трансформатора струму рівні за значенням, але протилежно направлені магнітні потоки Φ_1 і Φ_2 . Результуючий магнітний потік виявляється рівним нулю, отже, струм у вторинній обмотці **диференціального трансформатора** також буде відсутній. При цьому пусковий орган 2 знаходиться в стані спокою.

При дотику людини до відкритих струмовідних частин або до корпусу електроприймача, який в результаті пробією ізоляції опинився під напругою, по фазному провідникові через ПЗВ окрім струму навантаження I_1 буде протікати додатковий струм I_d (струм витіку), що є для трансформатора струму диференціальним (різницевим). Нерівність струмів в первинних обмотках - $I_1 + I_d$ у фазному провіднику і $I_2 = I_1$ в нульовому робочому провіднику - викликає небаланс магнітних потоків і, як наслідок, виникнення у вторинній обмотці трансформованого диференціального струму. Якщо цей струм

перевищує задане значення струму порогового елементу пускового органу 2, останній спрацьовує і впливає на виконавчий механізм 3. Виконавчий механізм, що зазвичай складається з пружинного приводу, спускового механізму і групи силових контактів, розмикає електричне коло і електроустановка, що захищається ПЗВ, знеструмлюється.

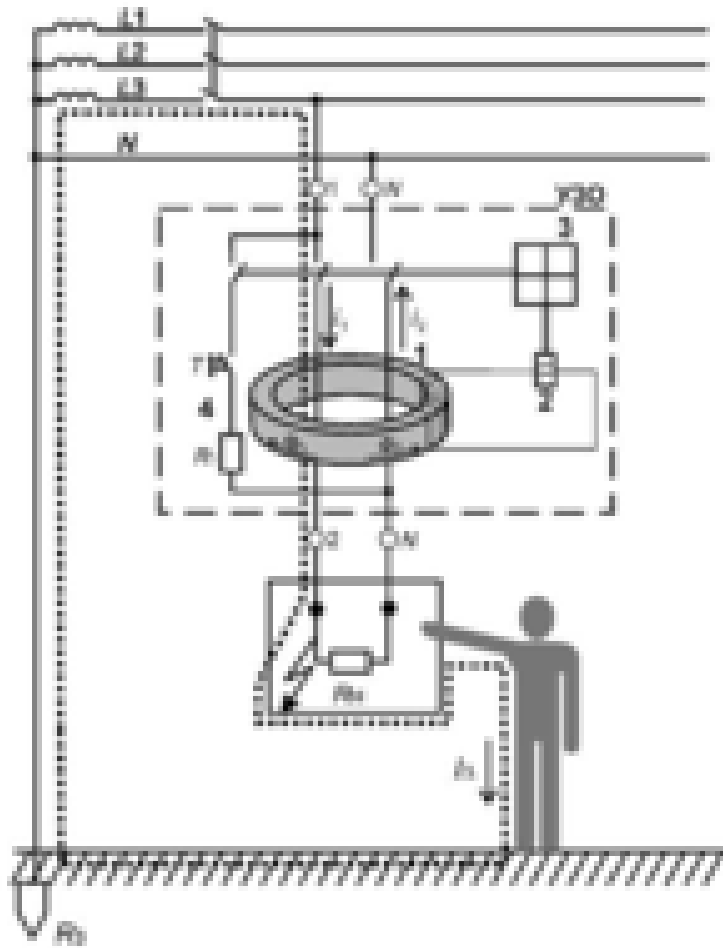


Рис.6.4. Схема, що ілюструє принцип дії пристрою захисного вимкнення

Для здійснення періодичного контролю справності (роботоздатності) ПЗВ передбачене коло тестування 4. При натисненні кнопки «*T*» штучно створюється коло протікання вимикаючого диференціального струму через обмежувальний резистор *RT*. Спрацьовування ПЗВ при цьому означає, що пристрій в цілому справний.

Застосування ПЗВ доцільне і виправдане з соціальних і економічних причин в електроустановках всіх можливих видів і самого різного призначення.

Витрати на встановлення ПЗВ несумірно менші можливих збитків - загибель і травми людей від ураження електричним струмом, спалахування пожеж і їх наслідків, подій внаслідок несправностей електропроводки і електроустаткування. Якщо врахувати, що вартість одного ПЗВ не перевищує вартості простого побутового електроприладу, а можливий збиток, який можна було уникнути, якби ПЗВ було встановлене, обчислюється величезними сумами, то стає абсолютно очевидним і таким, що не вимагає додаткових доказів необхідність швидкого і найширшого впровадження ПЗВ нового покоління у всіх електроустановках.

Виняток становлять електроустановки, що не допускають з технологічних причин перерви в електропостачанні. У таких установках для захисту людей від ураження електричним струмом повинні застосовуватися інші електрозахисні заходи - контроль ізоляції, розділові трансформатори тощо.

Тема 6.2. Вимоги до пристроїв захисного вимкнення

Всі пристрої захисного вимкнення (ПЗВ) поділяються на типи, до яких застосовуються спеціальні нормативи та вимоги, встановлені стандартом МЕК 61140¹²:

Небезпечні частини, що знаходяться під напругою, не повинні бути доступними, а доступні провідні частини не повинні перебувати під небезпечною напругою:

- за нормальних умов (оперування при використанні за призначенням, та за відсутності пошкодження);
- за умов одинарного пошкодження.

Правила доступності для звичайних осіб можуть відрізнятися від правил для кваліфікованих або навчених осіб, а також можуть змінюватися для різних виробів та приміщень.

¹² Захист від ураження електричним струмом. Загальні положення безпеки установок та обладнання

Для високовольтних електричних установок, систем та обладнання проникнення в небезпечну зону розглядають так само, як дотик до небезпечної частини, яка перебуває під напругою (рис. 6.5).

Захист за нормальних умов забезпечують за допомогою основного захисту, а захист за умов одиничного пошкодження забезпечують за допомогою захисту при пошкодженні.

Посилені захисні запобіжні заходи забезпечують захист в обох випадках.

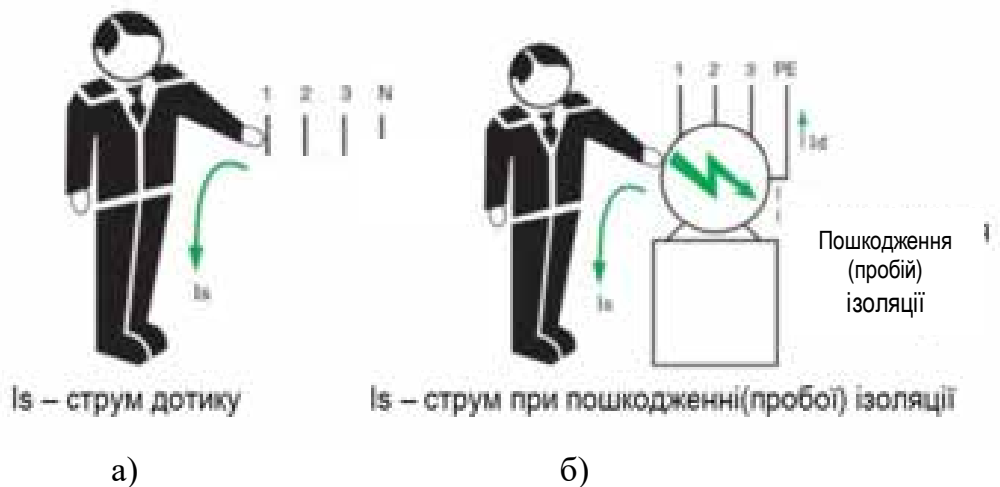


Рис.6.5. Прямий (а) і непрямий (б) дотик до небезпечної частини, яка перебуває під напругою

Така вимога є основою для кількох важливих схем захисту:

- **основний захист** (basic protection): захист від ураження електричним струмом за нормальних умов;
- **захист при пошкодженні** (fault protection): захист від ураження електричним струмом за умов одинарного пошкодження (додаткова ізоляція, захисне вирівнювання потенціалів, захисне екранування, індикація та відключення у високовольтних електричних установках та системах, автоматичне вимкнення живлення, простий поділ (між електричними колами), вирівнювання потенціалів);
- **додатковий захист**: для низьковольтних електроустановок та електроустаткування застосування пристроїв диференціального струму з номінальним вимикаючим диференціальним струмом, що не перевищує 30 мА визнають як додатковий захист від ураження електричним струмом, коли основний захист та (або) захист при

пошкодженні є неефективними або при необережному використанні електроустаткування.

Тема 6.3. Класифікація пристроїв захисного вимкнення

Стандарт ІЕК 755-83¹³ містить наступну класифікацію **пристроїв захисного вимкнення ПЗВ - Д**:

1) за способом дії:

- ПЗВ - Д без допоміжного джерела живлення;
- ПЗВ - Д із допоміжним джерелом живлення:
 - ПЗВ - Д, що здійснюють автоматичне вимкнення при відмові допоміжного джерела з витримкою часу та без неї:
 - ПЗВ - Д, що здійснюють автоматичне повторне увімкнення при відновленні роботи допоміжного джерела;
 - ПЗВ - Д, що не здійснюють автоматичне повторне увімкнення при відновленні роботи допоміжного джерела;
 - ПЗВ - Д, що не здійснюють автоматичне вимкнення при відмові допоміжного джерела:
 - ПЗВ - Д, що здатні здійснити вимкнення при виникненні небезпечної ситуації після відмови допоміжного джерела;
 - ПЗВ - Д, що не здатні зробити вимкнення у разі виникнення небезпечної ситуації після відмови допоміжного джерела.

Механізм ПЗВ - Д з допоміжним джерелом живлення для виконання операції вимкнення потребує енергії, що отримується або від контрольованої мережі, або від зовнішнього джерела.

Застосування **ПЗВ, функціонально залежних від напруги живлення**, не дивлячись на їх відносну дешевизну, більш обмежене через їх меншу надійність (вірогідність виходу з ладу якого-небудь з великої кількості електронних компонентів досить висока), а також більшу схильність електронних схем до дії зовнішніх чинників тощо.

Проте основною причиною меншого розповсюдження таких пристроїв є їх нероботоздатність у разі виникнення (доволі частого) найбільш небезпечної за умовами вірогідності ураження струмом несправності електроустановки, а саме - при обриві нульового провідника в колі до ПЗВ у напрямку до джерела живлення. В

¹³ ІЕК 755-83. Пристрої захисні, керовані диференційним (різницеvim) струмом (ПЗВ - Д)

цьому випадку «електронний» ПЗВ, не маючи живлення, не функціонує, а на електроустановку по фазному провідникові виноситься небезпечний для життя людини (сільськогосподарської тварини) потенціал.

Стандарт МЕК 364-5-53 «Електроустановки будівель. Частина 5. Вибір і монтаж електрообладнання. Комутаційна апаратура і апаратура керування» визначає наступну **вимогу до ПЗВ, дія яких залежать від напруги живлення:**

– застосування пристроїв захисту, керованих залишковим струмом, з допоміжним джерелом живлення, що не вимикає автоматично коло, яке захищає, у випадку відмови допоміжного джерела, дозволяється тільки при виконанні однієї із двох умов:

- 1) захист від непрямого контакту забезпечується навіть у випадку відмови допоміжного джерела;
- 2) пристрої монтуються в установках, які керуються, випробовуються і перевіряються навченим або висококваліфікованим персоналом.

У конструкції «електронних» ПЗВ, що виробляються в США, Японії, Південній Кореї і деяких європейських країнах, зазвичай закладено завдання вимкнення від мережі електроустановки, яка захищається, у разі зникнення напруги. Це призначення конструкційно здійснюється за допомогою **електромагнітного реле, що працює у режимі самоутримання**. Силові контакти реле знаходяться в увімкненому положенні лише під час протікання струму його обмоткою (подібно електромагнітному пускачу).

За зникнення напруги, на ввідних затискачах пристрою, якір реле відпадає, та силові контакти розмикаються, електроустановка втрачає живлення. Подібна будова ПЗВ забезпечує безумовний захист від ураження людини в електроустановці і у разі обриву нульового провідника;

- за способом встановлення:
 - стаціонарні з монтажем стаціонарною електропроводкою;
 - переносні з монтажем гнучкими проводами з подовжувачами;
- за кількістю полюсів:
 - однополюсні двопровідні;
 - двополюсні;
 - двополюсні трипровідні;

- триполюсні;
- триполюсні чотирипровідні;
- чотириполюсні;
- за видом захисту від надструмів та перевантажень за струмом:
 - без вбудованого захисту від надструмів;
 - із вбудованим захистом від надструмів;
 - із вбудованим захистом від перевантаження;
 - із вбудованим захистом від коротких замикань;
- за втратою чутливості у разі подвійного заземлення нульового робочого провідника.

На стадії розгляду:

- за можливістю регулювання вимикаючого диференціального струму:
 - нерегульовані;
 - регульовані:
 - а) з дискретним регулюванням;
 - б) з плавним регулюванням;
 - за стійкістю при імпульсній напрузі;
 - допускають можливість вимкнення при імпульсній напрузі;
 - стійкі при імпульсній напрузі;
 - за характеристикою наявності постійної складової диференціального струму:
 - ПЗВ - Д типу АС;
 - ПЗВ - Д типу А;
 - ПЗВ - Д типу В.

Тема 6.4. Характеристики пристроїв захисного вимкнення (за ІЕК 755-83)

Стандарт ІЕК 755-83 містить наступний перелік застосовуваних характеристик ПЗВ:

- спосіб встановлення;
- число полюсів та число струмовідних провідників;
- номінальний струм I_n ;
- номінальний вимикаючий диференційний струм $I_{\Delta n}$;
- **номінальний невимикаючий диференціальний струм**, якщо він відрізняється від переважного значення $I_{\Delta n0}$;

- тип ПЗВ-Д за характеристиками наявності постійної складової диференційного струму;
- **номінальна напруга U_n** ;
- **номінальна частота**;
- тип допоміжного джерела (якщо воно є) та реакція ПЗВ - Д на його відмову;
- **номінальна напруга допоміжного джерела (якщо вона є) U_{sn}** ;
- **номінальна вмикальна і вимикальна здатність I_m** ;
- **номінальна здатність увімкнення і вимкнення диференційного струму**;
- витримка часу (якщо вона є);
- селективність (якщо вона є);
- координація ізоляції, включаючи повітряні зазори та шляхи витоку струму;
- ступінь захисту (за ГОСТ 14254).

Крім цього, тільки для ПЗВ - Д без вбудованого захисту від коротких замикань додатково:

- вид захисту від коротких замикань;
- **номінальний умовний струм короткого замикання I_{nc}** ;
- **номінальний умовний диференціальний струм за короткого замикання I_{dc}** .

Характеристики, загальні для всіх ПЗВ – Д:

- **номінальний струм навантаження I_n** . Вказане виробником значення струму, яке ПЗВ - Д може пропускати в тривалому режимі роботи;
- **номінальний вимикаючий диференціальний струм $I_{\Delta n}$** . Вказане виробником значення диференційного струму, яке викликає вимкнення ПЗВ - Д за заданих умов експлуатації; $I_{\Delta n}$ визначає діюче значення змінного струму при номінальній частоті;
- **номінальний невимикаючий диференціальний струм $I_{\Delta n0}$** . Вказане виробником значення диференційного струму, яке не викликає вимкнення ПЗВ - Д за заданих умов експлуатації;
- **номінальна напруга U_n** . Вказане виробником діюче значення напруги, при якому забезпечується роботоздатність ПЗВ - Д (зокрема при коротких замиканнях);

- **номінальна частота.** Значення частоти, на яке розрахований ПЗВ - Д і при якому він роботоздатний при заданих умовах експлуатації;

- **номінальна напруга допоміжного джерела U_{sn} .** Напруга допоміжного джерела, на яку розрахований ПЗВ - Д і при якій забезпечується його роботоздатність за заданих умов експлуатації;

- **номінальна вмикальна і вимикальна здатність I_m .** Чинне значення очікуваного струму, який ПЗВ - Д здатен увімкнути, пропускати протягом свого часу і вимкнути за заданих стандартом умов експлуатації без порушення його роботоздатності;

- **номінальна здатність увімкнення та вимкнення диференціального струму $I_{\Delta m}$.** Діюче значення очікуваного диференційного струму, який ПЗВ - Д здатен увімкнути, пропускати протягом свого часу вимкнення та вимкнути при заданих стандартом умовах експлуатації без порушення його роботоздатності;

- витримка часу та селективність.

На розгляді;

- **нормовані характеристики за наявності постійної складової диференційного струму:**

▪ **ПЗВ – Д типу АС.** ПЗВ - Д, вимкнення якого відбувається при раптовій появі або повільному зростанні синусоїдального змінного диференціального струму;

▪ **ПЗВ - Д типу А.** ПЗВ - Д з передбаченим вимкненням диференціальних струмів:

- синусоїдальних змінних;
- пульсуючих постійних;
- пульсуючих постійних з накладеною пульсацією величиною 0,006 А, з контролем або без контролю кута зсуву фази незалежно від полярності раптово прикладених струмів або диференціальних струмів, що повільно підвищуються;

▪ **ПЗВ - Д типу В.** ПЗВ - Д з передбаченим вимкненням диференціальних струмів:

- синусоїдальних змінних;
- пульсуючих постійних;
- пульсуючих постійних з накладеною згладженою пульсацією постійного струму величиною 0,006 А;

- постійних, одержуваних електричною схемою з випрямлячем, наприклад:
- трифазне однонапівперіодне або двонапівперіодне з'єднання;
- двонапівперіодна мостова схема на лінійній напрузі з контролем або без контролю кута зсуву фази незалежно від полярності раптово прикладених струмів або диференціальних струмів, що повільно підвищуються.

Додаткові характеристики, що стосуються ПЗВ - Д без вбудованого захисту від коротких замикань:

– координація з пристроями захисту від коротких замикань. Пристрій захисту від коротких замикань у комплекті з ПЗВ - Д призначений для забезпечення достатнього захисту ПЗВ - Д від впливу струмів короткого замикання, що не перевищують значень номінального умовного струму короткого замикання I_{nc} і номінального умовного диференційного струму при короткому замиканні I_{dc} .

Виробник ПЗВ - Д повинен вказати наступні характеристики пристрою захистувід коротких замикань:

- а) максимальне значення величини, що пропускається I_{t} ;
- б) максимальне значення пікового струму, що пропускається.

Будь-який пристрій захисту від коротких замикань, що відповідає вимогам, встановленим відповідним стандартом, і має характеристики а) та б), що не перевищують значень, зазначених виробником для ПЗВ - Д, може використовуватися для захисту ПЗВ - Д при умові, що він не порушує його роботоздатність;

– номінальний умовний струм короткого замикання I_{nc} . Вказане виробником діюче значення очікуваного струму, який здатен витримати ПЗВ - Д, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань, за заданих стандартом умов експлуатації без незворотних змін, що порушують його роботоздатність.

Необхідно враховувати, що впливи струму короткого замикання на ПЗВ – Д, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань, можуть змінюватися в широких межах залежно від індивідуальних особливостей пристрою захисту, навіть якщо вони укладаються в запропоновану стандартами його робочу зону, а також залежно від

моменту (фази) виникнення короткого замикання, який є випадковим величиною.

Виробник зобов'язаний забезпечити ефективність координації характеристик за умов найбільш несприятливих впливів на ПЗВ - Д.

Комплект, що складається з ПЗВ-Д та зазначеного пристрою захисту від коротких замикань, повинен витримувати вплив будь-яких струмів короткого замикання, що не перевищують зазначене значення;

- номінальний умовний диференціальний струм при короткому замиканні $I_{\Delta c}$.

Вказане виробником значення очікуваного диференційного струму, який здатен витримати ПЗВ – Д, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань, при заданих стандартом умовах експлуатації без незворотних змін, що порушують його роботоздатність

Залежно від типу установки може знадобитися рівність струмів I_{K1} та $I_{де}$.

У разі, коли номінальний умовний диференційний струм при короткому замиканні вказано для комплекту, що складається з ПЗВ - Д та зазначеного пристрою захисту від коротких замикань, цей комплект повинен витримувати вплив будь-яких диференціальних струмів при короткому замиканні, що не перевищують вказане значення.

За умовами функціонування ПЗВ поділяються на такі типи: АС, А, В, S і G.

ПЗВ типу АС - пристрій захисного вимкнення, що **реагує на змінний синусоїдальний диференціальний струм**, який виникає раптово або повільно зростає.

ПЗВ цього типу застосовуються в системах, де можливий синусоїдальний струм витоку на землю. Вони не чутливі до імпульсних диференціальних струмів з піковим значенням до 250А (форма хвилі 8/20 pS), які можуть виникнути, наприклад, при накладенні перенапруги при увімкненні люмінесцентних ламп, рентгенівського обладнання, систем обробки інформації, тиристорних перетворювачів.

Стандартні значення максимально допустимого часу вимкнення ПЗВ типу АС за будь-якого номінального струму навантаження і заданих нормами значення диференційного струму не повинні перевищувати наведені в табл. 6.1.

Максимальний час вимкнення, встановлений у табл. 6.1, поширюється також на ПЗВ типу А. При цьому випробування ПЗВ типу А проводять при значеннях струмів $i_{\Delta n}$, $2i_{\Delta n}$, $5i_{\Delta n}$ та 500 А з коефіцієнтом 1,4 (при $I_{\Delta n} > 0,01$ А) та с коефіцієнтом 2 (при $I_{\Delta n} < 0,01$ А).

Таблиця 6.1. Нормований максимальний час вимкнення ПЗВ

Номинальний вимикаючий диференціальний струм, А	$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$	500 А
Номинальний час вимкнення t_n , с	<0,3	<0,15	<0,04	<0,04

ПЗВ типу А - пристрій захисного вимкнення, що **реагує на змінний синусоїдальний диференціальний струм і постійний пульсуючий диференціальний струм**, які виникають раптово, або повільно зростають.

ПЗВ цього типу не чутливі до імпульсних витоків з піковим значенням струму до 250 А (форма хвилі 8/20 pS). Вони призначені для використання в установках, де є електронні випрямлячі та фазоімпульсні регулятори фізичної величини (швидкості, температури, інтенсивності освітлення) класу ізоляції I, які отримують живлення безпосередньо з електромережі без використання трансформатора (клас ізоляції II, за своїм визначенням, не допускає витоку на землю). ПЗВ типу А здатні розпізнавати пульсуючі струми замикання на землю з постійною складовою, які можуть виникати у подібних схемах.

ПЗВ типу В - пристрій захисного вимкнення, що **реагує на змінний, постійний та випрямлений диференціальні струми**.

ПЗВ даного типу придатні для захисту установок від пульсуючого постійного або синусоїдального струму витоку, а також постійного струму витоку. Здатні розпізнавати постійний струм витоку з невеликою пульсацією. Їх рекомендується використовувати для захисту електродвигунів та інверторних приводів насосів, ліфтів, текстильних та обробних верстатів.

ПЗВ типу G - пристрій захисного вимкнення з короткочасною витримкою часу.

ПЗВ даного типу придатні для захисту електроприймачів, що викликають при увімкненні короткочасні **високі диференціальні**

струми (наприклад, перехідні струми, що протікають через конденсатор подавлення перешкод між фазним проводом і проводом РЕ), можуть відбуватися небажані спрацьовування ПЗВ без витримки часу, якщо диференціальний струм перевищує розрахунковий вимикаючий диференціальний струм $I_{\Delta n}$ ПЗВ.

Для таких випадків, коли усунення подібних джерел перешкод неможливе або можливе лише частково, можуть застосовуватися ПЗВ з короткочасною витримкою спрацювання.

Ці пристрої мають час спрацювання більше 10 мс, тобто вони не повинні спрацьовувати за імпульсу струму тривалістю 10 мс. При цьому витримуються умови спрацювання згідно DIN VDE 0664 частина 1. Пристрої мають імпульсну стійкість 3 кА, що перевищує вимоги DIN VDE 0664. Пристрої захисного вимкнення з короткочасною витримкою спрацювання позначаються **маркуванням G**.

Граничні значення часу вимкнення ПЗВ типу G залежно від величини струму $I_{\Delta n}$ наведено у табл. 6.2.

Таблиця 6.2. Нормований час вимкнення ПЗВ типу G

Номінальний вимикаючий диференціальний струм	$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$	500 A
Максимальний час вимкнення, с	0,3	0,15	0,15	0,04
Мінімальний час невимкнення, с	0,01	0,01	0,01	0,01

ПЗВ типу S - пристрій захисного вимкнення, **селективний** (з витримкою часу вимкнення). Селективність ПЗВ означає, що з послідовно увімкнених у коло пристроїв спрацьовує тільки той, що розташований ближче до місця пошкодження. Мета селективності – виключення небажаних вимкнень наступних ПЗВ.

Для того щоб домогтися селективності при послідовному увімкненні ПЗВ, вони повинні відрізнятися як за витримкою часу спрацювання, так і за розрахунковим вимикаючим диференціальним струмом.

Для селективних ПЗВ передбачено **маркування S**. Стандартні значення допустимого часу вимкнення та невимкнення для ПЗВ типу S при будь-якому номінальному струмі навантаження понад 25 А та

значення номінального вимикаючого диференційного струму понад 0,03 А не повинні перевищувати значень, наведених у табл. 6.3.

Таблиця 6.3. Нормований час вимкнення селективних ПЗВ типу S

Номінальний вимикаючий диференціальний струм	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 А
Максимальний час вимкнення, с	0,5	0,2	0,15	0,15
Мінімальний час невимкнення, с	0,13	0,06	0,05	0,04

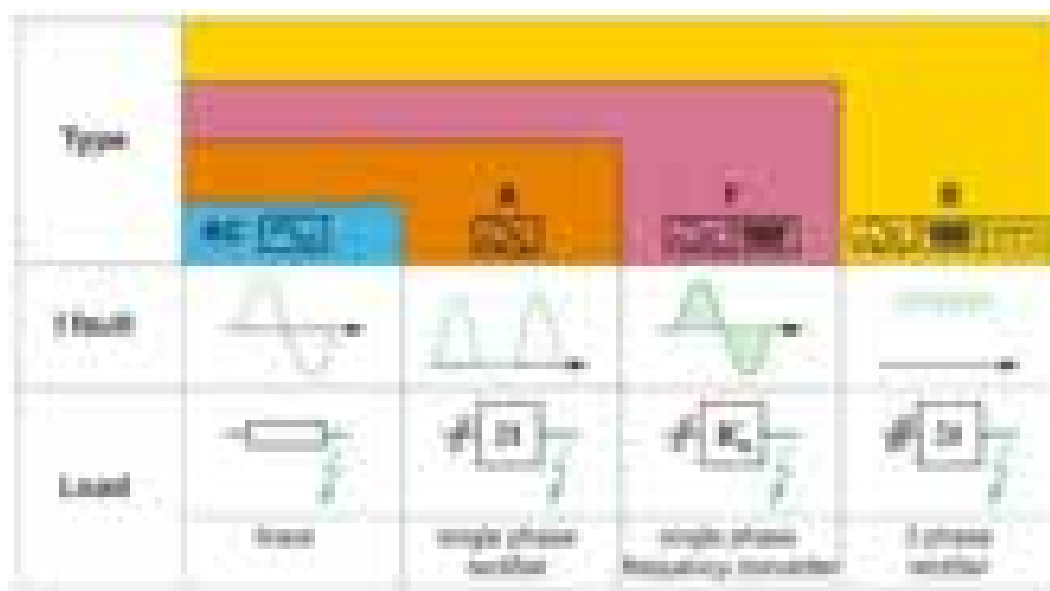


Рис.6.6. Типи ПЗВ умовами функціонування, графіки струмів, на які реагують і характерні навантаження, де виникають відповідні струми

Тема 6.5. Маркування пристроїв захисного вимкнення (за ІЕК 755-83)

Кожен пристрій захисного вимкнення має бути забезпечений довговічним маркуванням (рис. 6.7) із зазначенням нижченаведених даних.

Маркування має бути поміщене безпосередньо на ПЗВ - Д або на паспортній табличці (табличках), прикріпленій до ПЗВ - Д, і розміщуватися таким чином, щоб її можна було легко прочитати в робочому положенні ПЗВ - Д:

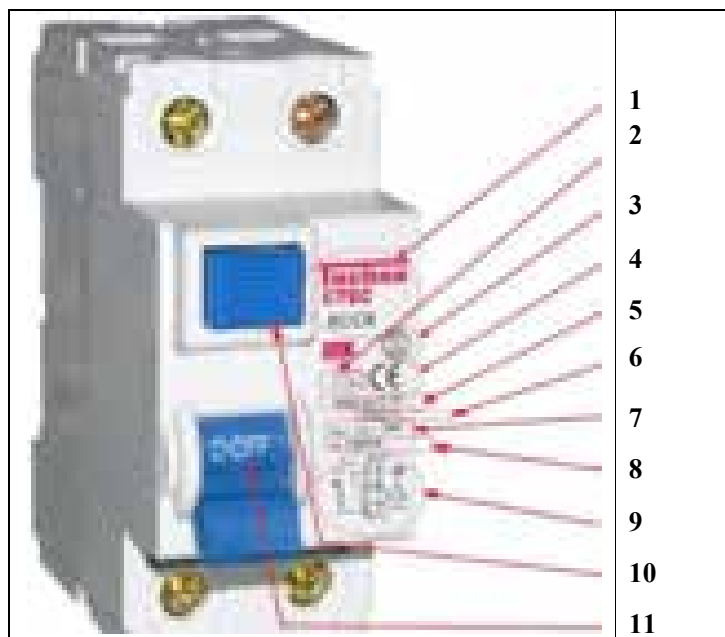





Рис. 6.7. Маркування ПЗВ:

1 - Торгова марка, бренд – Techna: СТЕС «Center for Testing and European Certification» - Центр випробувань та європейської сертифікації. Директива 2006/95/ЄС Низьковольтне обладнання Серія RCCB - означає, що це пристрій - ПЗВ (вимикач диференційного струму); **2** - Графічне позначення типу пристрою - тип АС - пристрій реагує на **змінний синусоїдальний диференціальний струм**, який виникає раптово або повільно зростає; **3** - пристрій є селективним ПЗВ типу S. Селективність забезпечується затримкою часу спрацьовування ПЗВ. Тип S – затримка спрацьовування 200-300 мс (0,2-0,3 с). Селективні ПЗВ довше звичайних можуть бути під впливом екстремальних струмів, тому вони, зазвичай розраховані на великі струми короткого замикання - до 15 кА; **4** - маркування CE – спеціальний знак, що наноситься на виріб («Conformite Europeenne» – європейська відповідність). Маркування CE вказує на те, що виріб не є шкідливим (небезпечним) для здоров'я споживачів, а також нешкідливим для навколишнього середовища; **5** - 100 А - номінальний робочий струм, на який розрахований пристрій 0,1 А - номінальний вимикаючий диференціальний струм (уставка) - 100 мА; **6** - пристрій розрахований на номінальну робочу напругу змінного струму 230 В; **7** - номінальний умовний струм короткого замикання дорівнює номінальному умовному диференційному струму короткого замикання і становить 3000 Ампер. Максимальний струм, який пристрій може витримати за заданих умов без порушення його роботоздатності згідно з міжнародним стандартом ІЕК 61008-1-96; **8** - 1000 А - номінальна вмикальна і вимикальна здатність ПЗВ. Струм, який пристрій здатен багаторазово вимикати без втрати роботоздатності; **9** - принципова електрична схема двополусного ПЗВ; **10** - тиснена буква Т (Тест) на кнопці для ручної перевірки роботоздатності пристрою; **11** - маркування положення пристрою 0 - OFF (ПЗВ вимкнений), на протилежному боці важеля 1 - ON (ПЗВ увімкнено).

а) найменування виробника або торговий знак; б) позначення типу чи номер серії;
в) номінальна напруга;
г) номінальна частота;
д) номінальний струм;
е) характеристика наявності постійної складової диференціального струму:

- маркування ПЗВ - Д типу АС ,
- маркування ПЗВ - Д типу А ,
- маркування ПЗВ - Д типу В ;

ж) номінальний вимикаючий диференціальний струм (або діапазон струмів);

і) номінальний невимикаючий диференціальний струм, якщо він відрізняється від переважного значення;

к) номінальна вмикальна і вимикальна здатність;

л) номінальний умовний струм короткого замикання (якщо це необхідно вказати), і в цьому випадку характеристики послідовно увімкненого пристрою захисту від коротких замикань відповідно;

м) ступінь захисту (за її відмінності від IP20);

н) робоче положення (символ за ГОСТ 25874) у разі потреби.

Якщо ПЗВ-Д застосовують із допоміжним джерелом живлення, необхідно також додати таку інформацію:

о) позначення типу допоміжного джерела;

д) номінальна напруга допоміжного джерела, при якій відбувається вимкнення ПЗВ - Д, якщо це передбачено;

р) напруга допоміжного джерела, при якій відбувається вимкнення ПЗВ - Д, якщо це передбачено;

с) характер струму чи номінальна частота допоміжного джерела.

Це маркування має розміщуватися поблизу затискачів для приєднання допоміжного джерела, якщо вони є.

Якщо на ПЗВ - Д малого розміру не вистачає місця для розміщення всіх зазначених даних, то принаймні інформація, зазначена в підпунктах д) і ж), повинна бути легко помітна в робочому положенні ПЗВ - Д.

Інформація, зазначена в підпунктах а), б), в) і л), може розташовуватися на боці ПЗВ - Д і може бути доступна лише до його встановлення в робоче положення.

Інша інформація має бути наведена у каталозі виробника.

Якщо потрібна різниця між вхідними та вихідними затискачами, то вони повинні мати чітке маркування (наприклад, слова «Мережа» та «Навантаження», розміщені біля відповідних затискачів).

Затискачі, призначені для підключення нульового провідника, повинні позначатися символом N.

Орган керування пристроєм експлуатаційного контролю позначають символом T.

До ПЗВ - Д додають електричну схему у випадках, коли їх правильне підключення викликає сумнів.

Ця вимога є обов'язковою для всіх ПЗВ — Д, що мають більше двох полюсів.

ПЗВ - Д із захисним нульовим провідником, що підключається або розмикається, повинні бути забезпечені електричною схемою.

Виводи для підключення допоміжного джерела живлення (за наявності) повинні чітко маркуватися.

Тема 6.6. Номенклатура пристроїв захисного вимикання

На ринку електротехнічної продукції набули поширення пристрої захисного вимикання як вітчизняних, так і зарубіжних виробників (рис. 6.8 – рис. 6.10).

Для споживача важливими є технічні параметри пристроїв захисного вимикання.

За стандартом нормуються наступні параметри ПЗВ:

– **номінальна напруга U_n** – діюче значення напруги, при якій забезпечується роботоздатність ПЗВ; $U_n = 220, 380 \text{ В}$;

– **номінальний струм навантаження I_n** - значення струму, яке ПЗВ може пропускати в тривалому режимі роботи. $I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125 \text{ А}$;

– **номінальний вимикаючий диференціальний струм $I_{\Delta n}$** - значення диференціального струму, яке викликає вимкнення ПЗВ за заданих умов експлуатації. $I_{\Delta n} = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5 \text{ А}$;

– **номінальний невимикаючий диференціальний струм $I_{\Delta n0}$** - значення диференціального струму, яке не викликає вимкнення ПЗВ за заданих умов експлуатації. $I_{\Delta n0} = 0,5 I_{\Delta n}$;

– **граничне значення невимикаючого надструму I_{nm}** - мінімальне значення невимикаючого надструму при симетричному

навантаженні дво- і чотиріполюсних ПЗВ або несиметричному навантаженні чотиріполюсних ПЗВ. $I_{nm} = 6 I_n$;

- **надструм** - будь-який струм, який перевищує номінальний струм навантаження;

- **номінальна вмикальна і вимикальна здатність (комутаційна здатність) I_m** – діюче значення очікуваного струму, який ПЗВ здатен увімкнути, пропускати протягом свого часу розмикання і вимкнути за заданих умов експлуатації без порушення його роботоздатності. Мінімальне значення $I_m = 10 I_n$ або 500 А (вибирається більше значення);

- **номінальна вмикальна і вимикальна здатність за диференціальним струмом $I_{\Delta m}$** – діюче значення очікуваного диференціального струму, яке ПЗВ здатен увімкнути, пропускати протягом свого часу розмикання і вимкнути за заданих умов експлуатації без порушення його роботоздатності. Мінімальне значення $I_{\Delta m} = 10 I_n$ або 500 А (вибирається більше значення);

- **номінальний умовний струм короткого замикання I_{nc}** – діюче значення очікуваного струму, яке здатен витримати ПЗВ, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань, за заданих умов експлуатації, без незворотних змін, що порушують його роботоздатність $I_{nc} = 3000; 4500; 6000; 10\ 000$ А;

- **номінальний умовний диференціальний струм короткого замикання $I_{\Delta c}$** – діюче значення очікуваного диференціального струму, яке здатен витримати ПЗВ, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань за заданих умов експлуатації без незворотних змін, що порушують його роботоздатність. $I_{\Delta c} = 3000; 4500; 6000; 10\ 000$ А;

- **номінальний час вимкнення T_n** - проміжок часу між моментом раптового виникнення вимикаючого диференціального струму і моментом гасіння дуги на всіх полюсах.

До конструкції та електричних параметрів ПЗВ через його особливе призначення - захист життя і майна людини, висуваються надзвичайно високі вимоги по надійності, перешкодостійкості, термічної і електродинамічної стійкості, матеріалів і конструкційного виконання. Цими особливими вимогами, частково пояснюється порівняно висока вартість сучасних пристроїв захисного вимкнення.

За конструкцією ПЗВ повинен мати механізм вільного розчіплення, необхідний для того, щоб рухомі контакти могли

знаходиться в стані спокою тільки в замкненому або розімкненому положенні, навіть коли органи керування знаходяться в якому-небудь проміжному положенні.





Рис.6.8. Пристрої захисного вимкнення різноманітних виробників



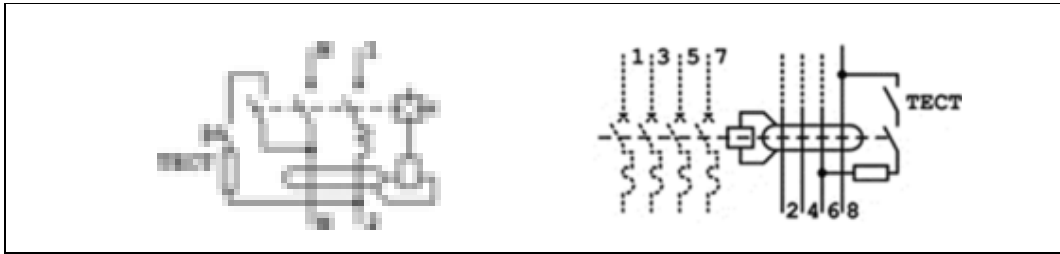


Рис.6.9. Диференціальні вимикачі



Рис. 6.10. Пристрої захисного вимкнення:
а) для увімкнення в розетку; б) у складі кабелю живлення

Рухомі контакти всіх полюсів чотириполюсного ПЗВ повинні бути сполучені між собою механічно так, щоб всі полюси, за винятком того, що комутує нульовий робочий провідник, вмикалися і вимикалися практично одночасно, незалежно від того, яким чином здійснюється операція - вручну або автоматично. Контакти полюса, що

комутує нульовий робочий провідник, повинні замикатися раніше і вимикатися пізніше за контакти інших полюсів ($\Delta T = 3-4$ мс).

Конструкція ПЗВ повинна забезпечувати його пожежну безпеку і роботоздатність, як в нормальному режимі роботи, так і при виникненні можливих несправностей та порушенні правил експлуатації.

Матеріали, з яких виготовлені частини ПЗВ, повинні бути стійкими до дії полум'я пальника.

Ізоляційні матеріали, які підтримують конструкції гвинтових контактних з'єднань, повинні бути стійкими до дії теплової енергії, що виділяється в перехідному опорі дефектного контактного з'єднання, а також стійкими до дії нагрітого проводу (960°C).

Конструкція ПЗВ повинна виключати появу в процесі експлуатації і випробувань на пожежну небезпеку полум'я, диму, розм'якшення і оплавлення конструкційних матеріалів.

Режим роботи ПЗВ - безперервний, тривалий.

Вимикаючий диференціальний струм ПЗВ згідно з вимогами стандарту може мати значення в інтервалі від 0,5 до номінального значення, вказаного виробником.

ПЗВ, функціонально не залежний від напруги живлення, не повинен спрацьовувати при знятті і повторному увімкненні напруги мережі. ПЗВ не повинен проводити автоматичне повторне увімкнення.

ПЗВ, функціонально не залежний від напруги живлення, не повинен залежати від наявності напруги в контрольованій мережі, повинен зберігати роботоздатність при обриві нульового або фазного проводів.

ПЗВ повинен спрацьовувати при натисненні вбудованої кнопки «Тест», зокрема при зниженні напруги мережі до значення $0,85 U_n$.

ПЗВ повинен бути захищений від струмів короткого замикання послідовно увімкненим захисним пристроєм: автоматичним вимикачем або запобіжником, що відповідають вимогам відповідних стандартів. При цьому номінальний струм захисного пристрою не повинен перевищувати номінальний робочий струм ПЗВ.

Опір ізоляції електричних кіл ПЗВ в нормальних кліматичних умовах повинен бути не меншим 10 МОм.

Ізоляція електричних кіл ПЗВ повинна витримувати протягом 1 хв. без пробую і поверхневого перекриття дію випробувальної напруги 2200 В (діюче значення) змінного струму частотою 50 Гц.

Згідно зі стандартом виробник повинен гарантувати надійну роботу ПЗВ протягом не менше 5 років з моменту введення в експлуатацію.

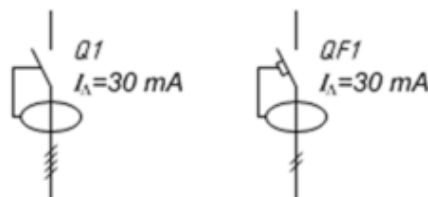
Тема 6.7. Умовні позначення пристроїв захисного вимкнення на електричних схемах

Умовні графічні позначення ПЗВ на однолінійних електричних схемах показані на рис. 6.11.

Пристрій захисного вимкнення (ПЗВ)	Диференціальний автоматичний вимикач
2-полюсний 4-полюсний	2-полюсний 4-полюсний

Рис.6.11. Умовні графічні позначення ПЗВ і диференціальних автоматичних вимикачів на однолінійних схемах

Літерно-цифрове позначення ПЗВ та диференціального автоматичного вимикача можна наносити на схемі наступним чином:



де **Q1** та **QF1** позначають функції вимикача та автоматичного вимикача відповідно і порядковий номер апарату на схемі. Значення диференціального струму позначає функцію пристрою захисного вимкнення.

Другий варіант літерно-цифрового позначення, який часто застосовується: **QD1** для ПЗВ та **QFD1** для диференційного автоматичного вимикача.

Тема 6.8. Особливості монтажу і налагоджування пристроїв захисного вимкнення

Монтаж **пристроїв захисного вимкнення** має здійснюватися, зважаючи на їх виконання за способом монтажу:

- ПЗВ поверхневого монтажу;
- ПЗВ утопленого монтажу;
- ПЗВ панельно-щитового монтажу.

Виходячи із високої чутливості ПЗВ (10; 30 мА) довжина проводки від нього до електроприймачів має бути за можливості меншою, аби запобігти хибним спрацюванням.

Обладнання електроустановки пристроєм захисного вимкнення потребує ретельної перевірки ізоляції та у разі необхідності її підсилення.

Найбільш поширеною помилкою при монтажі ПЗВ є підключення до нього навантаження, в колі якого є з'єднання нульового робочого провідника N з відкритими провідними частинами електроустановки або з'єднання з нульовим захисним провідником PE з боку навантаження (рис. 6.12.а). В цьому випадку досить висока вірогідність «помилкового» спрацювання пристрою захисного вимкнення.

При монтажі пристроїв захисного вимкнення або модернізації розподільних щитків із застосуванням ПЗВ можливі наступні помилки:

- об'єднання нульових робочих провідників N різних ПЗВ в зоні їх захисту (при цьому струм навантаження є диференціальним для обох ПЗВ і одне з них або обидва спрацюють (рис. 6.12. б);
- підключення навантаження до нульового робочого провідника N перед ПЗВ (в цьому випадку струм навантаження буде диференціальним для ПЗВ і він спрацює) (рис. 6.12. в);

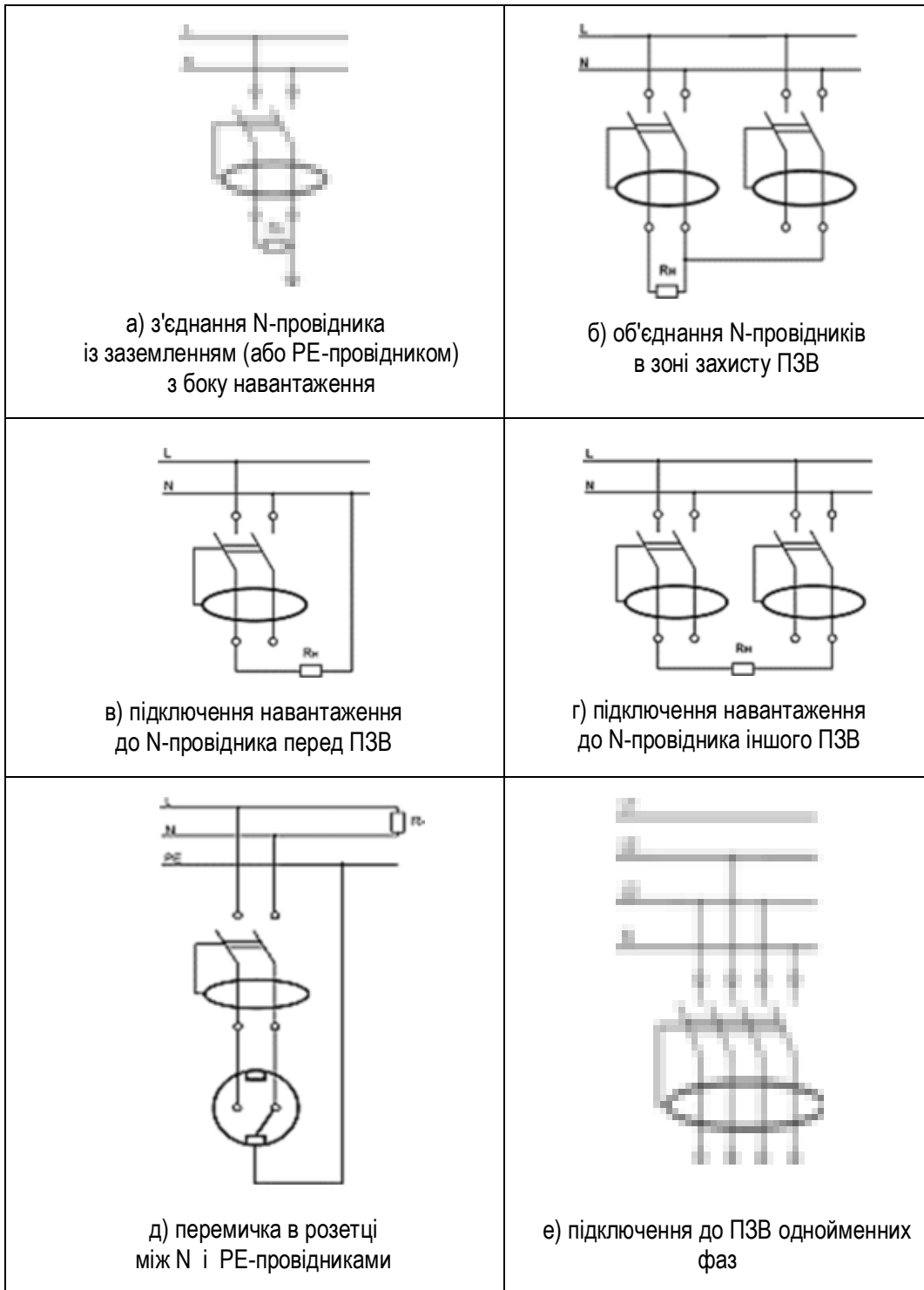


Рис. 6.12. Типові помилки при монтажі пристроїв захисного вимкнення

- підключення навантаження до нульового робочого провідника N іншого ПЗВ (при цьому струм навантаження є диференціальним для обох ПЗВ і одне з них або обидва спрацьовують) (рис. 6.12. г).

З'єднання нульового робочого провідника N із захисним провідником РЕ при монтажі розеток або розгалужувальних коробок (перемичка) в зоні захисту ПЗВ викликає спрацьовування ПЗВ (рис. 6.12. д):

- при підключенні навантаження до розетки;
- при підключенні будь-якого навантаження поза зоною захисту ПЗВ (по перемичці протікає диференціальний струм).

При підключенні чотириполюсних ПЗВ можливе помилкове підключення на його клеми однойменних фаз (це не впливає на роботу однофазних споживачів) (рис. 6.12. е). В цьому випадку перевірка роботоздатності ПЗВ за допомогою кнопки «Тест» недостовірна, оскільки неспрацьовування ПЗВ не означає, що він нероботоздатний.

При підключенні чотириполюсних ПЗВ в однофазну мережу в деяких випадках, коли не приймається до уваги схема внутрішніх з'єднань пристрою також можливе неспрацьовування пристрою при натисненні кнопки «Тест».

На рис. 6.13 та рис. 6.14 наведені схеми групових розподільних щитків із пристроями захисного вимкнення.

Перевірка правильності монтажу ПЗВ включає:

- перевірку відповідності монтажу затвердженій схемі електроустановки;
- перевірку фазування і маркування підключених до ПЗВ провідників (фазних і нульового);
- перевірку відсутності з'єднання нульового робочого провідника N в зоні захисту ПЗВ з нульовим захисним провідником РЕ, а також із заземленими корпусами електроустановки і повторним заземленням;
- контроль надійності затягування контактних затискачів ПЗВ і апаратів захисту від надструмів.

Особливу увагу слід звернути на те, що в старих електроустановках з системою заземлення TN-C (що мають на ввіді в будівлю PEN-провідник), захисний провідник РЕ, додатково прокладений в електроустановці, підключається у ввідному розподільному пристрої або в груповому щитку до суміщеного PEN-провідника (перед головним пристроєм захисного вимкнення).

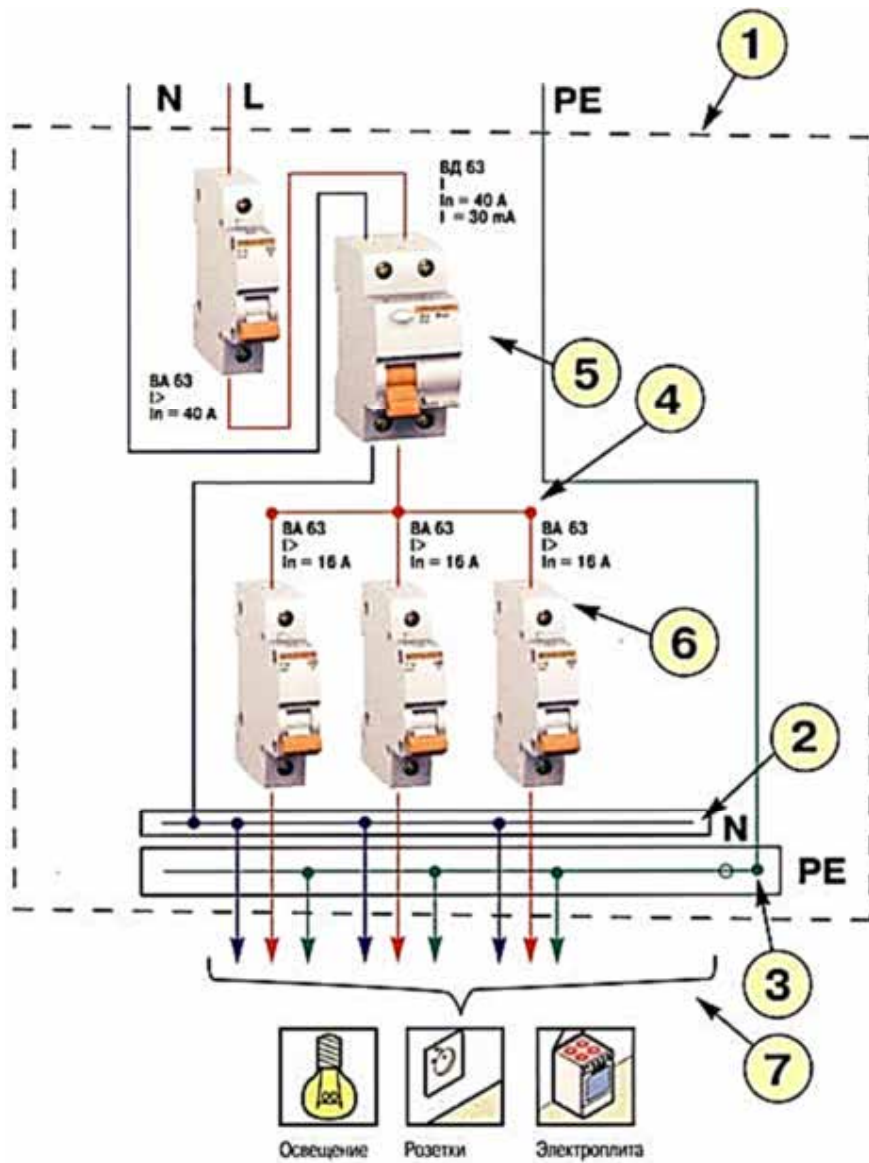


Рис. 6.13. Схема квартирний розподільний щиток із груповим ПЗВ:
 1 - пластиковий корпус щита; 2 – клемна колодка нейтрального провідника N;
 3 – клемна колодка нульового захисного провідника PE, а також провідника зрівнювання потенціалів; 4 - сполучний елемент входних затискачів захисних автоматичних вимикачів групових кіл; 5 - вимикач диференціального струму;
 6 - автоматичні вимикачі; 7 - лінії групових кіл

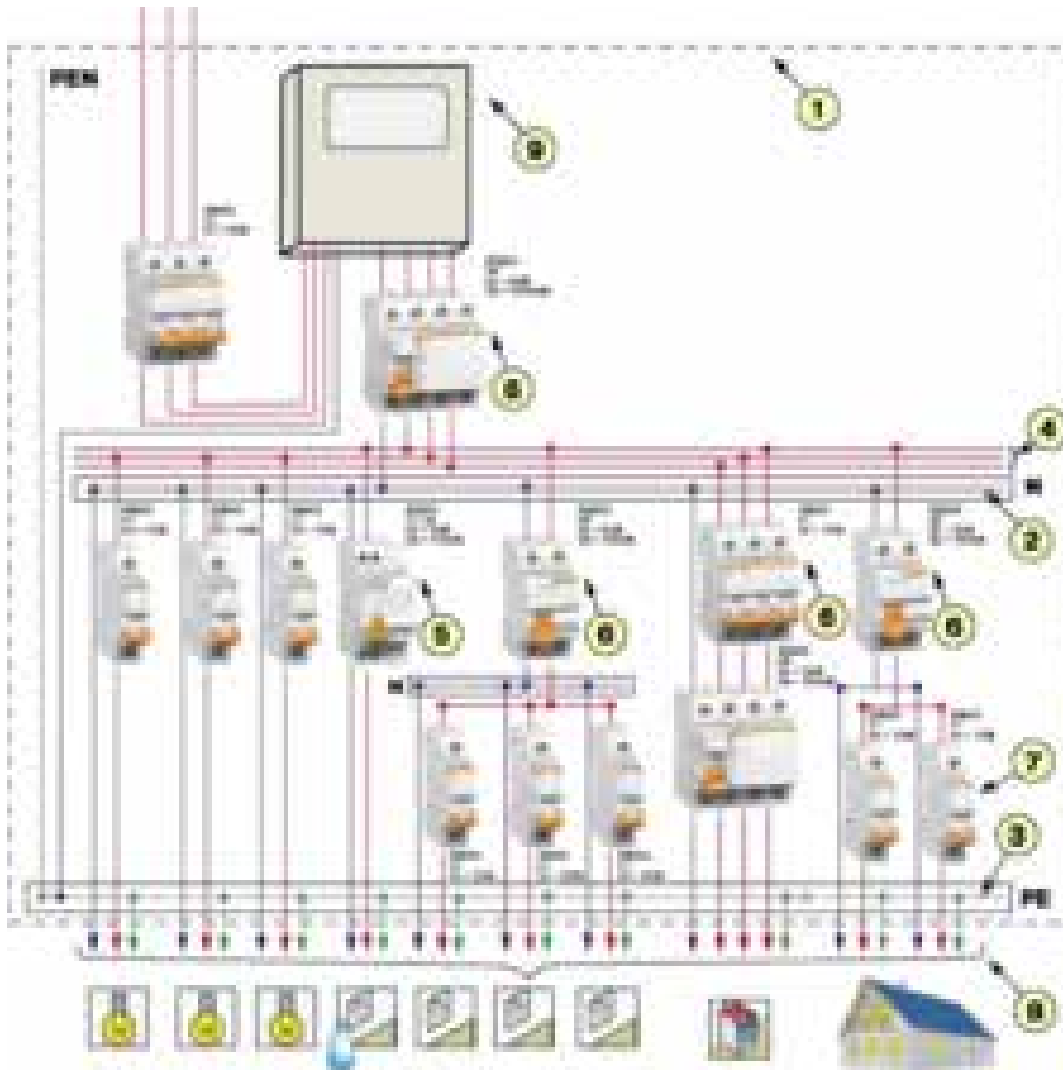


Рис. 6.14. Схема групового розподільного щита для індивідуальної будівлі:

- 1- пластиковий корпус щита ; 2 - клемна колодка нейтрального провідника **N**;
 3 - клемна колодка нульового захисного провідника **PE**, а також провідника зрівнювання потенціалів; 4 - сполучний елемент входних затискачів захисних апаратів групових кіл; 5 - **автоматичний вимикач диференціального струму** ;
 6 - вимикач диференціального струму; 7 - автоматичні вимикачі;
 8 - лінії групових кіл

Налагодження ПЗВ в основному зводиться до перевірки їх роботи за допомогою вбудованих кнопок «Контроль» («Тест») або ж з використанням спеціалізованих пристроїв і стендів.

Тема 6.9. Перевірки пристроїв захисного вимкнення

6.9.1. Загальні відомості.

Своєчасне і якісне технічне обслуговування пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ) сприяє забезпеченню їх роботоздатності та підвищенню ефективності використання. Конкретні рекомендації щодо обслуговування ПЗВ містяться у технічній документації заводів-виробників.

Перевірка роботи пристроїв захисного вимкнення проводиться з метою перевірки їх здатності до швидкого вимкнення аварійних ділянок мережі і електроприймачів, а також вимкнення мережі при випадкових доторканнях людей і тварин до струмовідних і відкритих провідних частин електроустановок до моменту досягнення струмом витікання смертельно небезпечної величини.

Перевірка роботи пристроїв захисного вимкнення (рис. 6.15) проводяться:

- перед прийманням електроустановок в експлуатацію;
- після поточних ремонтів електроустановок;
- після капітальних ремонтів електроустановок;
- не рідше одного разу на квартал п'ятикратним натисненням кнопки «Тест».

Випробування пристроїв захисного вимкнення включають наступні операції:

- перевірка фіксації органу керування ПЗВ в двох крайніх положеннях: «ВКЛ»; «ОТКЛ»;
- перевірка спрацьовування ПЗВ при поданій робочій напрузі шляхом п'ятикратного натиснення кнопки «Тест»;
- перевірка номінального вимикаючого диференціального струму, рівного I_n (ПЗВ повинен спрацювати);
- перевірка номінального невимикаючого диференціального струму, рівного $0,5 I_n$ (ПЗВ не повинен спрацювати);
- визначення часу вимикання ПЗВ при I_n (не більше 0,3 с - для ПЗВ загального призначення і не більше 0,5 с - для ПЗВ типу «S»);
- перевірка калібрування розчіплювачів захисту від перевантаження і короткого замикання за їх наявності (проводиться за методикою перевірки розчіплювачів автоматичних вимикачів).

За результатами перевірки ПЗВ має бути належним чином оформлений відповідний протокол (додаток А).

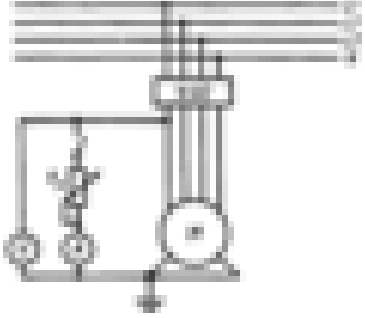
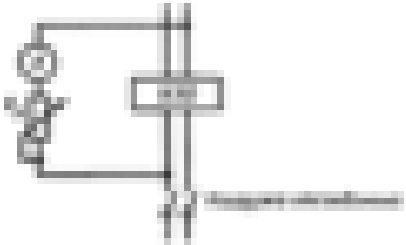
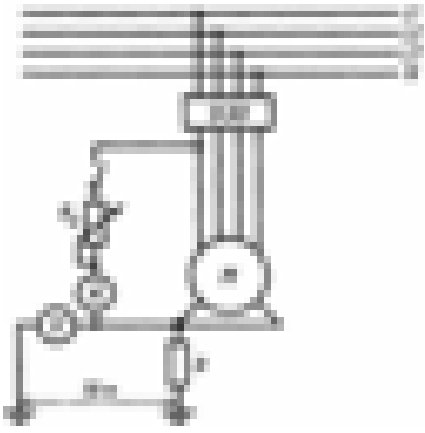
<p style="text-align: center;">а)</p> 	<p>Регульований резистор R_p приєднують міжфазним провідником з боку навантаження і відкритою провідною частиною. Струм збільшують шляхом зменшення опору резистора. Струм I_A, при якому ПЗВ спрацьовує, не повинен бути більшим за номінальний струм спрацьовування $I_{\Delta n}$.</p> <p><u>Примітка.</u> Цей метод може бути використаний для систем TN-S, TT та IT. У системі IT може бути необхідним при проведенні випробувань з'єднання точки системи із землею для забезпечення спрацьовування ПЗВ.</p>
<p style="text-align: center;">б)</p> 	<p>Регульований резистор R_p приєднують між одним провідником (фазним або нульовим) з боку живлення та іншим провідником (нульовим робочим або фазним) з боку навантаження. Струм збільшують шляхом зменшення опору резистора.</p> <p>Струм I_A, при якому ПЗВ спрацьовує, не повинен бути більшим за номінальний струм спрацьовування $I_{\Delta n}$. Навантаження під час випробування має бути від'єднане.</p> <p><u>Примітка.</u> Цей метод може бути використаний для систем TN-S, TT та IT.</p>
<p style="text-align: center;">в)</p> 	<p>Струм збільшують шляхом зменшення опору регульованого резистора R_p.</p> <p>Потім вимірюють напругу U між відкритими провідними частинами та незалежним допоміжним електродом.</p> <p>Вимірюють також струм I_A, який не повинен бути більшим за номінальний струм спрацьовування $I_{\Delta n}$ ПЗВ.</p> <p>Повинна бути виконана така умова:</p> $U \leq U_L \frac{I_A}{I_{\Delta n}},$ <p>де U_L - гранична нормована напруга дотику, В.</p> <p><u>Примітки:</u> 1 Метод 3 може бути використаний тільки у тому випадку, якщо розташування електроустановки дозволяє використовувати допоміжний електрод.</p> <p>2 Метод 3 може бути використаний для систем TN-S, TT та IT. У системі IT може бути необхідним при проведенні випробувань з'єднання точки системи із землею для забезпечення спрацьовування ПЗВ.</p>

Рис. 6.15. Методи перевірки роботи пристроїв захисного вимкнення:
а) з приєднаним навантаженням; б) з від'єднаним навантаженням;
в) з використанням допоміжного електрода

6.9.2. Приладове забезпечення перевірок пристроїв захисного вимкнення.

Вимірювач параметрів пристроїв захисного вимкнення KEW5406A (рис. 6.16. а) призначений для визначення струму спрацьовування ПЗВ.

Технічні характеристики вимірювача наведено в табл. 6.4.

Таблиця 6.4. Технічні характеристики вимірювача **KEW5406A**

Параметр	Значення параметра
Робоча напруга, В	230 +10% - 15%
Частота струму в мережі, Гц	50
Налаштування струму спрацьовування ПЗВ, мА	10; 20; 30; 200; 300; 500
Вибір діапазонів	x1/2, x1, x5, xDC
Час спрацьовування, мс	1000;200 (x5)
Роздільна здатність часу спрацьовування, мс	1
Живлення	4 елемента типу AA напругою 1,5 В
Маса, кг	0,8
Габаритні розміри, мм	175 x 115x 86

Акcesуари – штепсельні вимірювальні провідники, чохол для вимірювальних провідників, наплічний пояс, інструкція з експлуатації.

Цифровий тестер пристроїв захисного вимкнення VENETECH GT5206A (рис. 6.16. б) призначений для перевірки роботоздатності пристроїв захисного вимкнення.

У приладі використовується мікроконтролер з високою точністю, надійністю та стабільністю.

Особливості тестера:

- сигналізація про правильне або неправильне підключення тестера (три світлодіодні індикатори). При правильному підключенні засвічуються дві зелені лампочки, а червона лампочка не світиться;
- можливість вибору фази: прилад дозволяє розпочати тестування з позитивного (0°) або негативного (180°) напівперіоду;
- індикація виходу за межі вимірювання (символ «OL»). «OL mS» з'явиться на дисплеї під час перевищення часового ліміту тестування;

- автоматична фіксація показу на дисплеї: деякий час зберігається на дисплеї після кожного тестування;
- тест «AUTO RAMP»: синхронно вимірюються час спрацьовування та струм спрацьовування;
- звукова сигналізація про автоматичне вимкнення. Звуковий сигнал подається при автовимкненні через 3 хвилини неактивності тестера;
- запобіжники: тестер захищений плавкими запобіжниками;
- подвійна посилена ізоляція.

Технічні характеристики вимірювача наведено в табл. 6.5.

Таблиця 6.5. Технічні характеристики тестера BENETECH GT5206A

Параметр	Значення параметра
Робоча напруга, В	195-253
Частота струму, Гц	50
Налаштування струму спрацьовування ПЗВ, мА	10;20;30;100;300;500
Вибір діапазонів	x1/2; x1; x5; автоматичний
Похибка струму спрацьовування, %	0 ~ +10 (x1)
Час спрацьовування, мс	1000;300
Роздільна здатність часу спрацьовування, мс	1
Живлення	Від кола, що тестується
Маса, кг	0,9
Габаритні розміри, мм	180x190x90

Вимірювач параметрів пристроїв захисного вимкнення MRP-200 (рис. 6.16. в) є сучасним переносним цифровим приладом, призначеним для вимірювання параметрів електроустановок, в яких як додатковий захист застосовується ПЗВ.

Прилад забезпечує вимірювання параметрів вимикання диференціальних вимикачів типу АС, А і В (струму і часу вимикання ПЗВ).

Діапазон застосування приладу охоплює мережі змінного синусоїдального, однополярного пульсуючого і постійного струму.

Ця модифікація приладів серії MRP має додаткові можливості - вимірювання параметрів петлі короткого замикання (петлі «фаза – нуль») і збереження інформації в пам'яті комп'ютера.

Створований для вимірювання струм - синусоїдальний, однополярний пульсуючий, постійний.

Забезпечується можливість вибору початкової фази створюваного диференціального струму (0° або 180°);

За допомогою приладу можна проводити вимірювання параметрів вимкнення диференціальних вимикачів загального і селективного типу з номінальними диференціальними струмами 10, 30, 100, 300 і 500 мА.

Можливий вибір безпечної напруги дотику в межах 25 і 50 В, а для диференціальних вимикачів селективного типу - 12,5В.

Під час вимірювань забезпечується захист від перевищення безпечної напруги.

З використанням приладу можна оцінити опір заземлювального пристрою, виміряти напругу в мережі, а також напруги дотику і опору заземлювального пристрою без вимикання живлення і ПЗВ.

Прилад «запам'ятовує» результати вимірювань (400 значень) і забезпечує можливість передавання їх до комп'ютера.

Вимірювач параметрів електробезпеки електроустановок МІЕ-500 (рис. 6.16. г) призначений для електромонтажників і енергетичних служб підприємств, що виконують велику кількість вимірювань. Зручність при використанні МІЕ-500 полягає в можливості використання одного приладу для перевірки параметрів роботи всіх видів захистів.

Прилад застосовується у всіх мережах системи TN з номінальною напругою 220 В.

Функціональні можливості вимірювача МІЕ-500:

– вимірювання параметрів вимкнення диференціальних автоматичних вимикачів (ПЗВ). Створований струм витоку, вибраний користувачем:

- синусоїдальний (старт з позитивного або негативного напівперіоду)
- однополярний пульсуючий (позитивний або негативний);

– вимірювання параметрів вимкнення диференціальних вимикачів звичайного або селективного типу з номінальними диференціальними струмами - 10, 30, 100, 300 і 500 мА;

- вимірювання часу вимкнення ПЗВ при струмах рівних 0,5, 1 і 5-ти кратних номінальному диференціальному струму;
- вимірювання повного опору петлі короткого замикання і обчислення значення очікуваного струму короткого замикання;



Рис. 6.16. Приладове забезпечення перевірки пристроїв захисного вимикання:

- а) вимірювач параметрів пристроїв захисного вимкнення KEW5406A;
- б) тестер пристроїв захисного вимкнення VENETECH GT5206A;
- в) вимірювач напруги дотику і параметрів пристроїв захисного вимкнення MRP-200;
- г) вимірювач параметрів електробезпеки електроустановок MIE-500;
- д) тестер перевірки та вимірювання параметрів пристроїв захисного вимкнення SEM DT-9054

- вибір рівня безпечної напруги дотику 25 або 50 В, а для ПЗВ селективного типу - 12,5В;
- вимірювання напруги дотику;
- швидка перевірка цілісності і правильності підключення нульових провідників;
- оцінювання опору заземлювального пристрою;
- запам'ятовування 990 результатів вимірювань;
- передавання даних в комп'ютер.

Тестер перевірки та вимірювання параметрів пристроїв захисного вимкнення СЕМ DT-9054 (рис. 6.16. д) визначає:

- час спрацьовування/вимкнення ПЗВ;
- струм спрацьовування / струм витоку.

Використовуючи тестер, можна також визначити фазний провід, наявність заземлення та виміряти напругу мережі.

Особливості тестера СЕМ DT-9054:

- рідиннокристалічний двокольоровий широкий дисплей;
- можливість вибору стандартного значення струму витоку;
- кольорова візуалізація відповідності одержаних результатів встановленим значенням;
- проведення вимірювань ПЗВ зі стандартними значеннями струму витоку та з витримкою за часом вимкнення;
- безпосереднє підключення вимірювача до розетки, що значно полегшує процес перевірки;
- подвійна ізоляція;
- наявність захисту від механічних ушкоджень;
- компактні розміри, невелика вага та зручність в експлуатації;
- висока точність визначення необхідних параметрів;
- автоматичне вимкнення пристрою через 50 секунд після останнього тестування;
- функція поновлення кожні 450 мсек;
- ступінь захисту IP40;
- відповідає стандартам: IEC 61010-1; IEC 61557-6 NF EN 61557-6; IEC 61236 (EMC);
- попереджувальна сигналізація про підключення до мережі 400 В та про наявність напруги дотику > 50В з блокуванням показань;

– індикатор розряду батареї.

Технічні характеристики тестера наведено в табл. 6.6.

Таблиця 6.6. Технічні характеристики тестера СЕМ DT-9054

Параметр	Значення параметра
Робоча напруга, В	195 – 253
Частота струму в мережі, Гц	45 - 65
Поточні налаштування струму витоку, мА	10; 30; 100; 300; 500; 650
Точність вимірювання струму вимкнення ПЗВ	±10% ±2 знаки
Діапазон вимірювання часу спрацьовування, мс	0 - 300
Точність вимірювання часу спрацьовування	±5 % ±3 знаки
Живлення	4 батареї типу АА напругою 1,5 В
Маса, кг	0,253
Габаритні розміри, мм	200x70x45

Прилад для перевірки ПЗВ С.А6030 (рис. 6.17) відноситься до нового покоління тестерів для повного і точного тестування пристроїв захисного вимкнення.

Прилад забезпечує можливість:

- тестування диференціальних вимикачів стандартних, селективних, типу А і АС (зокрема без спрацьовування захисту);
- вимірювання часу спрацьовування захисту (імпульсний або пілкоподібний тестовий струм) і точне визначення струму спрацьовування (у режимі пілкоподібного струму);
- вимірювання опору заземлення при поданій напрузі;
- вимірювання опору петлі заземлення і вимірювання петлі при поданій напрузі з використанням одного допоміжного електроду (поставляється за додатковим запитом).

Функціональні можливості приладу:

- п'ять фіксованих діапазонів струму витоку 10/30/100/300/500 мА і настроюваний діапазон від 6 до 650 мА;
- автоматичне змінювання L і N входів при з'єднанні з розеткою;
- автоматизовані вимірювання напруги і частоти струму в мережі;
- вимірювання струму і часу спрацьовування ПЗВ;
- визначення порядку чергування фаз (2 або 3 провідна мережа);



Рис. 6.17. Прилад для перевірки пристроїв захисного вимкнення С.А6030:

а) загальний вигляд приладу, додаткового приладдя, струмових кліщів та принтера; б) схема увімкнення приладу для вимірювань

- вимірювання струмів витoku (із струмовими кліщами);
- програмована звукова сигналізація;
- фіксація дати і часу вимірювань;
- підсвічування дисплея (великий РК-дисплей з двома цифровими індикаторами (4000 епр), безліч символів);
- швидке безпомилкове підключення, завдяки проводу з мережевою вилкою;
- сигналізація і збереження подій (дата, час) в пам'яті (100 вимірювань);
- зв'язок по оптичному кабелю:
- безпосередній друк на принтер з послідовним інтерфейсом;
- передавання даних з пам'яті на ПК (поставляється стандартна програма);

Прилад укомплектований паском, щоб звільнити руки оператора під час вимірювань.

До приладу додається стандартна програма для передавання і обробки даних на ПК.

Загальні характеристики приладу:

- живлення: 6х1,5 В гальванічних елементів або акумуляторів;
- рівень електромагнітної сумісності відповідає стандарту EN61326;
- захист від впливу навколишнього середовища - IP 54;
- маса - 900 г;
- габаритні розміри: 211х108х60 мм.

Прилад відповідає стандартам EN 61010-1 і EN 61557.

Додаток А

Протокол перевірки пристрою захисного вимкнення (ПЗВ)

1 Технічні параметри ПЗВ

1 Спосіб і місце встановлення _____
(щитовий, ПЗВ-вилка, ПЗВ-розетка)

2 Число полюсів і число струмопровідних провідників _____
(2,4)

3 Номінальна напруга (U_n) _____
(220, 380 В)

4 Номінальний струм (I_n) _____
(16, 25, 40, 63, 80, 100 А)

5 Номінальний вимикаючий диференціальний струм ($I_{\Delta n}$) _____
(10, 30, 100, 300, 500 мА)

6 Максимальний час вимкнення (T_n) _____
($I_{\Delta n} < 0,3$ с; $2I_{\Delta n} - 0,15$ с; $5I_{\Delta n} - 0,04$ с;)

7 Номінальний невимикаючий диференціальний струм ($I_{\Delta n_0}$) _____
 $I_{\Delta n_0} = 0,5I_{\Delta n}$

8 Номінальна вмикальна і вимикальна здатність (I_m) _____
 $I_m = 10I_n$ (але не менше 500 А)

9 Номінальна вмикальна і вимикальна здатність за диференціальним струмом ($I_{\Delta m}$) _____
 $I_{\Delta m} = 10I_n$ (але не менше 500 А)

10 Граничне значення невимикаючого струму в умовах надструму (I_{nm}) _____
 $I_{nm} = 6I_n$

11 Номінальний струм короткого замикання (I_{nc}) _____
3000, 4500, 6000, 10000 А

12 Номінальний умовний диференціальний струм короткого замикання ($I_{\Delta c}$) _____
3000, 4500, 6000, 10000 А

2 Перевірка правильності встановлення ПЗВ в схемі електроустановки

1 Обґрунтованість вибору зони захисту ПЗВ _____

Перелік електроприймачів в зоні захисту, що вимагають обов'язкового захисту за допомогою ПЗВ (сантехкабіни, ванни, сауни, розеткові групи і т. д.)

2 Відповідність параметрів ПЗВ розрахунковим

$U_n, I_n, I_{\Delta n}, I_{\Delta n 0}, T_n, I_m, I_{Dn}, I_{nm}, I_{nc}, I_{\Delta c}$

3 Відповідність параметрів ПЗВ параметрам пристроїв захисту від надструмів

$I_{nПЗВ} > = I_{nAB}$

3 Перевірка правильності монтажу

1 Перевірка відповідності монтажу затвердженій схемі електроустановки

Монтаж відповідає схемі

2 Перевірка фазування підключених до ПЗВ провідників (фазних і нульового робочого)

Нульовий робочий і фазний провідники підключені відповідно позначенням на корпусі ПЗВ

3 Перевірка відсутності з'єднання нейтрального провідника N в зоні захисту ПЗВ із захисним провідником PE, а також відкритими провідними частинами електроустановки

Нейтральний провідник в зоні захисту не має з'єднань

із захисним провідником PE, а також відкритими провідними частинами електроустановки

4 Контроль надійності затягування контактних затискачів ПЗВ і апаратів захисту від надструму

Затягування контактних затискачів виконане із зусиллям не менше 10 Н*м

4 Перевірка роботоздатності ПЗВ

1 Перевірка фіксації органу керування

Рукоятка чітко фіксується в обох («Увімкнено» («On») і «Вимкнено» («Off»)) положеннях

2 Перевірка шляхом натиснення кнопки «Тест» (п'ятикратно)

Пристрій спрацьовує

3 Вимірювання вимикаючого диференційного струму _____

$I_{\Delta min} =$

4 Вимірювання «фонового» струму витоку (I_{вит}) електроустановки

$I_{вит} =$

5 Перевірка роботоздатності системи електрозахисту електроустановки в цілому на базі ПЗВ

Вказати на схемі електроустановки точки включення імітатора витоку

Нейтральний провідник (N-провідник) - провідник в електроустановках напругою до 1 кВ, електрично з'єднаний з нейтральною точкою джерела живлення, який використовують для розподілу електричної енергії.

Захисний провідник (PE-провідник, від англ. “*protective earthing*” – захисне заземлення) - провідник, призначений для забезпечення захисту від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції (наприклад, провідник для з'єднання відкритих провідних частин із заземлювачем, заземлювальним провідником, іншими відкритими провідними частинами, сторонніми провідними частинами, заземленою струмовідною частиною, глухозаземленою нейтральною точкою джерела живлення тощо)

PEN-провідник - провідник в електроустановках напругою до 1 кВ, який поєднує в собі функції захисного (PE-) і нейтрального (N-) провідників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Апостолюк В.О. Інтелектуальні системи керування: конспект лекцій / В.О.Апостолюк, О.С.Апостолюк. — К.: НТУУ «КПІ», 2008. — 88 с.
2. Болбот І.М. Автоматизація процесів керування тепличними комплексами з моніторингом якості продукції: дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: 05.13.07 – Автоматизація процесів керування. Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. К., 2020.
3. Головка В.А. Нейросетевые технологии обработки данных: учеб. Пособие / В.А.Головка, В.В.Краснопрошин — Минск: БГУ, 2017. — 263 с.
4. ДБН В.2.5. – 23 – 2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення. Державний комітет України з будівництва та архітектури. – К.: 2004. – 128 с.



5. ДНАОП 0.00. – 1.32 – 01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок. – К.: ПП «Фірма Гранмна», 2001. – 117 с.



6. Єрмолаєв С.О. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК: Підручник / С.О.Єрмолаєв, В.О.Мунтян, В.Ф.Яковлев (за ред. С.О.Єрмолаєва). – К.: Мета, 2003. – 543 с.
7. Заєць Н.А. Наукові основи керування електротехнічними комплексами неперервних виробництв із прогнозуванням нештатних ситуацій: дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: 05.09.03 – Електротехнічні комплекси та системи. Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. К., 2019.
8. Зейбот В.В. Фазочувствительное устройство защиты электродвигателей напряжением до 1000В / В.В.Зейбот, А.О.Грундулис. // Промышленная энергетика. – 1980. – №8. – С.34 – 40.

9. Касаткин А.И. Профессиональное программирование на языке Си. Системное программирование. Справочное пособие / А.И.Касаткин. — Минск: Высшая школа, 1993. — 300 с.

10. Кодекс комерційного обліку електроенергії. ЗАТВЕРДЖЕНО. Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 311.



11. Коробський В.В. Основи технічної експлуатації електрообладнання та засобів керування: Навч. посібник / В.В.Коробський, М.Т.Лут, А.М.Мрачковський. – К.: ФОП Ямчинський О.В., 2020. – 395 с.

12. Коробський В.В. Обслуговування енергообладнання та засобів керування. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В.В.Коробський, М.Т.Лут, А.М.Мрачковський, М.М.Рибій. – К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2019. – 585 с.

13. Корчемний М.О. Нейронні мережі / М.О.Корчемний, В.П.Лисенко, М.В.Чапний. — К.: НАУ, 2008. — 156 с.

14. Корчемный Н.А. Повышение надежности электрооборудования в сельском хозяйстве / Н.А.Корчемный, В.П.Машевский. – К.: Урожай, 1998. – 176 с.

15. Лисенко В.П. Система управління біотехнічними об'єктами із нейромережевими блоками / В.П.Лисенко, В.М.Штепа, Б.Л.Голуб, І.М.Болбот, В.Л.Щербатюк // XIX Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика 2012», Київ, 26-28 вересня 2012 року: тези доповіді. С. 223–224.

16. Лисенко В.П. Структура та архітектура електротехнічного роботизованого комплексу фітомоніторингу рослин в теплиці / В.П.Лисенко, І.М.Болбот, І.І.Чернов // II Міжнародна науково-практична конференція. Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні. Київ, 25-26 червня 2015 року: тези доповіді. С. 117–118.

17. Лут М.Т. Діагностування енергетичного обладнання / М.Т.Лут, В.А.Наливайко, І.П.Радько // Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2–е вид., перероб. і доп. – К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014. – 590 с.

18. Лут М.Т. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ / М.Т.Лут, О.В.Мірошник, І.М.Трунова. – Харків: Факт, 2008. – 438 с.

19. Лут М.Т. Технології обслуговування і ремонту енергетичного обладнання і засобів автоматики: навчальний посібник для студентів навчальних закладів. Частина 1. (перевидання, доповнене і перероблене) / М.Т.Лут, В.В.Коробський. – К.: ФОП Ямчинський О.В., 2020. – 558 с.

20. Мусин А.М. Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты / А.М.Мусин. – М.: Колос, 1979. – 112 с.

21. Нугер Б.К. Технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарських електроустановок. Довідник / Б.К.Нугер. – К.: Урожай 1991. –178 с.

22. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х.:Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.



23. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Затверджено Наказ Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012 та № 905 від 16.11.2012).



24. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказ Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 №4. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10.02.98 за № 93/2533.



25. Правила роздрібного ринку електричної енергії. ЗАТВЕРДЖЕНО Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 312.



26. Установки для компенсації реактивної потужності. Терміни та визначення. ДСТУ 3122-95. – [Чинний від 1996-01-07], – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 14 с. – (Національний стандарт України).

27. Червінський Л.С. Електричне освітлення та опромінення / Л.С Червінський, Л.О. Сторожук. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. – 214 с.

28. Охорона праці в галузі (електробезпека): Навч. посібник / М.Т.Лут, І.П.Радько, П.М.Ковтун, О.В.Окушко; за ред. М.Т. Лута. – К.: ЦП «Компринт», 2017. – 355 с.

29. Яцун М.А. Експлуатація та діагностування електричних машин і трансформаторів: Навч. посібник / М.А.Яцун. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 180 с.

**В.А.Наливайко, І.П.Радько, В.В.Коробський, В.І.Радько,
О.В.Окушко, М.Т.Лут, В.В.Васюк**

**ДІАГНОСТУВАННЯ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ.
ВИПРОБУВАННЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ
В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

Навчальний посібник

**Видавець ФОП Ямчинський О.В.
03150, Київ, вул. Предславинська, 28
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК № 6554 від 26.12.2018 р.**

Формат 60x84/16. Наклад 300 прим. Ум.друк. арк. XX. Зам.№ .

**Виготовлювач ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ»
03150, Київ, вул. Предславинська, 28
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК № 4131 від 04.08.2011р.**