

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра	Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	172 – Телекомунікації та радіотехніка
Тип програми	освітньо-професійна
Освітня програма	Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки (код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« _____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Мараховському Денису Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизація процесу дистанційного тестування ПЗВ у промислових мережах електропостачання

затверджена наказом по університету від 02.11. 2020 р. № _____ Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 17.12. 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Параметри якості електроенергії. АРМ для дистанційного тестування параметрів промислових електромереж. Тестовий програмний продукт для демонстрації.

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

4.1 Вступ

4.2 Аналіз предметної області параметрів якості електропостачання

4.3. Обґрунтування обраної теми

4.4 Реалізація процесу автоматизації

4.5 Програмне забезпечення автоматизованого процесу дистанційного тестування. Експериментальні дослідження

4.6 Висновки та перелік використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 13 с. формату А4

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Керівник (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання	26.10.20	Виконано
2	Аналіз вихідних даних та літератури за темою атестаційної роботи	02.11.20	Виконано
3	Огляд та аналіз параметрів якості електропостачання	06.11.20	Виконано
4	Постановка мети та задач дослідження	10.11.20	Виконано
5	Планування досліду, опис складових	19.11.20	Виконано
6	Проведення досліду та формування висновків відносно нього	26.12.20	Виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	04.12.20	Виконано
8	Подача атестаційної роботи до екзаменаційної комісії	17.12.20	Виконано

Дата видачі завдання

Студент

(підпис)

Мараховський Д.М.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Іванов Л.С.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 112 с., 6 табл., 21 рис., 2 дод., 23 джерела.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ, ДИСТАНЦІЙНЕ ТЕСТУВАННЯ, ПЗВ,
МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ПРОМИСЛОВІСТЬ.

Об'єкт дослідження – дистанційне тестування стану та параметрів промислових електромереж.

Предмет дослідження – автоматизація процесів у виробництві.

Мета магістерської атестаційної роботи – розробка автоматизації процесу дистанційного тестування стану та параметрів промислових мереж електропостачання.

Методи дослідження – теоретичне обґрунтування вирішення задач автоматизації; розробка процесу автоматизації з підбором технічних та програмних засобів, а також підготовленого персоналу; економічне обґрунтування процесу автоматизації; пропозиції щодо впровадження на підприємствах.

У магістерській атестаційній роботі досліджено вплив наслідків відсутності своєчасного тестування стану та параметрів промислових електромереж на економічну ефективність та прибутковість виробничого процесу, а також безпеку праці виробників підприємств.

Для цього проведений теоретичний аналіз обґрунтування необхідності автоматизації процесу автоматизації дистанційного тестування промислових електромереж, відбір технічних та програмних засобів, а також фахівців для здійснення процесу тестування.

На основі проведеного дослідження було розроблено та запропоновано для впровадження у промисловість автоматизацію процесу дистанційного тестування параметрів та стану електромереж.

ABSTRACT

Explanatory note 112 pages, 6 tables, 21 figures, 2 additions, 23 sources.

PROCESS AUTOMATION, REMOTE TESTING, RCD, POWER SUPPLY NETWORKS, INDUSTRY.

The object of research is remote testing of the state and parameters of industrial electrical networks.

The subject of the research is automation of processes in production.

The purpose of the master's certification work is to develop automation of the process of remote testing of the state and parameters of industrial power supply networks.

Research methods – theoretical justification of solving automation problems; development of the automation process with the selection of technical and software tools, as well as trained personnel; economic justification of the automation process; proposals for implementation at enterprises.

In the master's certification work, the influence of the consequences of the lack of timely testing of the state and parameters of industrial power grids on the economic efficiency and profitability of the production process, as well as labor safety of manufacturers of enterprises, is studied.

For this purpose, a theoretical analysis of the justification of the need to automate the process of automating remote testing of industrial power grids, selection of technical and software tools, as well as specialists for the testing process was carried out.

Based on the conducted research, automation of the process of remote testing of parameters and state of power grids was developed and proposed for implementation in the industry.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області параметрів якості електропостачання.....	11
1.1 Характеристика промислових мереж електропостачання.....	11
1.1.1 Призначення промислових електромереж.....	11
1.1.2 Загальна класифікація електромереж.....	14
1.2 Класифікація негативних явищ, які виникають при постійному електропостачанні.....	16
1.3 Характеристика технічних засобів ПЗВ та їх класифікація.....	26
1.4 Способи використання засобів ПЗВ.....	39
1.5 Параметри тестування та контролю показників якості електропостачання (стандарти якості електропостачання, прийняті НКРЕКП).....	40
1.6 Висновки по розділу I	47
2 Обґрунтування обраної теми.....	48
2.1 Обґрунтування необхідності постійного тестування параметрів електропостачання.....	48
2.2 Методики проведення тестування тестером ПЗВ RCDT330.....	53
2.3 Особи, які здійснюють процес тестування параметрів в промислових мережах.....	55
2.4 Особливості процесу дистанційного тестування параметрів.....	59
2.5 Висновки по розділу II	59
3. Реалізація процесу автоматизації.....	72
3.1 Автоматизація процесу дистанційного тестування показників якості електромереж.....	72
3.2 Розробка структури автоматизації процесу дистанційного тестування промислових електромереж	76

3.3 АРМ для спеціаліста з проведення процесу дистанційного тестування та порядок розрахунку їх кількості	84
3.4 Економічна ефективність застосування операцій ОК на виробництві.....	86
3.5 Висновки по розділу III	91
4. Програмне забезпечення автоматизованого процесу дистанційного тестування.....	92
4.1 Розробка програмного продукту.....	92
4.2 Експеримент	96
4.3 Висновки по розділу IV	99
5 Охорона праці.....	100
5.1 Правила роботи за комп'ютером.....	100
5.2 Правила поведінки при роботі з електричним струмом.....	102
Висновки.....	105
Перелік джерел посилання.....	106
Додаток А Тестова програма експерименту.....	109
Додаток Б Демонстраційний матеріал у вигляді презентації.....	112

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

А, мА, мкА – ампер, міліампер, мікроампер;

АРМ – автоматизоване робоче місце;

АСК – система автоматизованого керування;

АСУП – автоматизована система управління підприємством;

В, кВ – вольт, кіловольт;

Вт – ватт;

Гц – герц;

ЕРС – електрорушійна сила;

ЖКХ – житлово-комунальний сервіс;

ІС – інформаційні системи;

КЗ – коротке замикання;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КСР – користувач системи розподілу;

ЛЕП – лінії електропередач;

НКРЕКП – національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг;

ОЕС – об'єднана енергетична система;

ОК – об'єктивний контроль;

ОСП – оператор системи передачі;

ОСР – оператор системи розподілу;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЗВ – пристрій захисного відключення;

ПК – персональний комп'ютер;

ПЛ – повітряні лінії;

ЯЕЕ – якість електроенергії.

ВСТУП

В сучасних умовах нестабільної економіки важливішим фактором для стабільності виробництва є безперебійне постачання електроенергії у заданих параметрах. Зупинка у своєчасному постачанні або перебої дуже впливають на рівень прибутку підприємства. Тому правильна та своєчасна організація контролю параметрів електропостачання у промислових мережах, та зняття усіх негативних наслідків у результаті цього є актуальною проблемою виробництва.

Актуальність теми магістерської атестаційної роботи є розробка та запропонування у промисловість автоматизованого процесу проведення дистанційного контролю за станом та параметрами електропостачання у промислових мережах за принципом тестування цих мереж, з використанням пристроїв ПЗВ. Несвоєчасне тестування стану електромереж та його параметрів приводить до збоїв або зовсім до зупинки електропостачання, що впливає на працездатність виробничого обладнання та електробезпеку працівників. Тобто вихідними даними запропонованої роботи є стан та параметри промислових мереж електропостачання при здійсненні технологічних операцій у процесі виробництва.

Мета дослідження – розробка автоматизації процесу дистанційного тестування стану та параметрів промислових мереж електропостачання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання дослідження:

- визначити та вибрати технічні засоби автоматизації процесу дистанційного тестування;
- визначити та вибрати методи тестування;
- запропонувати фахівців, які виконують тестування;
- розробити тестовий програмний продукт процесу тестування;
- здійснити розрахунок економічної ефективності процесу.

Предмет дослідження – автоматизація процесів у виробництві.

Об'єкт дослідження – дистанційне тестування стану та параметрів промислових електромереж.

Методи досліджень:

- теоретичне обґрунтування вирішення задач автоматизації;
- розробка процесу автоматизації, з підбором технічних та програмних засобів, а також підготовленого персоналу;
- економічне обґрунтування процесу автоматизації;
- пропозиції щодо впровадження на підприємствах.

Дослідження асортименту класифікації та технічні характеристики та технічних засобів пристрою автоматизації процесу дистанційного тестування.

Практична цінність – результатами дослідження є розроблений тестовий програмний продукт, який був представлений на підприємстві «Харків-Прилад» та рекомендований для подальшого впровадження.

Елементи наукової новизни дослідження – це подальше розширення та запропонування автоматизації промислових процесів з метою підвищення економічної ефективності та зниження травмонебезпеки виробництва.

Робота повинна бути виконана згідно з методичними вказівками з розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи [1].

Результати магістерської атестаційної роботи апробовані в одній тезі доповідей, підготовленої за матеріалами роботи, в одному виступі на міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2020» та опубліковані в журналі «WayScience».

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Характеристика промислових мереж електропостачання

1.1.1 Призначення промислових електромереж

Мережі електропостачання промислових підприємств створюються для забезпечення живлення електроенергією промислових приймачів, до яких ставляться електродвигуни різних машин і механізмів, електричні печі, електролізні установки, апарати й машини для електричного зварювання, освітлювальні установки та засобів автоматизації технологічних процесів.

В міру розвитку електроспоживання ускладнюються і мережі електропостачання промислових підприємств. Виникає необхідність впроваджувати автоматизацію систем електропостачання промислових підприємств, здійснювати в широких масштабах диспетчеризацію процесів виробництва із застосуванням телесигналізації й телекерування й вести активну роботу з економії електроенергії та збереження високотехнологічного обладнання [23].

Важливою особливістю мереж електропостачання є неможливість створення запасів основного використовуваного продукту електроенергії. Вся одержувана електроенергія негайно споживається. При непередбачених коливаннях навантаження необхідна точна й негайна реакція системи керування, що компенсує виниклий дефіцит.

Мережі електропостачання великого підприємства притаманна наявність глибоких внутрішніх зв'язків, що не дозволяють розгалужувати системний, комплексний підхід, що враховує взаємовплив факторів, і урахування їхньої динамічності. Під впливом різноманітних збурювань відбувається безперервна зміна стану системи електропостачання в цілому [23].

Головною проблемою в найближчому майбутньому може стати створення раціональних мереж електропостачання промислових підприємств, що зв'язано з наступним:

- вибором і застосуванням раціонального числа трансформацій. Застосування на промислових підприємствах раціональних систем електропостачання приведе до скорочення числа трансформацій до двох-трьох. У цьому випадку економія електроенергії складе не менш 10-15% усього її споживання промисловим підприємством;

- вибором, постачанням і застосуванням раціональної напруги. Застосування раціональної напруги у мережах електропостачання промислових підприємств дає значну економію у втратах електроенергії. Нераціональні рішення в цьому напрямку приводять до того, що в експлуатації перебувають мережі електропостачання, у яких втрати електроенергії доходять до 35-40%;

- правильним вибором місця розміщення цехових і головних розподільних (понижувальних) підстанцій. Розташування живильних підстанцій у відповідних центрах електричних навантажень забезпечує мінімальні річні наведені витрати. Усякий зсув живильної підстанції із центру електричних навантажень веде до збільшення цих витрат і підвищення витрат електроенергії;

- подальшим удосконаленням методики визначення електричних навантажень. Правильне визначення очікуваних навантажень сприяє рішенням загального завдання оптимізації побудови мережі промислового електропостачання;

- раціональним вибором числа та потужності трансформаторів, а також схем електропостачання та їхніх параметрів, що веде до скорочення втрат електроенергії, підвищенню надійності і сприяє здійсненню загального завдання оптимізації побудови мереж електропостачання;

- принципово новою постановкою для рішення таких завдань, як, наприклад, вирівнювання електричних навантажень. Підтримка напруги, близької до номінальної, звичайно провадиться за рахунок регулювання

напруги різними додатковими пристроями. При цьому в умовах глибокого регулювання напруги особливе місце мають додаткові втрати електроенергії. У таких випадках ефективніше застосовувати підвищення номінальної напруги, що економічно набагато вигідніше [23].

Загальне завдання оптимізації мереж промислового електропостачання, крім зазначених вище положень, включає також вибір раціональних рішень на перетини проводів і жил кабелів, способів компенсації реактивної потужності, автоматизації, диспетчеризації, контролю та тестуванню параметрів.

На сьогодні спостерігається прогресуюче старіння основного обладнання електричних мереж, особливо розподільних. Розподільні електричні мережі напругою 0,4...35 кВ представляють кінцеву ланку в системі забезпечення споживачів електричною енергією.

Тому при експлуатації розподільних електричних мереж виникає необхідність постійно здійснювати оцінку показників надійності, якості і режимів споживання електроенергії, що дозволить підвищувати енергоефективність роботи енергетичного обладнання, якість та надійність електропостачання, виходячи з нових підходів до оцінювання, процесу управління, споживання та передавання електроенергії [23].

В дослідження процесів функціонування розподільних мереж, проведення оцінювання їх надійності та якості постачання, взаємодію зі споживачем внесли роботи наукових діячів: Праховника А.В., Гордєєва В.І., Лежнюка П.Д., Кириленка О.В., Папкова Б.В., Денисюка С.П., Попова В.А., Огорокова В.Р.

До електричних мереж, які служать для розподілу електроенергії між споживачами, висуваються такі вимоги:

- забезпечувати надійне, – безперебійне електропостачання;
- постачати електроенергію необхідної якості. Якість електроенергії характеризується показниками, що визначають ступінь відповідності напруги та частоти в мережі їхнім нормованим значенням;
- задовольняти умови економічності споруди і експлуатації обладнання.

Електричні мережі повинні забезпечувати безпеку і зручність експлуатації, а також можливість розвитку без докорінного переобладнання. Обов'язковою умовою є випереджаючий розвиток електричних мереж [23].

1.1.2 Загальна класифікація електромереж

Сучасні електричні мережі представляють собою складні технічні системи. Складність таких систем не дозволяє визначити єдиний підхід до їх класифікації. На сьогодні найчастіше використовують класифікацію електричних мереж за наступними ознаками:

– за родом електричного струму:

а) системи постійного струму;

б) системи змінного струму: промислової частоти (50 Гц, в деяких країнах – 60 Гц); інші (наприклад, бортові електричні системи кораблів та літаків працюють на частоті 400 Гц);

в) системи імпульсного струму [23].

– за способом організації живлення споживачів:

а) однофазні;

б) трифазні (трипровідні, чотирипровідні);

в) багатофазні.

– за номінальною напругою:

а) низьковольтні (до 1 кВ);

б) високовольтні (більше 1 кВ): низької напруги (до 10 кВ); середньої напруги (35 кВ); високої напруги (110-220 кВ); надвисокої напруги (330-750 кВ); ультрависокої напруги (вище 1000 кВ).

– за режимом роботи нейтралі:

а) мережі із глухо заземленою нейтраллю;

б) мережі із компенсованою нейтраллю;

в) мережі з ефективно-заземленою нейтраллю;

г) мережі із ізольованою нейтраллю.

– за призначенням:

а) місцеві електричні мережі (міські, промислових підприємств, сільські) обслуговують невеликі райони з відносно малою щільністю навантаження радіусом дії до 15-20 км з номінальною напругою до 35 кВ, інколи – до 110 кВ;

б) районні електричні мережі забезпечують живлення споживачів великих районів. Такі мережі працюють з номінальною напругою 110-220 кВ, інколи 330 кВ;

в) системоутворюючі електричні мережі для об'єднання районних електричних мереж на паралельну роботу в енергооб'єднання. Такі мережі містять лінії електропередач з номінальною напругою 330 кВ та вище.

– за характером споживачів:

а) електричні мережі промислових підприємств;

б) міські електричні мережі;

в) сільські електричні мережі.

– за конфігурацією:

а) розімкнені (рис.1.1): магістральні, радіальні;

б) замкнені (рис.1.2).

– за режимом роботи:

а) автономні;

б) об'єднанні.

– за конструктивним виконанням:

а) електричні мережі повітряних ліній електропередач;

б) електричні мережі кабельних ліній електропередач;

в) мережі внутрішніх електричних проводок [23].

кінцевого споживача, і чим далі від джерела, тим більший ризик виникнення проблем з якістю і надійністю електропостачання. Статистика говорить, що сьогодні зниження напруги від номінального рівня в межах 15% в міських мережах – це вже норма, а сільські електричні мережі давно зашкалюють навіть за цей показник.

Причинами неякісного електропостачання можуть бути:

- перевантаженість лінії електропередачі;
- коротке замикання або удари блискавки;
- наявність в лінії працюючих промислових і побутових електроприладів з великим імпульсним енергоспоживанням: зварювальні апарати, нагрівачі, електродвигуни, тощо;
- неякісна електропроводка в будівлі або її неправильне з'єднання;
- вихід з ладу устаткування електропідстанцій або його несправність;
- обрив лінії електропередачі та інше.

Внаслідок перерахованих вище причин неякісного електропостачання можуть виникати суттєві зміни параметрів мережевої напруги, такі як імпульсні сплески, короткочасні та довготривалі підвищення напруги у разі вимкнення потужних пристроїв або при перемиканні мережевих вимикачів, а також пониження напруги у випадку різкого зменшення навантаження, ударах блискавки, або недостатній потужності електричних мереж. Також мають місце такі негативні явища, як спотворення форми вихідної напруги, коливання частоти, поява шумів та електромагнітних наведень, і найгірший варіант – це звісно повна відсутність напруги в мережі [3].

Інший не менш небезпечний та неприємний випадок – це збої в роботі електромережі, що спричиняють вихід з ладу дорогого обладнання.

Зниження напруги в електричній мережі є негативним явищем, яке призводить до збільшення втрат електроенергії, зростання споживання реактивної потужності, зменшення продуктивності приймачів електроенергії. Тривале зниження напруги не є дуже небезпечним, оскільки сучасні пристрої регулювання дають змогу ефективно відновити рівень напруги до необхідного

за потрібний проміжок часу i , отже, ліквідувати створені цим відхиленням негативні наслідки. Набагато небезпечнішим є різке зниження діючого значення напруги, що може негативно вплинути на роботу чутливих електроприймачів і спричинити помилки в їх функціонуванні, а інколи навіть і зупинки. Тому під час проектування й експлуатації електроустановок та електричних мереж необхідно звертати увагу на явище провалу напруги, яке є важливим для визначення рівня якості електропостачання споживачів, і може бути причиною значних економічних втрат і збитків у промисловому виробництві та комерції. Негативні наслідки провалів напруги змушують споживачів, електропостачальників і науковців звертати увагу на цю проблему.

Тривалі дослідження, розрахунки та спостереження дали змогу зрозуміти суть проблеми і впливати на причини виникнення провалів напруги. В нашій країні явищам провалу напруги не приділено достатньої уваги, хоча проблема, безперечно, існує і потребує ретельнішого вивчення [3].

Зростання точності технологій виробництва, поширення використання в промисловості процесорів, комп'ютерів, сенсорів, керованих приводів, пристроїв робототехніки висуває проблему провалів напруги, як одну з найважливіших та першочергових для вирішення, і вимагає встановлення чітких і обґрунтованих показників якості щодо провалів напруги, розробки відповідних методів їх розрахунку та засобів нормалізації. Вирішення цих питань дає змогу розмежувати вимоги до електропостачальних компаній, споживачів і виробників електротехнічних пристроїв [3].

Згідно з чинними нормами, провалом напруги називають короткочасне (від півперіоду до кількох десятків секунд) різке зменшення величини середньоквадратичного значення напруги більш ніж на 10 % від номінального в деякій точці електричної мережі, з подальшим її відновленням до попереднього або близького до нього значення. Для провалу напруги використовують такі основні характеристики:

- глибина провалу, яку визначають за найменшим значенням напруги під час її провалу,

$$\delta U_n = \frac{U_{ном} - U_{min}}{U_{ном}} \times 100\%; \quad (1.1)$$

– амплітуда провалу, яка є відносним найменшим значенням напруги під час її провалу,

$$U_n = \frac{U_{min}}{U_{ном}} \times 100\%; \quad (1.2)$$

– тривалість провалу, яку визначають як час від моменту зменшення напруги нижче від 90% до моменту, коли під час відновлення вона стає більшою від цього значення,

$$\Delta t_n = t_n - t_k; \quad (1.3)$$

– інтенсивність провалів, яку визначають щодо сумарної кількості провалів напруги M для визначеної кількості провалів m з глибиною δU_n і тривалістю Δt_n за період T ,

$$F_n = \frac{m(\delta U_n \cdot \Delta t_n)}{M} \times 100\%. \quad (1.4)$$

Основні характеристики провалу напруги відображено на (рис. 1.3) [3].

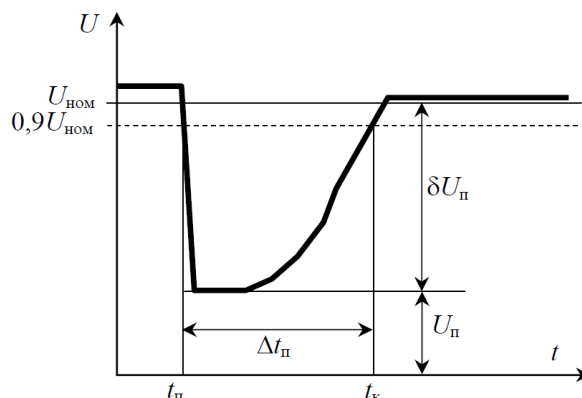


Рисунок 1.3 – Зміна напруги під час провалу

Під час провалу напруги необхідна енергія не подається до електроприймача і наслідки цього можуть бути досить неприємними залежно від призначення та характеру цього електроприймача.

Провали напруги негативно впливають на роботу під'єднаних до мережі електроприймачів, які можуть мати різні рівні чутливості до них. Якщо амплітуда напруги під час провалу є нижчою від деякого критичного для певного електроприймача значення, то це, як правило, спричиняє порушення умов його нормального функціонування. Так, зменшення напруги на величину 25% від $U_{ном}$ протягом 0,1 с сприймається зором як блимання світла, однак, такий провал напруги може зумовити ланцюгову реакцію помилок і порушень в роботі виробничого обладнання, а часто і його зупинки, що може призвести до значних матеріальних втрат внаслідок браку виготовленої продукції, зупинок виробництва, зниження продуктивності, заміни пошкодженого обладнання та додаткових втрат під час відновлення виробництва. Провали напруги незначно впливають на роботу ламп розжарювання, але можуть спричинити порушення роботи електричних двигунів та електронних пристроїв. Особливо чутливими до провалів є пристрої автоматики, системи захисту, контролери параметрів та мікропроцесори [3].

Ще одне негативне явище – це перепади напруги в електромережі. Треба з'ясувати чому так стається і що робити в цьому випадку.

Розглянемо причини стрибків.

Перепади напруги, найімовірніше, виникають постійно, – але реально відслідковувати їх можна лише завдяки сучасним системам обліку та контролю, які не просто рахують обсяги спожитої електроенергії, але й фіксують її якісні параметри. Таких систем в Україні практично немає, особливо на виробництві.

Чому напруга виходить за припустимі межі? На якість (зокрема рівень напруги) та стабільність постачання електроенергії впливають два основних фактори: дотримання безперервного балансу між виробництвом та споживанням електроенергії в енергосистемі, а також технічний стан мереж (ліній електропередачі, трансформаторів, тощо). Якщо в енергосистемі

виникають дисбаланси між генерацією та споживанням електроенергії, це спричинятиме коливання напруги.

Щодо стану електромереж, то більшість їх є зношеними. Власне аварійний стан електромереж – це одна з трьох першочергових проблем на ринку енергетики. Дві інші – балансування та борги [3].

Раніше електромережі створювались із розрахунку на менші параметри навантаження, проте протягом останнього десятиліття рівень енергоспоживання значно зріс. Це спричиняє збільшення електричного навантаження, а старі мережі та ще й з невідповідними технічними параметрами, зокрема недостатньою товщиною перерізу дротів, цього вже не витримують.

Ще якість електричної енергії залежить від обладнання. А воно несвоєчасно замінюється, тому продовжують працювати на застарілому. Також якість електропостачання, зокрема виникнення перепадів напруги, залежить від кількості підключених споживачів до однієї трансформаторної підстанції.

Окрім цього, стрибки напруги можуть бути спричинені форс-мажорними обставинами – різного роду аваріями в системі, обривами ліній, несвоєчасним спрацюванням автоматики, або відмовою. А ще перепади у мережі можливі внаслідок локальних факторів – перекосів у завантаженні фаз всередині промислових споруд чи офісних будівель [3].

Стан мережі як основна проблема.

Відповідно до Закону «Про ринок електричної енергії», споживачі мають бути забезпечені надійним і безпечним постачанням електричної енергії. Зрозуміло, якщо вони потерпають через перепади напруги, то про надійність і безпечність мова не йде зовсім. І навряд чи ми отримаємо якісні послуги за існуючого стану нашої системи електропостачання.

Розрахунковий термін експлуатації повітряних ліній (ПЛ) 220-750 кВ становить 50 років. Однак за даними НЕК «Укренерго» за 2018-2019 ріки, понад 60% повітряних ліній магістральних електромереж, та кабелів експлуатуються вже більше 40 років.

Стан розподільних мереж вкрай незадовільний, середній знос інфраструктури становить понад 70%. Усе впирається в гроші, а отже – в тарифи [3].

Українські розподільні компанії не мають можливості створити інвестиційний потік необхідного обсягу не тільки для розвитку, але й просто для підтримки в робочому стані існуючої інфраструктури.

Усі вищеназвані проблеми позначаються на якості електроенергії. В Україні низький рівень автоматизації та практично відсутні «розумні мережі»; це призводить до значних втрат електроенергії. Крім того, середня тривалість значних перерв в електропостачанні (індикатор SAIDI) є одним із найгірших показників у Європі. Якість електроенергії постійно погіршується, зокрема через значні перепади напруги.

Розглянемо як споживачі можуть запобігти наслідків цих проблем.

Щоб запобігти втраті техніки, чекаючи на глобальне вирішення проблеми перепадів напруги, споживачі можуть застосовувати певні автономні технічні рішення. Наприклад, можна встановити сучасну щитову, оснащену засобами тестування та контролю параметрів електропостачання, залежну від конфігурації мережі, також захисні автоматичні пристрої зупинки обладнання.

Коротке замикання (КЗ) – ще одно негативне явище, яке також впливає на якість електропостачання.

КЗ виникають в результаті порушення ізоляції частин обладнання, що проводять струм і зовнішніх механічних пошкоджень в електричних дротах, монтажних дротах, обмотках двигунів і апаратів. Ізоляція елементів, що проводять струм може пошкоджуватися при дії на неї високої температури або полум'я, інфрачервоного випромінювання, переходу напруги з первинної обмотки силового трансформатора на вторинну, при підвищених режимах навантаження (нагрів до високих температур, і як наслідок при охолодженні конденсується вода), а також від терміну експлуатації обладнання [3].

Сила струму КЗ може бути від одиниць до сотень кілоампер. Струми КЗ викликають термічну і електродинамічну дію і супроводжуються різким

зниженням напруги в електромережі. Струми КЗ можуть перегріти частини, що проводять струм і розплавити дроти (температура до 2000°C). Протікання по провіднику тривалого допустимого струму силою I (А) пов'язано з виділенням тепла Q (Дж) і кількісно визначається законом Ленца-Джоуля:

$$Q = I^2 \times R\tau, \quad (1.5)$$

де I – сила тривалого припустимого струму, А;

R – активний опір, Ом;

τ – час, с.

Час проходження струму КЗ не перевищує декількох секунд або навіть долі секунди і залежить від дії апаратів захисту (пласких запобіжників, автоматичних вимикачів, тощо). При проходженні струму КЗ, сила якого перевищує допустимий струм, температура нагріву дроту різко підвищується і може досягнути небезпечних значень [3].

Відомо, що два провідники, по яких проходить електричний струм, взаємодіють один з одним. Напрямок сили взаємодії визначається напрямом струму в провідниках. При однаковому напрямі струму електродинамічні сили притягують провідники, при різних – відштовхують. При КЗ в мережі можуть виникати струми, що в десятки і сотні разів перевищують номінальні, тому електродинамічні сили стараються деформувати провідники і ізолюючі частини, на яких вони кріпляться.

КЗ супроводжується різким зниженням напруги в електромережах. В результаті виникає частковий або повний розлад електропостачання споживачів.

Профілактика КЗ передбачає наступні заходи:

- правильний вибір, монтаж і експлуатація електричних мереж, електрообладнання;
- правильний вибір конструкції електрообладнання, способу встановлення і класу ізоляції (опір ізоляції згідно з ПУЕ 500кОм);

– електричний захист електричних мереж, електрообладнання (швидкодіючі реле, автоматичні вимикачі, запобіжники).

Перевантаження.

При проходженні струму по провідниках виділяється тепло, яке нагріває їх до температур при яких посилюються окислювальні процеси, на дротах утворюються оксиди, які мають високий опір, збільшується опір контакту і, відповідно кількість тепла, що виділяється. А це спричиняє старіння або руйнування ізоляції. Наслідком цього може бути електричний пробій ізоляції і пошкодження пристрою, а при наявності спалимої ізоляції і пожеже- і вибухонебезпечного середовища – пожежа або вибух. Оскільки кожний провідник розрахований на певний струм, то збільшення його може призвести до перевантаження [3].

Причиною перевантаження може бути неправильний розрахунок при проектуванні мереж і схем (занижений переріз дротів, перевантаження радіоелементів, додаткове включення пристроїв до джерел живлення, на які вони не розраховані), пониження напруги в мережі.

Профілактика від перевантажень:

- при проектуванні необхідно правильно вибирати переріз провідників мереж і схем за допустимою густиною струму, щоб $I_{\text{дон}} \geq I_p$;
- в процесі експлуатації електричних мереж не можна включати додатково електроприймачі, якщо мережа на це не розрахована;
- для захисту електрообладнання від струмів перевантаження найбільш ефективні автоматичні і електронні схеми захисту, вимикачі, теплові реле і плавкі запобіжники.

Обрив нуля в однофазній мережі.

В однофазної мережі обрив нейтралі небезпечний для людини. Це можна пояснити тим, що в розетці з'являється небезпечний потенціал там, де був нуль. Особливо небезпечна ця ситуація в системах із заземленням TN-C, тому що використовується суміщений нульовий і заземлюючий провідник PEN. Тому

при обриві проводу, на відкритих неізолюваних частинах корпусу електроприладів з'являється потенціал небезпечний для життя людини.

Причини обриву нульового проводу.

Основними причинами обриву нейтралі є зношеність електромереж і непрофесіоналізм деяких горе-електриків, які допускають монтаж проводки, не дотримуючись необхідних правил. Не довіряйте непрофесіоналам!

З'ясуємо як знайти обрив нуля.

Для того щоб знайти обрив нейтралі в квартирі потрібно оглянути всі підключення в щитку. Побачити і усунути таку проблему не складно. Інша справа якщо провід перегорів десь в стіні. Для пошуку пошкодженої ділянки під обробкою необхідно використовувати спеціальні тестери.

Якщо ж нульовий провід перегорів на стояку в під'їзді, то цю проблему повинні вирішувати електрики зі спеціальної служби. Завдання власника квартири – забезпечити електробезпеку власного житла [3].

Розглянемо способи захисту від обриву нуля.

Для захисту людей і техніки від наслідків обриву нуля необхідно використовувати на вхідному щиті спеціальні захисні пристрої: реле напруги, ПЗВ або дифавтомат. Реле напруги допоможе вберегти техніку від перепадів напруги. ПЗВ і дифавтомат спрацюють при витoku струму, що захистить людину від небезпечного удару електрикою.

У будь-якої моделі реле є функція затримки на включення після спрацювання, що дозволяє вберегти техніку від повторних стрибків напруги. Використання алгоритму True RMS забезпечує більшу точність вимірювання.

Усі перелічені негативні явища, які впливають на якісні показники параметрів електропостачання, свідчать про необхідність обов'язкового застосування автоматизованих засобів тестування та контролю якості параметрів електропостачання для захисту споруд, обладнання і робітників виробництва [3].

1.3 Характеристика технічних засобів ПЗВ та їх класифікація.

Пристрій захисного вимкнення (ПЗВ) або вимикач, керований різницею струмом (RCCB – residual current operated circuit-breaker), чи диференційний вимикач – це електромеханічний комутаційний апарат, призначений для подавання та зняття електричної напруги за нормальних умов роботи, чи для аварійного зняття напруги, коли параметри контролюваного кола виходять за задані межі. Пристрій захисного вимкнення контролює різницю струмів, що входять у захисне коло, і виходять з нього, і у разі перевищення цієї різниці заданої величини – вимикає захисне електричне коло (рис. 1.4).

ПЗВ забезпечують ефективний захист від непрямих дотиків, вони також надають захист і від прямих дотиків, на що не здатний будь-який інший захисний апарат.

Крім того, ПЗВ здійснюють захист від займання та пожеж, що виникають унаслідок пошкоджень ізоляції електропроводки. У разі порушення ізоляції, тобто прямого дотику до однієї із струмопровідних частин або обриву захисних провідників, ПЗВ є практично єдиним швидкодіючим засобом захисту людини від ураження електричним струмом [6].



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд: реле захисного вимкнення ПЗВ – ліворуч; диференційний автомат – праворуч

Застосування засобів ПЗВ.

ПЗВ виявляється корисним у разі пошкодження ізоляції електроприладів, необережному поводженні з електропроводкою або електроприладами чи побутовою технікою. Короткі замикання можуть виникати як між фазним і нульовим провідниками, так і між фазним проводом і заземленими частинами обладнання. ПЗВ контролює струм, що проходить між фазним проводом і заземленими частинами обладнання (в обхід нульового провідника) і вимикає електроустановку, коли такий струм перевищить встановлені межі, захищаючи її таким чином від можливого загоряння. З моменту виникнення витоку струму, автоматичне вимкнення всіх фаз аварійної ділянки електричного кола відбувається протягом 0,03-0,3 с (в залежності від струму витоку та типу ПЗВ).

Перший робочий пристрій на базі диференціального трансформатора і поляризованого реле, що мав чутливість 0,01 А і швидкодію 0,1 с, було створено в 1937 р. фірмою Schutzapparate Gesellschaft Paris & Co. У 1960-1970 р. у всьому світі, насамперед у країнах Західної Європи, Японії і США почалося активне впровадження ПЗВ у широку практику [6].

На початку 2000-х років сотні мільйонів ПЗВ успішно захищають життя і майно людей від ураження електричним струмом і від пожеж. Сьогодні ПЗВ є обов'язковою складовою будь-якої електроустановки промислового або соціально-побутового призначення. Цими пристроями в обов'язковому порядку обладнано усі об'єкти. Десятки виробників розробляють нові пристрої електрозахисту найрізноманітніших модифікацій та постійно удосконалюють їхні технічні параметри.

Витрати на встановлення ПЗВ значно менші можливих збитків – загибелі і травм людей, від ураження електричним струмом, пожеж та їх наслідків, що можуть статися через несправності електропроводки й електрообладнання. Якщо врахувати, що вартість ПЗВ не перевищує вартості звичайного побутового електроприладу, а можливі збитки обчислюються великими сумами, то стає очевидною необхідність найширшого застосування ПЗВ нового покоління в усіх електроустановках [6].

Маркування засобів ПЗВ.

Термін «пристрій захисного вимкнення – ПЗВ», прийнятий у вітчизняній спеціальній літературі, найбільш точно визначає призначення даного пристрою і його відмінність від інших комутаційних електричних апаратів – автоматичних вимикачів, вимикачів навантаження, магнітних пускачів тощо.

За кордоном прийняті наступні позначення ПЗВ:

- у Німеччині, Австрії – Fehlerstrom-Schutzschalter (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung). Скорочено: FI-Schutzschalter (F-Fehler – пошкодження, несправність, витік, I – символ струму в електротехніці, Schutzschalter – захисний вимикач, Schutzeinrichtung – захисний пристрій);
- у Франції – DD – disjoncteur differentiel (диференційний вимикач);
- у Великій Британії – e.l.c.b. (earth leakage circuit breaker – вимикач струму витоку на землю);
- в США – GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter – розмикач струму витоку на землю);
- в Російській Федерації – УЗО (Устройство Защитного Отключения).

З 1990 року діє міжнародна класифікація ПЗВ, розроблена міжнародною електротехнічною комісією (МЕК), якою прийнята загальна назва: RCD – residual current protective device або RCCB – residual current operated circuit-breaker without integral overcurrent protection. Точний переклад – «захисний пристрій вимикання за різницеvim (диференційним) струмом» [6].

Типи ПЗВ (рис. 1.5).

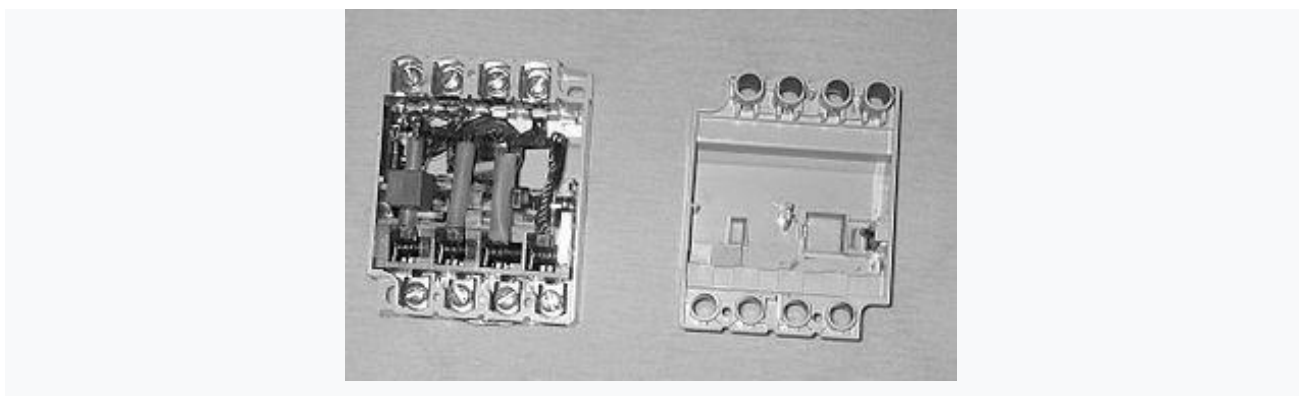


Рисунок 1.5 – Відкритий 3-фазний ПЗВ

За умовами функціонування ПЗВ ділять на наступні типи: АС, А, В, S, G (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація ПЗВ за умовами функціонування

Тип ПЗВ	Призначення
АС	Пристрій захисного вимкнення, що реагує на змінний синусоїдальний диференційний струм, який виникає раптово, або повільно зростає
А	Пристрій захисного вимкнення, що реагує на змінний синусоїдальний диференційний струм і пульсовий постійний диференційний струм, який виникає раптово, або повільно зростає
В	Пристрій захисного вимкнення, який реагує на змінний, постійний та випрямлений диференційні струми
S	Пристрій захисного вимкнення, селективний (з витримкою часу вимкнення).
G	Те ж, що і типу S, але з меншою витримкою часу

Тип АС реагує на витік змінних (синусоїдальних) струмів. Проте в електричних колах можливий витік не тільки змінного, але і постійного (пульсового) струму. ПЗВ типу А призначено саме для таких випадків. Оскільки схема вимірювання різниці струмів в ПЗВ типу А складніша, ці прилади в 1,1-1,5 разу дорожче. Подібні пристрої повинні застосовуватися у низці випадків (наприклад, в інструкції з експлуатації пральних машин, посудомийних машин і інших потужних та габаритних побутових електроприладів, можна зустріти вимогу встановити саме цей тип ПЗВ) [5].

Принципове значення при розгляді конструкції ПЗВ має розділення пристроїв за способом технічної реалізації, на наступні два типи:

– ПЗВ, що функціонально не залежать від напруги живлення (електромеханічні). Джерелом енергії, яка потрібна для функціонування –

виконання захисних завдань, разом з операцією вимкнення, є сам сигнал – диференційний струм, на який він реагує;

– ПЗВ, що функціонально залежать від напруги живлення (електронні). Їх механізм для виконання операції вимкнення потребує енергію, яку отримує або від мережі, яку контролює, або від зовнішнього джерела. Застосування пристроїв, що функціонально залежать від напруги живлення обмежено в силу їх меншої надійності, впливу зовнішніх чинників, та інше. Однак головною причиною меншого розповсюдження таких пристроїв є їх непрацездатність через несправність електроустановки, а саме – під час обриву нульового провідника у колі ПЗВ в напрямі джерела живлення. В цьому випадку «електронне» ПЗВ за відсутності живлення не працює, а на електроустановку по фазному провіднику надходить небезпечний потенціал [6].

Стандарт МЕК 364-5-53 «Електроустановки будівель. Частина 5. Вибір і монтаж електрообладнання. Комутаційна апаратура і апаратура керування» визначає наступні вимоги до ПЗВ, дія яких залежить від напруги живлення.

531.2.2. Вибір пристроїв (ПЗВ) з урахуванням їх функціональної залежності від напруги живлення.

531.2.2.1. Пристрої захисту (ПЗВ), що керуються залишковим струмом, можуть мати або не мати допоміжне джерело живлення, приймаючи до уваги вимоги пункту 531.2.2.2.

531.2.2.2. Застосування пристроїв захисту, що керуються залишковим струмом, з допоміжним джерелом живлення, котре не вимикає автоматично захисне коло, у випадку відмови допоміжного джерела, дозволяється тільки при виконанні однієї із двох умов: захист від непрямого контакту по п. 413.1 забезпечується навіть у випадку відмови допоміжного джерела; пристрої монтуються в установках, які керуються, випробовуються і перевіряються навченим або висококваліфікованим персоналом.

У конструкції іноземних «електронних» ПЗВ закладено функцію вимкнення від мережі захисної електроустановки, у разі зникнення напруги. Ця функція конструктивно реалізується за допомогою електромагнітного реле, що

працює у режимі самоутримання. Силові контакти реле знаходяться в увімкненому положенні лише під час протікання струму його обмоткою (аналогічно магнітному пускачу) [6].

При зникненні напруги на ввідних затискачах пристрою якір реле відпадає та силові контакти розмикаються, електроустановка втрачає живлення. Подібна конструкція ПЗВ забезпечує гарантований захист від ураження в електроустановці і у випадку обриву нульового провідника.

Види засобів ПЗВ.

До дієвих захисних пристроїв відносяться диференційні автомати, які є комбінацією автоматичного вимикача з ПЗВ (за способом «два в одному»). Диференціальний автомат спрацьовує в обох випадках: як у разі витoku струму на землю, так і за коротких замикань та перевантаженні. Їх вигідно застосовувати у тому випадку, коли на установку двох окремих пристроїв у електрошафі не вистачає місця. Ціна на диференційний автомат перевищує ціну на ПЗВ [6].

Принцип дії засобів ПЗВ.

Робота засобів ПЗВ ґрунтується на роботі диференційного трансформатора струму. Сумарний магнітний потік в осерді пропорційний різниці струмів у провідниках, що є первинними обмотками трансформатора струму. Під дією електрорушійної сили (ЕРС) у колі вторинної обмотки протікає струм, пропорційний різниці первинних струмів. Цей струм і приводить до дії пусковий механізм. У нормальному робочому режимі різницевий магнітний потік дорівнює нулю, струм у вторинній обмотці диференційного трансформатора також дорівнює нулю. У разі дотику людини до відкритих струмопровідних частин або до корпусу електроприймача, на який відбувся пробій ізоляції, по фазному провіднику крізь ПЗВ окрім струму навантаження протікає додатковий струм – струм витoku. Для трансформатора струму він є диференційним (різницевим). Якщо цей струм перевищує значення порогового елементу пускового пристрою, останній спрацьовує і впливає на виконавчий механізм. Для здійснення контролю працездатності ПЗВ

передбачене коло тестування (кнопка «Тест»), що працює за рахунок штучного створення диференційного струму, який і вимикає ланцюг [6].

Параметри засобів ПЗВ.

Номінальна напруга (U_n) – дійсне значення напруги, за якої забезпечується працездатність ПЗВ.

$$U_n = 220; 380 \text{ В.}$$

Номінальний струм навантаження (I_n) – значення струму, яке ПЗВ може пропускати у тривалому режимі роботи.

$$I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125 \text{ А.}$$

Номінальний диференційний струм вимикання (ID_n) – значення диференційного струму, яке викликає вимкнення ПЗВ згідно заданих умов експлуатації.

$$ID_n = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5 \text{ А.}$$

Номінальний диференційний струм не вимикання (ID_{n0}) – значення диференційного струму, яке не викликає вимкнення ПЗВ за заданих умов експлуатації.

$$ID_{n0} = 0,5 ID_n.$$

Граничне значення надструму не вимикання (I_{nm}) – мінімальне значення невимикаючого надструму за симетричного навантаження двох і чотиріполюсних ПЗВ або несиметричному навантаженні чотиріполюсних ПЗВ.

$$I_{nm} = 6 I_n.$$

Надструм – будь-який струм, що перевищує номінальний струм навантаження.

Номінальна вмикальна та вимикальна здатність (комутаційна здатність) (I_m) – дійсне значення струму, який ПЗВ здатний увімкнути, пропускати протягом свого часу розмикання і вимкнути за заданих умов експлуатації, без порушення власної працездатності.

Мінімальне значення $I_m = 10 I_n$ або 500 А (вибирається більше значення).

Номінальний умовний струм короткого замикання (I_{nc}) – чинне значення струму, яке може витримати ПЗВ, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань, за заданих умов експлуатації, без незворотних змін, що порушують його працездатність [6].

$$I_{nc} = 3000; 4500; 6000; 10\,000 \text{ А.}$$

Вибір засобів ПЗВ.

Пристрої захисного вимкнення призначено для захисту людей від ураження електричним струмом під час прямого та непрямого дотику. Знати наперед, де й коли людина опиниться у зазначеній ситуації, неможливо, тому бажано охопити таким захистом усі напрямки, але насамперед, доцільно застосувати його для найбільш небезпечних приєднань.

До першої, найбільш небезпечної групи можна віднести приміщення з підвищеною вологістю (ванні кімнати, душові, сауни, підвали, зовнішні приєднання).

Друга група – розеткова мережа, до якої можуть приєднуватись побутові прилади (праски, тостери, холодильники, переносний електроінструмент).

До третьої групи, можна віднести пристрої електроопалення, електроводонагрівання, електropечі.

У деяких випадках електроприймачі різних груп можна приєднувати до загального ПЗВ. Усі вказані групи електроприймачів відносять до першого рівня захисту. Номінальний струм витоку захисного пристрою не повинен перевищувати 30 мА, а для особливо небезпечних випадків (ванна кімната, душова тощо) рекомендуються пристрої зі струмом уставки ПЗВ рівним 10 мА.

Згідно з нормативними документами спрацювання ПЗВ може відбуватися в діапазоні струмів витоку $I_{\pi} > I_B > 0,5I_{\pi}$.

Оскільки електричним установкам в нормальному режимі притаманні струми витоку, то при підборі ПЗВ їх необхідно попередньо оцінити і порівняти з 50%-ю величиною струму уставки, яку ці струми не повинні перевищувати.

Для оцінки струмів витоку можна прийняти наступні величини:

- комп'ютеризоване робоче місце – 1-2 мА;

- принтер – до 1 мА;
- факс – 0,5-1 мА;
- дисплей – 0,5-1,5 мА;
- копіювальний апарат – 0,5-1,5 мА.

Якщо дані про струми витоку обладнання відсутні, можна його прийняти з розрахунку 0,3 мА на 1 А струму навантаження, а струм витоку мережі – з розрахунку 10 мкА на 1 м довжини фазного дроту [6].

ПЗВ вибирають також за номінальним струмом та узгоджують з послідовно увімкненим автоматичним вимикачем за умовами: номінальний струм диференційного вимикача навантаження повинен бути більшим від максимального робочого струму навантаження та не повинен бути меншим від номінального струму автоматичного вимикача. Автоматичний вимикач, крім вибору за робочим струмом приєднання, вибирають також за умовами захисту (вибір типу захисної кривої В, С, D тощо), та за струмом короткого замикання. Величина допустимого струму КЗ (в амперах) автоматичного вимикача для житлово-побутових приміщень вказана на панелі приладу в прямокутнику, наприклад 6000 [6].

Якщо у струмі витоку існує постійна складова, необхідно застосовувати ПЗВ типу А, якщо її немає – типу АС.

Комбінований автоматичний вимикач з ПЗВ вибирають за тими ж умовами:

- $I_n 0.5 I$ витоку нормального режиму;
- $I_{ном.} I_{роб. макс.}$;
- $I_{кз. доп.} I_{кз. макс.}$;
- а також за часострумовою характеристикою вимкнення.

Пристрої захисного вимкнення другого рівня захищають від непрямого дотику та пожежі, а також у певній мірі можуть підтримувати ПЗВ першого рівня, якщо струми витоку перевищують струми спрацювання ПЗВ другого рівня. Задля забезпечення селективності апарати другого рівня повинні мати більший час спрацювання, тобто бути селективного типу [6].

Встановлено, що потужність, яка розсіюється в точці замикання може стати джерелом пожежі, якщо вона перевищує 60 Вт. Струм витоку у цьому випадку становить близько 300 мА. Ці умови задовольняють ПЗВ зі струмами уставок 100 мА, 300 мА. За рештою умов, вибір ПЗВ виконують подібно вибору ПЗВ першого рівня захисту.

Вибір апаратів за захисною характеристикою, виконують з урахуванням відомостей про типи характеристик та характер струму споживання, який визначають по типу споживача [6].

Встановлення ПЗВ (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Диференційний автомат – третій зліва

У разі використання даного варіанту поряд з автоматичним вимикачем, що захищає всю будівлю, встановлюється ПЗВ. У цьому випадку краще застосувати не звичайне, а так зване селективне ПЗВ, час спрацювання якого становить 0,3-0,5 с. Більш тривалий час спрацювання дасть можливість зреагувати на виниклий витік і вимкнутися пристроєм першої лінії, що захищають окремі електроприлади або лінії будівлі. Лише у разі, якщо вони не спрацюють, воно вимкне всю схему електропостачання цілком [6].

Основні помилки під час монтажу засобів ПЗВ.

Найпоширенішою помилкою під час монтажу ПЗВ є приєднання до ПЗВ навантаження, у колі якого є з'єднання нульового робочого провідника з

відкритими провідними частинами електроустановки або з'єднання з нульовим захисним провідником.

Також можливі наступні помилки:

- приєднання навантажень до нульового провідника до місця ПЗВ;
- приєднання навантажень до нульового робочого провідника іншого ПЗВ;
- перемичка між нульовими робочими провідниками різних ПЗВ.

Розрахунок, монтаж і наладку електросхем з використанням ПЗВ, повинні робити лише кваліфіковані фахівці. Тільки у цьому випадку можна отримати гарантію того, що захист спрацює вчасно [6].

Спрацювання ПЗВ.

По спрацюванню ПЗВ можна визначити вид несправності в електроустановці. Порядок дій у цьому випадку такий:

- звести ПЗВ. Якщо ПЗВ зводиться, то це означає, що в електроустановці мав місце витік струму на землю, викликаний нестабільним або короточасним порушенням цілісності ізоляції. У такому разі треба провести загальний контроль стану ізоляції. Перевірити працездатність ПЗВ натисканням кнопки «Тест»;

- якщо ПЗВ зводиться і миттєво спрацює, це означає, що або в електроустановці має місце дефект ізоляції якого-небудь електроприймача, електропроводки, монтажних провідників електрошита, або само ПЗВ несправне. У цьому випадку необхідно провести наступні дії:

- а) вимкнути всі автоматичні вимикачі групових кіл, які захищають ПЗВ. Якщо автоматичні вимикачі однополюсні або триполюсні і не розмикають нульові робочі провідники, то з врахуванням того, що витік струму можливий і з нульового робочого провідника, для виявлення дефектного кола, можливо знадобиться виконати від'єднання усіх нульових робочих провідників від збірної шини;

б) звести ПЗВ. Якщо ПЗВ зводиться, то перевірити працездатність натисканням кнопки «Тест». Миттєве вимкнення ПЗВ означає, що воно справне, але у колі, що ним захищається, є витік струму;

в) послідовно вмикати автоматичні вимикачі (якщо ПЗВ не зводиться, то це означає, що має місце несправність ізоляції монтажних дротів електрошита або несправність ПЗВ);

г) якщо ПЗВ спрацював у разі вмикання певного автоматичного вимикача, це означає, що в колі даного вимикача є пошкодження ізоляції;

д) вимкнути або від'єднати усі електроприймачі у колі вимикача, під час вмикання якого, спрацював ПЗВ;

е) звести ПЗВ;

ж) якщо ПЗВ зводиться, це означає, що несправність ізоляції в якомусь із електроприймачів;

з) послідовно вмикати кожний електроприймач даного кола (якщо ПЗВ не зводиться за усіх вимкнених електроприймачах даного кола, це означає, що дефектна ізоляція електропроводки);

і) ПЗВ спрацював у разі увімкнення певного електроприймача;

ї) вимкнути несправний електроприймач;

к) увімкнути усі електроприймачі (крім пошкодженого), звести ПЗВ, переконатися, що ПЗВ не спрацював. Перевірити спрацювання ПЗВ натисканням кнопки «Тест» [6].

Швидкодіючий захисний вимикач, що реагує на диференційний струм, без вбудованого захисту від надструмів. Призначений для захисту людини від ураження електричним струмом при випадковому ненавмисному дотику до струмоведучих частин електроустановок і запобігає виникненню пожеж внаслідок протікання струмів витоку на землю. Не має власного споживання електроенергії і має високу механічну зносостійкість [5].

На (рис. 1.7) наведено приклад ПЗВ.



Рисунок 1.7 – ПЗВ (пристрій захисного відключення) ВД1-63 2Р 50А30мА тип А ІЕК

Переваги:

- електромеханічна схема без електронних компонентів;
- найбільш надійний захист людини при прямому дотику до струмоведучих частин;
- незалежний індикатор положення контактів;
- широкий діапазон робочих температур від -25°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- не має власного споживання електроенергії і зберігає працездатність при обриві нульового провідника;
- насічки на контактних затискачах знижують теплові втрати і збільшують механічну стійкість з'єднання;
- наявність кнопки ТЕСТ для перевірки працездатності пристрою і правильності підключення;
- швидкий монтаж за допомогою засувки з подвійним фіксованим положенням [5].

1.4 Способи використання засобів ПЗВ

Пристрої, що захищають від ураження електричним струмом бувають загальнотехнічні, індивідуальні та спеціальні:

- загальнотехнічні – ізоляція, блокування, обмеження доступу та ін.;
- засоби для індивідуального захисту: діелектричні калоші, рукавички, килимки;
- спеціальні засоби захисту: заземлення, занулення і захисне відключення. До останнього належать пристрої захисного відключення (ПЗВ).

На (рис. 1.8) наведена схема пристрою ПЗВ.

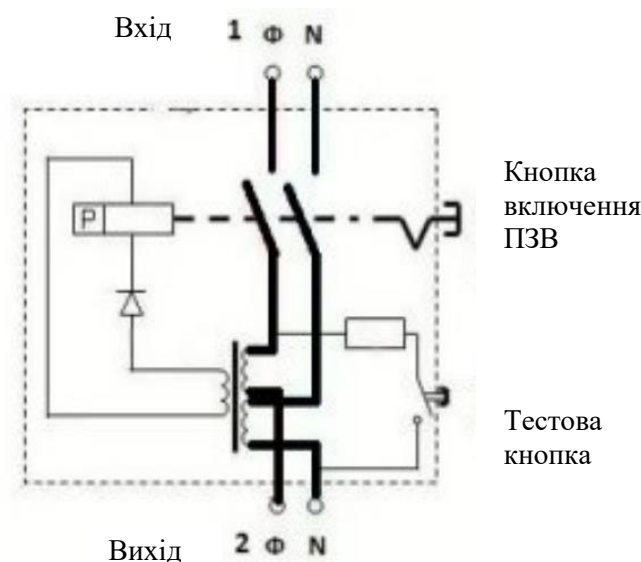


Рисунок 1.8 – Схема пристрою

При появі витоку струму рівновага втрачається. Як тільки струм витоку досягає заданої уставки, починає діяти третя котушка. Спрацьовує реле. Відбувається майже миттєве розмикання контактів. Таким чином, ПЗВ реагує на струми витоку і запобігає небезпечній ситуації. Важливо, щоб прилади були заземлені. Цього вимагають всі способи захисту від електричного струму. При непрямому або прямому дотику до незаземленого/незануленого корпусу і частин приладу, що опинилися під напругою, може відбутися ураження струмом! [5].

При виборі типу ПЗВ необхідно визначитись, чи потрібен захист від прямих і непрямих контактів, струмів КЗ, перевантаження, селективності. Найбільш розповсюджені і дешеві ПЗВ типів А, АС. Напруга і струм навантаження ПЗВ вибираються по напрузі захисної мережі, і максимально допустимому струму лінії. Вибір вставки проводиться по номінальному струму лінії. Вставка для звичайних ліній на струми 16-40-30 мА (на струми від 40 до 100 мА, на 80...300 мА). Якщо проводиться захист тільки від пожежі, беруть уставки 300 мА. Для виділеної лінії живлення небезпечного приміщення (ванна, сауна, лазня) потрібна вставка 10 мА, для групових – до 30 мА [5].

1.5 Параметри тестування та контролю якості електропостачання (стандарти якості електропостачання, прийняті НКРЕКП)

Якість електричної енергії – це сукупність властивостей електричної енергії відповідно до встановлених стандартів, які визначають ступінь її придатності для використання за призначення [7].

Відповідно до положень пункту 11.4.6 глави 11.4 розділу XI Кодексу систем розподілу, затвердженого постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 310 (далі – КСР), параметри якості електроенергії в точках приєднання споживачів в нормальних умовах експлуатації мають відповідати параметрам, визначеним у ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності» (далі – ДСТУ EN 50160:2014).

Основні показники якості електричної енергії визначені у пунктах 11.4.7-11.4.12 глави 11.4 розділу XI КСР [12].

Стандартна номінальна напруга U_n для мереж низької напруги загального призначення має значення 220 В між фазним і нульовим проводом або між фазними проводами:

– для трифазних чотирипровідних мереж: $U_n = 220$ В між фазним та нульовим проводом;

– для трифазних трипровідних мереж: $U_n = 220 \text{ В}$ між фазними проводами.

Зміна напруги не повинна перевищувати $\pm 10 \%$ від величини номінальної напруги [7].

Частота напруги електропостачання для мереж низької напруги має бути в межах:

– для систем, які синхронно приєднані до ОЕС України – $50 \text{ Гц} \pm 1 \%$ протягом 99,5 % часу за рік та $50 \text{ Гц} + 4 \%$ (- 6 %) протягом 100 % часу;

– для систем без синхронного приєднання до ОЕС України – $50 \text{ Гц} \pm 2 \%$ протягом 99,5% часу за рік та $50 \text{ Гц} \pm 15 \%$ протягом 100 % часу [7].

Показник довготривалого флікера (мерехтіння), спричиненого коливанням напруги, для мереж низької напруги має бути меншим або рівним 1 для 95% часу спостереження.

95% середньоквадратичних значень складника зворотної послідовності напруги електропостачання, усереднених на 10-хвилинному проміжку, для мереж низької напруги мають бути в межах від 0 % до 2 % від складника напруги прямої послідовності. 95% середньоквадратичних значень напруги кожної гармоніки, усереднених на 10-хвилинному проміжку, для мереж низької напруги мають бути меншими або рівними наступним значенням (табл. 1.2) [7].

Таблиця 1.2 – Показники

Непарні гармоніки				Парні гармоніки	
не кратні 3		кратні 3			
порядок	відносна амплітуда	порядок	відносна амплітуда	порядок	відносна амплітуда
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	1,5 %	6...24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,5 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				

Сумарний коефіцієнт гармонічних спотворень напруги електропостачання, ураховуючи всі гармоніки до 40-ї включно, для мереж низької напруги має бути меншим чи рівним 8 % [7].

Показники якості електричної енергії для мереж середньої та високої напруги, методи випробування та інші характеристики якості електроенергії наведені у ДСТУ EN 50160:2014.

Взаємовідносини, які виникають під час купівлі-продажу електричної енергії між електропостачальником та споживачем, а також їх взаємовідносини з іншими учасниками роздрібного ринку електричної енергії, у тому числі операторами системи розподілу (далі – ОСР), регулюються «Правилами роздрібного ринку електричної енергії», затвердженими постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 312 (далі – ПРРЕЕ), та які набрали чинності 11 червня 2018 року [7].

Положеннями пункту 8.2.2 глави 8.2 розділу VIII ПРРЕЕ встановлено, що у разі надходження претензії/скарги споживача щодо якості електричної енергії ОСР розглядає її протягом 15 днів з дня отримання претензії/скарги, а у разі проведення вимірювань показників якості електричної енергії в точці розподілу електричної енергії – протягом 30 днів.

Розгляд претензій та скарг споживачів щодо показників якості електричної енергії, вимірювання показників якості електричної енергії, претензій щодо відшкодування збитків, завданих внаслідок недотримання ОСР показників якості електропостачання, зокрема внаслідок недотримання показників якості електричної енергії та перерв в електропостачанні, здійснюється відповідно до вимог КСР [12].

Порядок розгляду скарг/претензій споживачів щодо показників якості електричної енергії визначений у пунктах 13.2.2-13.2.12 глави 13.2 розділу XIII КСР.

У разі надходження скарги/звернення/претензії від споживача або групи споживачів (колективної скарги/звернення/претензії) щодо якості електричної енергії ОСР розглядає її протягом 15 днів з дня отримання

скарги/звернення/претензії, а у разі проведення вимірювань параметрів якості електричної енергії в точці розподілу споживача – протягом 30 днів та протягом 45 днів – для колективної скарги/звернення/претензії [7].

Колективна скарга/звернення/претензія визнається ОСР обґрунтованою для всіх точок розподілу споживачів, зазначених у такій колективній скарзі/зверненні/претензії.

У разі незгоди з колективною скаргою/зверненням/претензією від споживачів, що підключені до однієї лінії електропередач, ОСР зобов'язаний проводити вимірювання параметрів якості електричної енергії на початку лінії у першого споживача та у найвіддаленішого споживача в кінці лінії, а у випадку розгалуження лінії електропередач – у споживачів, підключених у кінці цих відгалужень, для підтвердження дотримання ОСР показників якості електричної енергії, визначених цим Кодексом [12].

При отриманні колективної скарги/звернення/претензії від споживачів, що підключені до різних ліній електропередач, вимірювання проводиться відповідно до абзацу третього цього пункту для кожної лінії електропередач окремо [7].

Колективна скарга/звернення/претензія вважається такою, що не підлягає задоволенню, якщо показники якості електричної енергії відповідають вимогам пункту 11.4.6 глави 11.4 розділу XI цього Кодексу в кожній точці вимірювання.

За результатами розгляду скарги (претензії) споживача щодо якості електричної енергії ОСР надає відповідь споживачу у письмовій формі, яка повинна містити інформацію щодо:

– у разі визнання скарги/звернення/претензії обґрунтованою:

- а) причин недотримання показників якості електричної енергії;
- б) заходів та строків стосовно усунення ОСР причин недотримання показників якості електричної енергії з урахуванням вимог пункту 13.2.11 глави 13.2 розділу XIII КСР або проведених робіт, якщо причини недотримання показників якості електричної енергії було усунуто під час розгляду скарги;

г) результатів вимірювання параметрів якості електричної енергії у разі його проведення.

– у разі визнання скарги/звернення/претензії такою, що не підлягає задоволенню:

а) документів, що підтверджують порушення споживачем вимог КСР, зокрема якщо установки чи прилади споживача не відповідають стандартам або технічним умовам приєднання, що їх встановили державні органи влади або ОСР, нормативно-технічним документам, унаслідок чого параметри якості електричної енергії в точці розподілу споживача не відповідають показникам, визначеним цим Кодексом;

б) результатів вимірювання параметрів якості електричної енергії, що підтверджують дотримання ОСР нормативних показників якості електричної енергії та які проведені відповідно до вимог пунктів 6.2.1-6.2.5 глави 6.2 розділу VI КСР та пункту 13.2.10 цієї протягом не менше 7 календарних днів, за виключенням часу тривалості перерв в електропостачанні.

– у разі відмови споживача від скарги/звернення/претензії щодо якості електричної енергії, що подається письмово в довільній формі, ОСР зобов'язаний до закінчення строку її розгляду надати письмову відповідь такому споживачу із зазначенням інформації про залишення її без розгляду.

Результати вимірювання повинні містити таку інформацію:

– дата та час встановлення та зняття вимірювального засобу, його тип;
– усереднене значення відхилення напруги на кожному 10-хвилинному проміжку часу протягом терміну вимірювання [7].

ОСР може направити свого представника в узгоджений зі споживачем час для аналізу можливих причин недотримання показників якості електричної енергії та/або проведення необхідного вимірювання й подальшого надання відповіді споживачу. Представник ОСР у разі необхідності проводить вимірювання параметрів якості електричної енергії в точці розподілу відповідно до вимог пунктів 6.2.1-6.2.4 глави 6.2 розділу VI КСР протягом не

менше 7 календарних днів за виключенням часу тривалості перерв в електропостачанні [7].

ОСР може зменшити тривалість вимірювання або не проводити вимірювання у разі визнання факту недотримання показників якості електричної енергії в точці розподілу електричної енергії споживача.

У разі неможливості встановлення вимірювального засобу в точці розподілу вимірювання проводиться якнайближче до точки розподілу (або в мережах споживача, або в мережах ОСР). У разі проведення вимірювання на території споживача він має забезпечити відповідні умови для місця встановлення вимірювального засобу, які забезпечать захист цього засобу вимірювання від несанкціонованого втручання в його роботу протягом проведення вимірювання параметрів якості електричної енергії, а ОСР встановлює засіб вимірювання параметрів якості електричної енергії після забезпечення відповідних умов для встановлення такого засобу [7].

У разі встановлення вимірювального засобу на території споживача, споживач зобов'язаний засвідчити своїм підписом достатність вжитих заходів із збереження приладу та захисту від несанкціонованого втручання в його роботу та підписати акт збереження вимірювального приладу на весь період проведення таких вимірів.

Усі витрати, пов'язані із вимірюванням параметрів якості електричної енергії, покриває ОСР [11].

Споживач за письмовою згодою ОСР має право організувати проведення таких вимірювань. При цьому споживач має право залучати профільні організації, які мають необхідні засоби вимірювання параметрів якості електричної енергії, що відповідають вимогам КСР. Вимірювання проводяться відповідно до вимог пунктів 6.2.1-6.2.5 глави 6.2 розділу VI КСР та пункту 13.2.10 цієї глави протягом не менше 7 календарних днів, за виключенням часу тривалості перерв в електропостачанні. Дані, отримані за допомогою таких засобів, є доказом при розгляді скарги/звернення/претензії щодо показників якості електричної енергії. ОСР повинен відшкодувати витрати споживача на

організацію проведення вимірювань у разі підтвердження факту недотримання показників якості електричної енергії [7].

У разі встановлення споживачу електронного лічильника з функцією вимірювання параметрів відхилення напруги, що здійснюється відповідно до вимог розділу VI КСР, ОСР за згодою споживача може використовувати результати таких вимірювань при розгляді скарги/звернення/претензії щодо показників якості електричної енергії. При цьому вимірювання параметрів якості електричної енергії іншими засобами не проводиться.

ОСР зобов'язаний усунути причини недотримання показників якості електричної енергії протягом 30 днів у разі можливості їх усунення оперативними діями персоналу ОСР або 180 днів у разі необхідності проведення будівельних робіт або заміни елементів мережі [11].

Перебіг строку усунення причин недотримання показників якості електричної енергії розпочинається з дня, наступного за днем, коли ОСР став відомий факт недотримання показників якості електричної енергії за результатами проведення вимірювання або з дня, наступного за днем отримання скарги/звернення/претензії споживача, якщо ОСР уже були відомі причини недотримання показників якості електричної енергії [7].

ОСР після усунення причини недотримання показників якості електричної енергії письмово повідомляє споживача про проведені роботи.

У разі незгоди з результатами розгляду скарги/звернення/претензії щодо показників якості електричної енергії споживач може звернутися до НКРЕКП.

Разом з тим, відповідно до підпункту 2 пункту 4 Положення про Державну інспекцію енергетичного нагляду України, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 14.02.2018 № 77, відповідно до покладених на Державну інспекцію енергетичного нагляду України (далі – Держенергонагляд), здійснює державний енергетичний нагляд, зокрема, за електричними установками і мережами учасників ринку (крім споживачів); дотриманням учасниками ринку (крім споживачів) вимог правил та інших нормативно-правових актів і нормативних документів з питань технічної

експлуатації електричних станцій і мереж, технічного стану електричних установок і мереж, а саме, за забезпеченням надійного та безпечного постачання електричної енергії споживачам [7].

Тому з питань технічного стану електричних установок і мереж споживачі можуть звертатися до Держенергонагляду для розгляду та вжиття відповідних заходів у межах його компетенції [7].

1.6 Висновки по розділу I

У цьому розділі було розглянуто:

- призначення та класифікація промислових електромереж;
- негативні явища електропостачання (неякісне електропостачання, провали напруги, перепади напруги, коротке замикання, перевантаження, обрив нуля в однофазній мережі), причини їх виникнення та способи захисту від цих явищ;
- пристрій захисного вимкнення (ПЗВ), його типи, параметри, принцип дії, встановлення та способи використання;
- характеристики та принцип дії тестеру ПЗВ марки RCDT330 Megger;
- параметри тестування та контролю якості електропостачання (стандарти якості електропостачання, прийняті НКРЕКП).

2 ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОЇ ТЕМИ

2.1 Обґрунтування необхідності постійного тестування параметрів електропостачання

З метою безпечного та ефективного використання системи розподілу мереж електропостачання та електроустановок, приєднаних до них, ОСР та Користувачі створюють та застосовують відповідні системи експлуатації та ремонту.

Суб'єкти господарювання, які здійснюють експлуатацію електроустановок об'єктів електроенергетики, мають забезпечити контроль та нагляд за експлуатацією, які, зокрема, передбачають:

- технічний нагляд за станом об'єктів;
- організацію та облік виконання заходів, які забезпечують технічну та екологічну безпеку, економічну роботу обладнання, а також підтримання належних показників надійності його роботи;
- розслідування та облік технологічних порушень у роботі обладнання;
- контроль за дотриманням вимог нормативно-технічних документів з експлуатації електроустановок;
- контроль за дотриманням параметрів, визначених технічними умовами на приєднання електроустановок Користувача до системи розподілу.

З метою безпечної, надійної та ефективної експлуатації системи розподілу ОСР має право здійснювати тестування (випробування, вимірювання) стосовно якості електричної енергії в точках приєднання Користувачів до системи розподілу.

Підставами для тестування (випробування) стосовно якості електричної енергії є:

- дані, отримані від системи моніторингу;

- скарги споживачів, приєднаних до системи розподілу (у тому числі мережі спільного використання).

До основних неполадок живлення, які становлять небезпеку для роботи електрообладнання та відображають вимоги міжнародного стандарту ГОСТ 13109-97, термінологічних стандартів ГОСТ 30372-95 та ДСТУ 3466-96 відносять:

- зникнення напруги (Power Failure, Loss of Voltage) – відсутність напруги в електромережі протягом більше двох періодів (40 мс). Наслідками зникнення напруги можуть бути: порушення технологічного процесу, вихід з ладу обладнання, пошкодження даних на серверах і поточної інформації на робочих станціях, пошкодження файлової системи, втрата інформації;

- провал напруги (Power Sag, Voltage Dip) – раптове зниження напруги в електричній мережі нижче величини 90% від номінального значення, за яким слідує відновлення напруги до початкового або близького до нього рівня за проміжок часу від десяти мілісекунд до декількох десятків секунд. Причиною провалу напруги можуть бути: включення енергоємного обладнання, запуск потужних електродвигунів, робота зварювальних апаратів тощо. Можливі наслідки: вихід з ладу обладнання, мерехтіння освітлення, скидання оперативної пам'яті; виникнення помилок [3];

- перенапруга (Power Surge, Over Voltage) – раптове підвищення напруги в електричній мережі вище величини 110% від номінального значення, за яким слід відновлення напруги до початкового або близького до нього рівня за проміжок часу від десяти мілісекунд до декількох десятків секунд. Причиною виникнення перенапруги може бути відключення енергоємного обладнання. Можливі наслідки: вихід з ладу апаратури, мерехтіння освітлення, скидання оперативної пам'яті, виникнення помилок;

- відхилення напруги (Brownout, Voltage Deviation) – відхилення (зниження / підвищення) напруги в мережі від допустимих стандартом значень на тривалий час (більше десятків секунд). Виникає зазвичай через зростання споживання електроенергії в певні періоди часу при обмеженій потужності

джерела електроенергії або довгих лініях електроживлення. Можливі негативні наслідки: додаткові втрати потужності в стабілізаторах, скорочення терміну служби блоків живлення, збої у виконанні програм;

- електромагнітна перешкода (Electrical Line Noise) – виникнення у мережі височастотних імпульсів, що накладаються на синусоїдальну форму напруги. Основними причинами виникнення електромагнітних перешкод є робота потужних електродвигунів, перемикання релейної апаратури і силової комутаційної електроніки, мовлення суміжних станцій, магнітні бурі. Можливі наслідки – виникнення помилок, скидання оперативної пам'яті, «зависання» операційної системи, вихід з ладу накопичувачів на жорстких дисках. У [1,2] цей термін відсутній;

- імпульс напруги (High Voltage Spikes, Voltage Impulse) – це короткочасне перевищення напруги вище 110% від номінального значення тривалістю 10-50 мкс (з часом фронту імпульсу 1-10 мкс). При цьому, амплітуда імпульсів перенапруги може досягати величин 6000 В. Причиною їх появи можуть бути удари блискавок, розряди статичної електрики. Такі високовольтні імпульси з дуже крутим переднім фронтом без перешкод минають захисні фільтри блоків живлення ПЕОМ і потрапляючи в ланки системних плат, викликають скидання оперативної пам'яті і вихід з ладу мікросхем [3];

- відхилення частоти (Frequency Variations, Frequency Deviation) – відхилення частоти на величину більше 0,2 Гц від номінального значення (50 Гц). Причиною появи можуть бути: нестабільність джерела електроенергії, нестабільність частоти обертання ротора дизель-генератора. Можливі наслідки: перегрів і вихід з ладу блоків живлення, «зависання» операційної системи, програмні збої, втрата даних;

- тимчасова перенапруга (Switching Transient) – це короткочасне перевищення напруги вище 110% від номінального значення тривалістю 1000-5000 мкс. При цьому, амплітуда імпульсів перенапруги може досягати величин 4500 В. Причиною їх появи є комутаційні процеси потужнострумів ланцюгів

електропостачання, іскріння комутаційних апаратів. Можливі наслідки: скидання оперативної пам'яті і вихід з ладу мікросхем;

– несинусоїдальність напруги (Harmonic Distortion) – характеризується двома основними показниками: коефіцієнтами спотворення і гармоніки.

Коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги (струму) – відношення діючих значень суми вищих гармонік напруг (струмів) до діючого значення напруги (струму) основної гармоніки або у спрощеному варіанті до номінальної напруги (струму).

Коефіцієнт гармоніки напруги (струму) – відношення діючого значення аналізованої гармоніки напруги (струму) до діючого значення змінної напруги (струму) або у спрощеному варіанті до номінальної напруги (струму). Крім перерахованих використовуються такі показники якості електроенергії, як: коефіцієнти форми і амплітуди кривих змінної напруги (струму), гармоніка напруги (струму), джерело гармонік напруги, струму (Source of Harmonic Voltage, Current), гармонійний резонанс (Harmonic Resonance). Небезпеку для електрообладнання представляють спотворення синусоїдальності кривої напруги більше 8% або наявність в кривій напруги гармонійних складових напруги непарного (парного) порядку, з коефіцієнтом гармонік більше 5%. Причиною їх появи є наявність споживачів з нелінійним навантаженням, таких як комп'ютери, тиристорні перетворювачі, тощо. При цьому поряд із спотворенням відбувається генерування значного потоку реактивної потужності в зовнішню електромережу, що погіршує якість роботи інших споживачів електроенергії та вимагає використання пристроїв автоматичної компенсації реактивної потужності або інших пристроїв, що коректують форму вхідного струму.

Таким чином, необхідність тестування параметрів електричної енергії здійснюється з метою:

- оптимізації схем системи розподілу та управління режимами роботи обладнання;
- оцінки технічного стану електроустановок;

- планування розвитку системи розподілу;
- оцінки впливу електроустановок Користувачів на величини відхилення параметрів електричної енергії в точках приєднання відносно нормального рівня, визначеного ОСР;
- оцінки впливу електроустановок системи розподілу на величини відхилення параметрів електричної енергії на межі між електричними мережами ОСП та ОСР відносно нормального рівня, визначеного ОСП;
- визначення та фіксації параметрів надійності постачання електричної енергії;
- моніторингу та аналізу технічного стану мереж;
- контролю режимів та параметрів роботи системи розподілу та електроустановок, приєднаних до системи розподілу, зокрема щодо дотримання вимог цього Кодексу;
- перевірки параметрів якості електроенергії за зверненням/скаргою споживача.

Для виконання зазначених завдань (тестування та моніторингу якості параметрів електропостачання) Користувач у випадках, передбачених Кодексом, здійснює відповідно до вимог цього розділу наступні дії:

- вимірювання параметрів якості електричної енергії повинно обов'язково здійснюватися у вузлах початку розподілу електромереж, місцях з'єднання/роз'єднання з електроустановками, у місцях з'єднання з додатковими електроустановками та у місцях механічних ушкоджень повітряної або схованої електромережі;
- моніторинг параметрів якості електричної енергії, що надходить у систему розподілу, та на її виході в точках приєднання Користувачів;
- фіксацію отриманих даних щодо кількості та тривалості перерв в електропостачанні споживачів.

Технічні характеристики приладів та систем вимірювання, збору, моніторингу та передачі інформації про параметри електричної енергії мають забезпечуватись:

- за класом точності засобів вимірювальної техніки;
- за можливістю безпосереднього вимірювання відповідних параметрів;
- за необхідністю дискретності у часі вимірів, достовірності даних та їх збереження;
- передачею даних на визначені системою моніторингу рівні від приладів виміру;
- цілісністю та незмінністю даних при їх передачі.

Дані вимірювання/фіксації, отримані у процесі вимірювання стаціонарними приладами, переносними приладами під час періодичних, контрольних вимірів, мають оброблятися, зберігатися ОСР протягом 3 років. Форма збереження має відповідати вимогам щодо можливості вибіркового імпорту даних у процесі звітності перед Регулятором та у разі врегулювання скарг, претензій Користувачів, приєднаних до електричних мереж ОСР [7].

2.2 Методики проведення тестування тестером ПЗВ RCDT330

При використанні тестера ПЗВ RCDT330 можливо виконання наступних видів тестування та методики їх виконання:

- вимірювання напруги, частоти, струму і температури:
 - а) вимірювання напруги – вимірюються показники напруги між «Фаза-Нейтраль», «Фаза-Земля», «Фаза, Нейтраль і Земля»;
 - б) вимірювання частоти – вимірюються мережі під напругою відображенням чергування фаз «Фаза, Нейтраль і Земля»;
 - в) вимірювання струму витоку – вимірюються змінний струм шляхом підключення дроту приладу до дроту електромережі;
 - г) вимірювання температури – здійснюється за допомогою датчика температури в режимах вимірювання напруги (V, mV) та °C в циклі.
- контроль цілісності / опору мережі:
 - а) обнулення опору тестового дроту (до 9,99 Ом) – виконується перед запуском перевірки електричної мережі на обрив, необхідно обнулити опір

тестового дроту, щоб він не додавав додаткової величини опору до вимірюваної мережі;

б) виконання перевірки мережі на обрив – виконується шляхом підключення двох короткозамкнених щупів до електричної мережі [2].

– опір ізоляції:

а) процедура вимірювання опору ізоляції здійснюється шляхом підключення двох щупів приладу до мережі;

б) блокування вимірювання опору ізоляції здійснюється шляхом тестового попередження про наявність напруги в мережі, починаючи з 50 В, при з'єднанні дротів приладу з електромережею.

– вимірювання повного опору (імпедансу) контуру:

а) виконується в режимі випробування «Фаза-Земля» та режимі випробування «Фаза-Нейтраль» («Фаза-Фаза») для 3-х фазної мережі;

б) вимірювання опору контуру «Фаза-Земля» (без спрацювання ПЗВ);

в) вимірювання опору контуру «Фаза-Нейтраль» (або «Фаза-Фаза») – визначається як наявність високого струму (визначає КЗ між фазами);

г) режим вимірювання максимального імпедансу контуру $Z_{\max}$ – цей режим ідеальний для вимірювань опору безлічі контурів в кільцевій завершеної мережі, де буде реєструватися найвища величина опору контуру.

– тестування ПЗВ (RCD) – виконуються тести на спрацювання ПЗВ при різних параметрах вимірювання: $0,5xI$, $1xI$, $2xI$, $5xI$; при полярності струму від 0° до 180° .

– вимірювання опору заземлення – надає унікальне рішення для контролю заземлювача або заземлюючого електроду (стержня), підтримуючи при цьому 2-х і 3-х провідні вимірювання (вимірювання з використанням 2-х і 3-х клем).

Всі перелічені методики тестування потребують наявності висококваліфікованих фахівців [2].

2.3 Особи, які здійснюють процес тестування параметрів в промислових мережах

Під тестуванням технічного забезпечення (англ. Software Testing) розуміють процес технічного дослідження, призначений для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому він має використовуватись. Техніка тестування також включає як процес пошуку помилок або інших дефектів, так і випробування технічних складових з метою оцінки [8].

На виробництві питання тестування та контролю вирішує спеціальна метрологічна служба.

Розглянемо основні задачі метрологів.

По-перше, метролог перевіряє точність і якість роботи усіх приладів, які підприємства і установи використовують у своїй діяльності, тобто перевіряє можливість використовувати їх за призначенням. При необхідності виконуються ремонт і налагоджування засобів вимірювання.

По-друге, при проектуванні нових виробів і систем необхідно проводити метрологічну експертизу технічної документації, що розробляється. Проводяться дослідження (випробування) і виконується експертна оцінка продукції (товарів, робіт, послуг).

Окрім цього, необхідно проводити оцінку стану вимірів на підприємствах, організаціях, установах, метрологічний нагляд за випуском, станом і використанням засобів вимірів, контроль і нагляд за дотриманням обов'язкових вимог законодавчих та інших правових актів у сфері метрології і стандартизації, атестацію випробувального устаткування, експертну оцінку кількості та якості товарів, що імпортуються і експортуються [8].

Метролог організовує роботу із метрологічного забезпечення розробки, виробництва, випробувань і експлуатації продукції, що випускається підприємством. Керує підготовкою проектів і планових завдань із впровадження нової вимірювальної техніки, організаційно-технічних заходів

щодо підвищення ефективності виробництва, удосконалення метрологічного забезпечення, засобів і методів вимірів, контролю і випробувань.

Забезпечує складання локальних схем, встановлення оптимальної періодичності і розробку календарних графіків перевірки засобів вимірювань. Очолює роботу із проведення метрологічної експертизи конструкторської та іншої технічної документації, яка розробляється на підприємстві, а також такої, яка поступає від інших підприємств і організацій. Бере участь у випробуваннях автоматизованих виробничих процесів, пов'язаних із застосуванням засобів вимірювання, у роботі за визначенням потреби підприємства у цих засобах. Забезпечує впровадження сучасних методів і засобів вимірювань, а також проведення робіт за оцінкою погрішностей вимірювань [8].

Організовує роботу з аналізу стану метрологічного забезпечення, проведення метрологічних атестацій нестандартизованих засобів вимірювань, розробку, узгодження і затвердження методик, інструкцій та іншої нормативно-технічної документації з їхньої перевірки, а також атестації засобів вимірювань після їхнього відновлення, ремонту і перевірки. Здійснює контроль за оснащенням технологічного процесу усіма передбаченими регламентом засобами вимірювань, відповідністю використання у підрозділах підприємства засобів і методів вимірювань вимогам дотримання заданих режимів виробництва та якості продукції.

Організовує підготовку технічних завдань на проектування і розробку засобів вимірювань спеціального призначення. Забезпечує комплектацію обмінного фонду засобів вимірювань, випробувань і контролю, збереження і звірки зі встановленим порядком робочих еталонів, ремонт і вміст в належному стані зразків засобів вимірювань. Сприяє впровадженню державних і галузевих стандартів, стандартів підприємства та іншої нормативно-технічної документації, що регламентує норми точності вимірювань, методи і засоби перевірки [8].

Керує роботою зі складання встановленої звітності і представлення її в органи державної метрологічної служби. Організовує роботу з підвищення

кваліфікації працівників метрологічної служби. Керує працівниками підприємства, які здійснюють метрологічний контроль і метрологічне забезпечення виробництва.

Метролог повинен знати:

- законодавчі та нормативно-правові акти, методичні матеріали із метрологічного забезпечення виробництва;
- профіль, спеціалізацію і особливості організаційно-технологічної структури підприємства, перспективи його розвитку, порядок і методи планування роботи з метрологічного контролю і забезпечення виробництва;
- організацію метрологічного забезпечення виробництва в галузі і на підприємстві;
- виробничі потужності, технічні характеристики, конструктивні особливості і режими роботи устаткування, правила його експлуатації;
- основи технології виробництва продукції підприємства; положення, інструкції та інші керівні матеріали з розробки і оформлення технічної документації;
- будову і правила експлуатації засобів вимірювань, організацію їхнього ремонту;
- методи проведення досліджень і розробок з удосконалення метрологічного забезпечення і засобів вимірювань;
- порядок укладення угод із сторонніми організаціями;
- передовий вітчизняний і світовий досвід з метрологічного контролю і забезпечення виробництва;
- основи економіки, організації виробництва, роботи та управління;
- основи трудового законодавства [8].

Професійно-важливі риси:

- спостережливість, уважність, акуратність, зібраність, точність у всіх своїх діях (оскільки робота метролога дуже кропітка);

- уважність (дає змогу спостерігати за протіканням робочого процесу за допомогою приладів і візуально, вона ж забезпечує ефективний результат при тривалому виконанні монотонних робочих операцій);
- великий об'єм короткочасної пам'яті (допомагає утримувати в пам'яті інформацію від її прочитання на приладах до фіксації у документах);
- продуктивне мислення допомагає створювати якісно нові зразки еталонів [8].

Кваліфікаційні вимоги.

Повна вища освіта відповідного напрямку підготовки (магістр, фахівець). Стаж роботи за посадами керівників нижчого рівня відповідного професійного напрямку: для магістра – не менше 2-х років, фахівця – не менше 3-х років.

Вищу освіту за фахом спеціалісти метрологічної служби одержують в Одеській державній академії технічного регулювання і якості. Також, спеціаліста-метролога можливо вивчити на спецкурсах стандартизації і метрології у місті Харків, з числа своїх працівників, які мають достатній досвід і вищу освіту. По закінченню курсів фахівці отримують посвідчення та дозвіл до роботи і право на здійснення контролю та тестування [8].

Фахівці перевіряють:

- обґрунтованість вибору номенклатури вимірюваних (контрольованих) параметрів та допустимих меж їхнього вимірювання;
- виконання вимог, правил та норм державної системи забезпечення єдності вимірювань, а також вимог до вірогідності контролю параметрів та точності встановлення режимів випробувань;
- легітимність діяльності метрологічної служби та компетентність її персоналу;
- забезпеченість організації засобами та приміщеннями, необхідними для вимірювань, перевірки (калібрування), ремонту, зберігання засобів вимірювання, контролю та випробувань та відповідність їх встановленим вимогам;

- систематичний аналіз стану вимірювань та робіт щодо здійснення метрологічної експертизи нормативної та технічної документації, процесів та продукції;
- забезпеченість усіх виробничих підрозділів підприємства необхідними нормативними та технічними документами, в яких регламентовані вимоги з метрології, а також методиками та засобами контролю, вимірювань, випробувань та технічної діагностики з необхідними характеристиками;
- стан робіт щодо метрологічного підтвердження придатності еталонів та засобів вимірювань, їхньої ідентифікації;
- ведення записів про стан та умови застосування засобів метрологічного забезпечення [8].

2.4 Особливості процесу дистанційного тестування параметрів

Систему дистанційного тестування можна розглядати як сукупність віддалених апаратно-програмних модулів та центрального модуля. Віддалені модулі отримують дані від обладнання та відсилають центральному модулю, який зберігає та оброблює отриману інформацію. Отже, проектування системи дистанційного тестування можна розділити на чотири задачі: розробка програмного та апаратного забезпечення дистанційного модуля, вибір технології передачі даних, вибір протоколу передачі даних, розробка програмного забезпечення центрального модуля [4].

Такі системи дозволяють зменшити витрати на обслуговування та кількість задіяних працівників. Особливо великі переваги надає використання дистанційних систем тестування в розподілених на великій території об'єктах. Крім того подібні системи здатні забезпечити контроль та управління навіть застарілим промисловим та інфраструктурним обладнанням, що дає змогу зменшити витрати на модернізацію.

Основна проблема, яка виникає під час проектування систем дистанційного моніторингу, полягає в підтриманні балансу між вартістю та

можливостями системи. У певних випадках системи моніторингу можуть коштувати більше ніж обладнання, що підлягає контролю. Отже, розробник повинен добре розбиратися в наявних технологіях передачі даних, алгоритмах та протоколах, що застосовуються в промисловому обладнанні. Адаптація наявних технологій передачі даних та протоколів, а також розробка власних є найголовнішими проблемами, з якими стикається розробник систем тестування (рис. 2.1) [4].

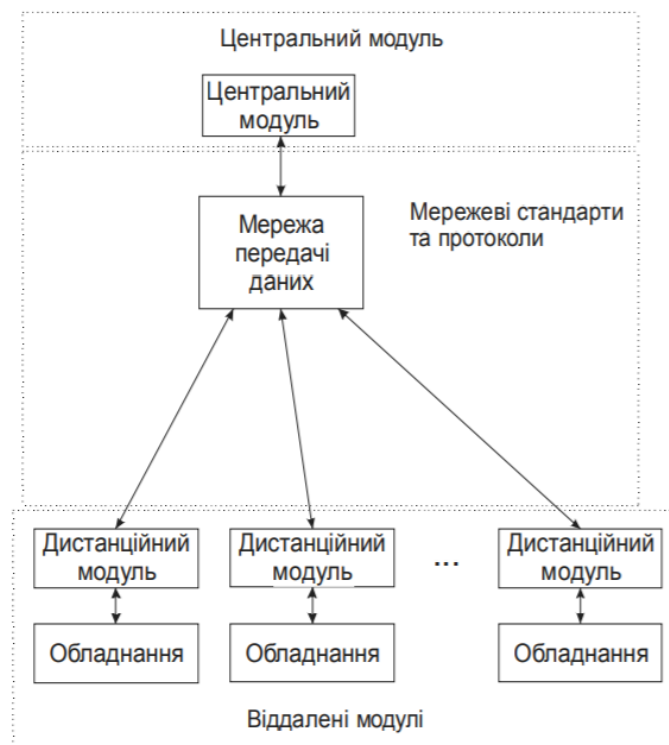


Рисунок 2.1 – Загальна схема дистанційного тестування об'єктів

Технології передачі даних та доцільність їх застосування. Ця задача є однією з найважливіших під час побудови системи дистанційного тестування. Основна проблема, з якою стикається розробник під час розв'язання цієї задачі, полягає у великій кількості наявних технологій. Вирішення цієї проблеми цілком залежить від галузі, в якій застосовується система. Для тестування обладнання в межах однієї будівлі доцільно використовувати дротові мережі передачі даних. Для розподілених мереж краще використати бездротові системи передачі даних. Дротові системи передачі даних широко застосовують

у сучасній техніці. Під час застосування в невеликих масштабах вони дозволяють створювати дешеві системи тестування. Однак у разі використання на великій території виникає безліч проблем: необхідність використання підсилювачів, висока вартість прокладання кабелів, неоднорідність системи. У межах одного приміщення можна використати технології RCDT330 або Ethernet [4].

Технологія RCDT330 – це достатньо дешева та проста технологія, яка дає змогу встановити зв'язок між обладнанням. Вона використовує лише два провідники для передачі даних та дозволяє з'єднати до 256 пристроїв. Максимальна довжина мережі RCDT330 становить 1,5 кілометра. Серед переваг такої системи варто зазначити: низьку вартість, простоту та надійність, адже вона автономна та не залежить від вже прокладених на підприємстві систем передачі даних. Недоліки у системи такі: низька швидкість передачі даних (до 1 Мбіт на секунду) та синхронність передачі даних, в один момент часу лише один модуль може передавати дані.

Ethernet – сімейство технологій пакетної передачі даних між пристроями для комп'ютерних і промислових мереж [4].

Технологія Ethernet є дуже поширеною технологією передачі даних. Вона дорожча за RCDT330, однак, і можливості у неї більші. Технологія Ethernet забезпечує високу швидкість передачі даних (до 1 Гбіт на секунду) та асинхронну передачу даних. Крім того, мережі Ethernet дозволяють легко під'єднати нове обладнання, а отже, використовувати вже існуючу інфраструктуру. Серед недоліків системи можна зазначити: необхідність використання комутаторів та вищу порівняно з RCDT330 вартість. Крім описаних вище технологій, які використовуються на невеликій площі, також існують інші технології, з більшою площею покриття. А саме: телефонний зв'язок та виділені інтернет-канали. Телефонний зв'язок може використовувати технології DialUp або ADSL. Виділені інтернет-канали дозволяють під'єднуватися до мережі Інтернет [4].

Описані технології мають велику перевагу – площу покриття. Вони дозволяють під'єднати до системи дистанційного моніторингу обладнання, розташоване в різних містах країни. Основний недолік полягає в необхідності розміщувати дистанційні модулі в місцях, де є телефонний зв'язок або виділений канал, що часто унеможлиблює використання таких технологій у системах дистанційного тестування. Бездротові технології передачі даних швидко розвиваються останні декілька років, виробники пропонують велику кількість технологій, які відрізняються площею покриття, швидкістю передачі даних, радіодіапазонами. Такі технології є дуже перспективними для систем дистанційного моніторингу, адже не потребують прокладання кабелів або встановлення додаткового мережевого обладнання.

Розглянемо декілька поширених бездротових технологій передачі даних.

Технологія Zigbee була розроблена для забезпечення зв'язку між обладнанням на невеликій площі. Радіус покриття мережі Zigbee становить до 75 метрів, швидкість – до 250 Кбіт в секунду. Часто використовується для під'єднання різноманітних сенсорів до системи моніторингу. Велика перевага цієї технології полягає у наявності комплектуючих для побудови власного обладнання моніторингу [4].

Технологія Wi-Fi є надзвичайно цікавою для систем дистанційного тестування, але існують певні проблеми, які ускладнюють її використання в подібних системах. Технологія Wi-Fi забезпечує дальність передачі даних до 300 метрів, а швидкість до 300 Мбіт на секунду. Wi-Fi широко застосовується в техніці і на ринку представлено велику кількість різноманітного обладнання, однак в Україні є проблеми з елементною базою (мікросхемами, приймачами), тому побудова власних пристроїв з використанням технології Wi-Fi є дуже складною [4].

Технологія GSM дуже часто застосовується в системах контролю та моніторингу, і для цього існують дуже вагомі підстави. Технологія GSM є однією з найпоширеніших технологій бездротового зв'язку у світі, майже 98 відсотків площі України мають GSM покриття, тому обладнання, оснащене

GSM-модемом, може працювати практично будь-де. Технологія GSM надає розробникам систем моніторингу різноманітні можливості передачі даних: стандарт SMS-передача коротких текстових повідомлень (до 140 байт), стандарт CSD – аналог модемного зв'язку в телефонних мережах, стандарт GPRS – пакетна передача інформації. У вільному доступі знаходиться велика кількість модемів, які працюють в мережі GSM, отже, побудова власних пристроїв для роботи з GSM не є великою проблемою [4].

Протоколи передачі даних. Наступною важливою проблемою, яку потрібно вирішити розробнику систем дистанційного тестування, є проблема вибору протоколу передачі даних. Зазначимо, що дистанційні модулі системи моніторингу базуються на доволі простих програмованих пристроях – мікроконтролерах. Тому канонічна модель OSI не зовсім підходить для класифікації використовуваних протоколів зв'язку. Протокол Modbus – це доволі поширений протокол передачі даних. Хоча його і зараховують до прикладних протоколів моделі OSI, тим не менш таким способом однозначно його визначити не можна. Річ у тому, що протокол Modbus крім власне передачі даних, ще і виконує такі завдання: контроль цілісності повідомлення (транспортний рівень), виконує задачі комутації (мережевий рівень), визначає початок і кінець передачі повідомлення (канальний рівень). Така невизначеність протоколу Modbus пояснюється тим, що він призначений для комунікації простих пристроїв, в яких немає достатнього об'єму пам'яті та обчислювальної потужності для реалізації всіх рівнів моделі OSI [xxx] [4].

В (табл. 2.1) наведено формат команди читання протоколу Modbus.

Таблиця 2.1 – Формат команди читання N байт

	Адреса		Функція	Адреса першого байту		Число байтів		CRC	L	C
				Молодший байт	Старший байт	Молодший байт	Старший байт			
0x3A	--	--	0x03	0x95	0x05	0x16	0x00	0x65	10	13

Протокол Modbus базується на клієнт-серверній архітектурі, тобто ініціювати передачу даних може головний (центральный) пристрій, така архітектура взаємодії добре співвідноситься з викладеною вище архітектурою системи тестування.

В (табл. 2.2) наведено формат команди запису протоколу Modbus.

Таблиця 2.2 – Формат команди запису N байт

	Адреса		Функція	Адреса першого байту		Число байтів		CRC	L F	C R
				Молодший байт	Старший байт	Молодший байт	Старший байт			
0x3A	--	--	0x16	0x95	0x05	0x16	0x00	0x65	1 0	1 3

Повідомлення Modbus містить адресу пристрою, код команди, адресу пам'яті пристрою, довжина масиву даних, дані, та контрольна сума CRC. Протокол дозволяє дистанційно записувати дані в цільовий пристрій або читати їх з нього. Протокол достатньо простий для того, щоб функціонувати на малопотужних мікроконтролерах [4].

Проблеми протоколів передачі даних Більшість протоколів, які використовуються в системах дистанційного тестування, є доволі простими протоколами, здебільшого їх створюють розробники для реалізації конкретного проекту, іноді використовують стандартні протоколи, такі як Modbus. Однак у разі використання власних протоколів передачі даних втрачається сумісність з іншим обладнанням, зростає складність модернізації системи. А у разі використання стандартних простих протоколів виникає проблема пристосування протоколу до власних вимог. Варто зазначити, що більшість стандартних протоколів передачі даних у системах на базі мікроконтролерів було розроблено в 70-х, 80-х роках минулого століття, з часу, що минув з моменту їх створення, потужність обчислювальної техніки значно зросла, сучасні мікроконтролери мають більше пам'яті та потужніший процесор.

З'явився режим багатопоточної роботи. Тому можна зазначити, що стандартні протоколи передачі даних значною мірою застаріли, вони не достатньо гнучкі для сучасної техніки, потребують багато часу для пристосування до конкретних умов та тестування. У комп'ютерних системах цю проблему вирішили використанням протоколів, заснованих на тегах. Цей вид протоколів може мати довільну довжину повідомлення. У таких протоколах кожному значенню передуює його опис, тобто тег. Теги зі значеннями можна розміщувати в довільному порядку, в певних випадках їх може взагалі не бути. Це дозволяє підвищити захищеність протоколу від технічних перешкод або людського втручання. Подібні протоколи дуже гнучкі, що дає можливість швидко адаптувати їх до конкретної задачі та ефективно тестувати. Розробка власних протоколів передачі даних та форматів повідомлень цих протоколів займає багато часу, ще більше часу витрачається на їх тестування. Тому створення одного стандартного протоколу на основі тегів дозволить значно зменшити час тестування системи. Опишемо, що розуміють під терміном тег [4].

Тег – це дескриптор певного поля повідомлення протоколу. Тег може бути текстовим або числовим. Основне завдання тегу полягає у відокремленні одного поля протоколу від іншого. Різниця між позиційними протоколами та протоколами на основі тегів полягає у довільному розташуванні тегів у повідомленні. До останнього часу використання протоколів, заснованих на тегах у системах дистанційного моніторингу, унеможлиблювалося невеликою потужністю та функціональністю обладнання, однак сучасне обладнання дозволяє реалізувати такі протоколи. Крім того, тегові протоколи мають значно більшу збитковість порівняно зі звичайними позиційними протоколами, це призводить до зростання розмірів повідомлення та підвищення завантаженості каналу передачі даних. Ця ознака протоколів на основі тегів не давала змоги використовувати цей перспективний протокол у промисловій техніці та системах моніторингу обладнання, але пропускна здатність мереж передачі даних значно зросла за останній час, тому велика збитковість змінила своє значення з негативного на позитивний, адже таким чином підвищилася

надійність протоколу та його стійкість до свідомого людського втручання (рис. 2.2) [4].

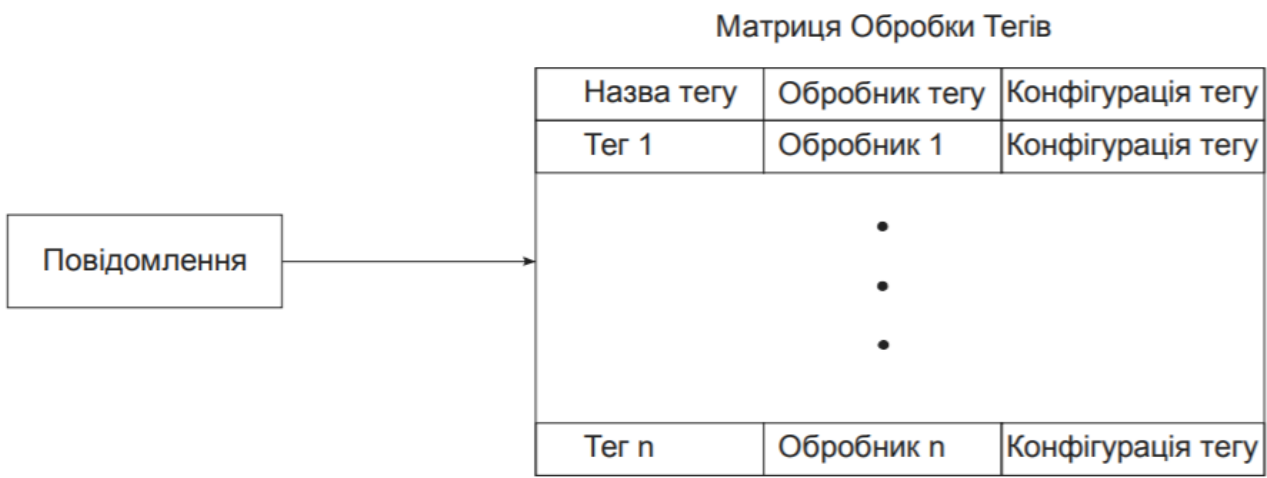


Рисунок 2.2 – Модель обробки повідомлення матрицею тегів

На (рис. 2.3) наведена модель роботи системи з протоколом на основі тегів.

Однак незважаючи на переваги, які надають протоколи, засновані на тегах, поки що не було запропоновано жодного подібного протоколу в галузі мікроконтролерної техніки. Розробка таких протоколів є дуже перспективною та затребуваною справою. Модель роботи протоколу на основі тегів можна реалізувати так. Програмне забезпечення обробки повідомлень протоколу є стандартним і реалізованим на різних платформах та мовах програмування (наприклад С, С++, С#, Java, Assembler, Python та інших). Перед початком роботи системи розробник вводить інформацію про наявні теги, їх формати та інформацію про взаємодію до спеціальної таблиці протоколу, крім цього до тієї ж таблиці вводяться обробник тегів та повідомлень. Назвемо цю таблицю Матрицею обробки тегів (ТНМ – Tag Handling Matrix), за допомогою цієї таблиці повідомлення, отримані з мережі передачі даних, будуть оброблюватися спеціальним програмним забезпеченням, у разі знаходження внесених у таблицю тегів перевірятиметься їх формат та відповідність вже отриманим до цього тегам, після чого дані, отримані з повідомлення протоколу,

будуть передаватися у внесені розробником обробники даних. Подібне програмне забезпечення, з відповідно налаштованими таблицями, буде встановлено на центральному та дистанційних модулях системи. Таким чином протокол забезпечує абстрагування від конкретної мережі передачі даних, обладнання та конкретних цілей розробника, але при цьому надає гнучкі засоби налаштування та контролю стану процесу передачі даних. Всі операції кодування та контролю правильності передачі даних протокол вирішує самостійно. У запропонованій системі роботи протоколу на основі тегів розробник фактично абстрагується від процесу передачі даних, але при цьому має можливість його контролювати. Такий протокол також надає стандартні засоби тестування, це дозволяє значно скоротити час розробки системи, адже надійність є однією з ключових ознак будь-якої системи моніторингу промислового обладнання. Протоколи передачі даних на основі тегів демонструють тенденції сучасного світу інформаційних технологій. А саме – тенденцію до уніфікації, тенденцію до спрощення та скорочення циклу розробки програмного забезпечення, тенденцію до переходу від продуктивних програмних продуктів до універсальніших та надійніших. Для проектування реальної системи дистанційного тестування варто навести приклад розробки реальної системи дистанційного тестування, яку було успішно впроваджено в Україні (рис. 2.4). Основне призначення розробленої системи полягає в комплексному моніторингу обладнання станцій мобільного зв'язку. Потрібно зазначити, що крім радіобладнання, яке має власну систему управління, станція мобільного зв'язку також складається з обладнання електроживлення, протипожежної системи, охоронної системи. Все це обладнання необхідно дистанційно контролювати, система контролю повинна бути максимально незалежною від задіяного радіобладнання, тобто під'єднуватися до радіомережі у якості звичайного абонента мобільної мережі [4].



Рисунок 2.3 – Модель роботи системи з протоколом на основі тегів

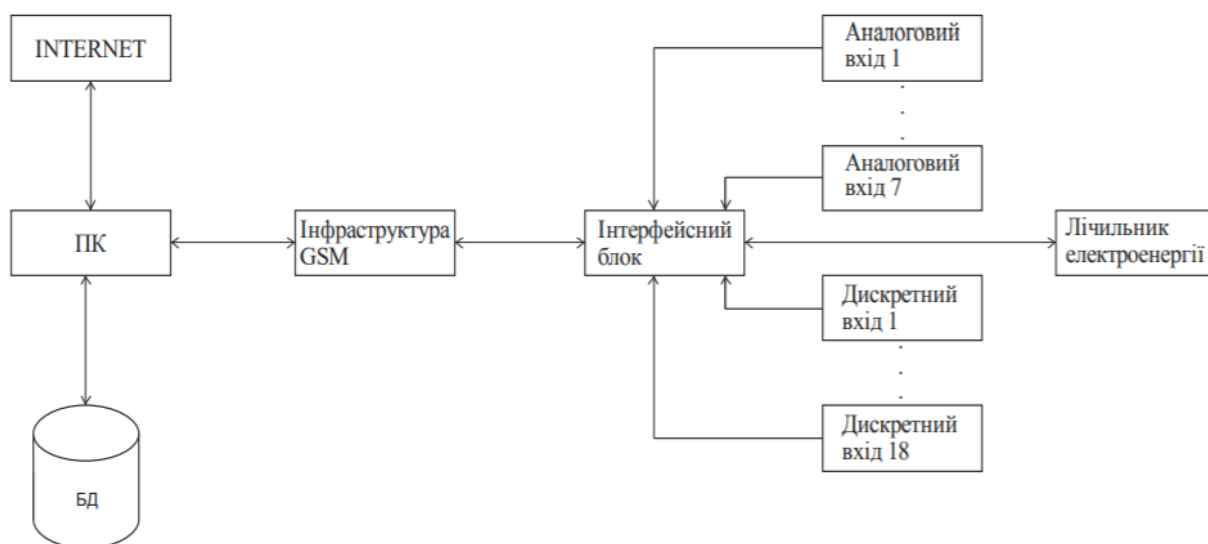


Рисунок 2.4 – Структура системи дистанційного тестування

Система використовує безпроводний зв'язок технології GSM, тілом повідомлення виступає повідомлення стандарту SMS. Використання цього стандарту надає декілька істотних переваг. По-перше, стандарт SMS

підтримують всі базові станції GSM зв'язку, навіть найсучасніші станції можуть працювати з цим стандартом, у найближчому майбутньому цей стандарт передачі повідомлень буде залишатися актуальним. По-друге, стандарт SMS має пакетну сутність, тобто достатньо відіслати повідомлення у мережу, після чого доставкою його абонента займається GSM система, вона ж проінформує відправника про факт доставки повідомлення абонента. Невеликий обсяг повідомлення SMS не є проблемою, доступних 140 байт цілком вистачає для передачі всієї необхідної інформації. Дистанційний модуль складається з двох мікроконтролерів виробництва AVR: AtMega8 (мікроконтролер 2) та AtMega64 (мікроконтролер 1). Ці пристрої доволі функціональні та недорогі, а крім того поширені на ринку України. Менш потужний AtMega8 з'єднано з GSM-модемом, він займається передачею та отриманням повідомлень. AtMega64 виконує функцію головного контролера, він займається отриманням та обробкою значень цифрових та аналогових сигналів. Така структура дозволяє дистанційно перепрограмувати контролер AtMega64, який виконує основні функції в системі, за допомогою контролера AtMega8. Подібна функціональність дає змогу істотно зменшити витрати на обслуговування системи. Дистанційний модуль дозволяє контролювати 18 цифрових сигналів, наприклад, сенсор відкриття дверей чи сенсор пожежі, 7 аналогових сигналів та температуру у приміщенні. Крім цього, дистанційний модуль оснащений портами RS232 та RS485 для контролю показів лічильника електроенергії. Дистанційний модуль може опрацьовувати отримані значення цифрових та аналогових входів та відсилати повідомлення у разі настання запрограмованих подій, встановлення умов настання цих подій відбувається дистанційно. Подібна функціональність повністю задовольняє умови моніторингу обладнання (рис. 2.5) [4].

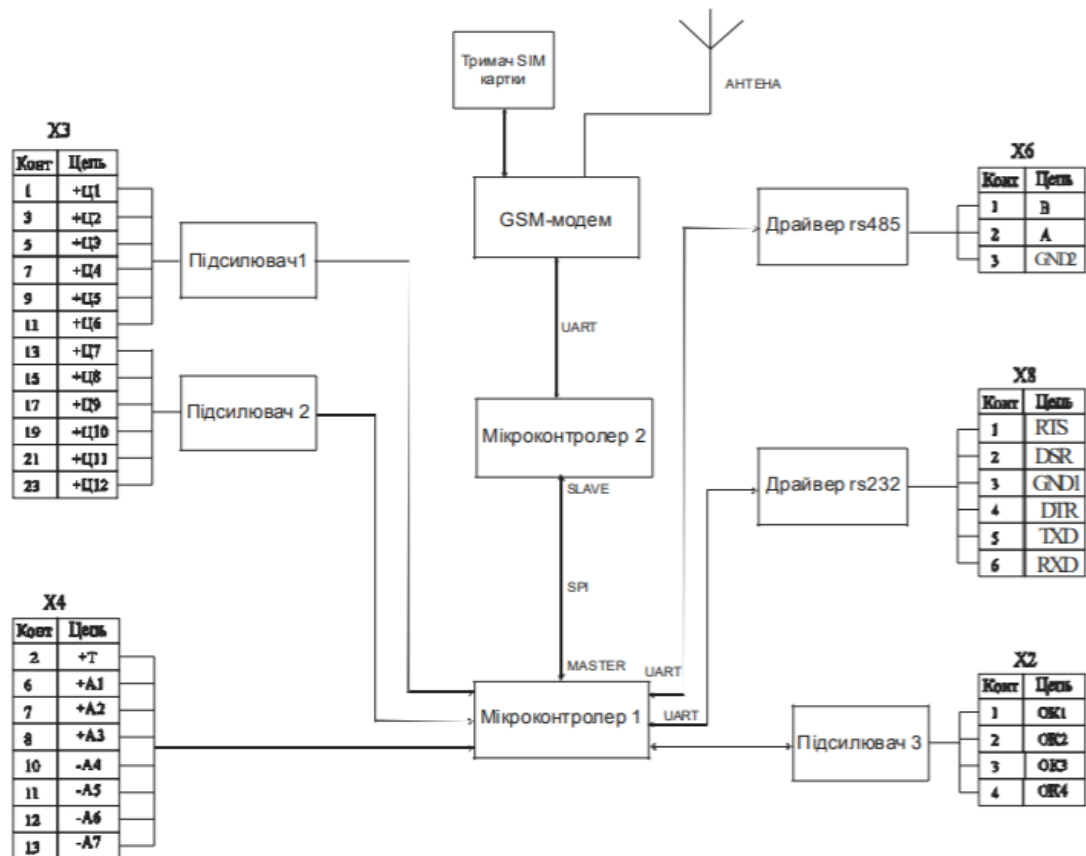


Рисунок 2.5 – Структура дистанційного модуля

Центральний модуль системи встановлено на звичайному персональному комп'ютері. Цей модуль являє собою спеціально розроблене програмне забезпечення, яке дозволяє передавати та отримувати повідомлення дистанційним модулям, а також зберігати отриману інформацію у базі даних. Програмне забезпечення має зручний графічний інтерфейс, який реалізує ієрархічне представлення стану системи моніторингу [4].

Перспективним є відокремлення програмного забезпечення центрального модуля системи від інтерфейсу користувача та перенесення до глобальної мережі Internet. Це дозволить управляти системою в будь-якій точці Землі. Подібна практика стає все популярнішою, вона забезпечує обслуговування системи незалежно від того де вона розташована. Процес розробки та тестування описаної системи становить приблизно три місяці. Отже, можна стверджувати, що розробка систем дистанційного моніторингу за умови використання сучасних технологій може відбуватися дуже швидко. Нині

встановлено та експлуатується 300 дистанційних модулів системи. Перспективи розвитку систем дистанційного моніторингу в Україні Системи дистанційного моніторингу обладнання в Україні поки що широко не застосовують, але вони мають значний потенціал. Разом з покращенням економічної ситуації в країні застосування таких систем ставатиме все доцільнішим. Особливо корисними системи дистанційного моніторингу можуть бути під час застосування в об'єктах інфраструктури, через велику протяжність обслуговування таких об'єктів потребує значних витрат грошей та часу, системи дистанційного моніторингу здатні значно зменшити витрати та підвищити швидкість реагування на аварії та поломки, що виникають. Завчасне інформування про імовірну поломку зменшує рівень витрат та підвищує час функціонування обладнання. Ще одна сфера, в якій застосування систем дистанційного тестування здатне принести значну користь – це великі підприємства хімічної та металургійної галузі, система ЖКХ. Зважаючи на великі масштаби виробництва, навіть незначна його оптимізація за рахунок систем дистанційного тестування дає змогу значно підвищити продуктивність. Системи дистанційного тестування та управління надають можливість покращити конкурентоспроможність підприємства та оптимізувати виробництво. В Україні існують значні перспективи застосування систем дистанційного тестування, але через несприятливу економічну ситуацію вони не можуть повністю розкрити свій потенціал [4].

2.5 Висновки по розділу II

Системи дистанційного тестування – це сучасна сфера застосування інформаційних технологій. З кожним роком у світі використовуються все більше таких систем. У майбутньому можна очікувати ще більшого попиту на такі системи. В Україні системи дистанційного тестування мають значні перспективи. Тому науковцям та інженерам варто приділити значну увагу розробленню та дослідженню подібних систем.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Автоматизація процесу дистанційного тестування показників якості електромереж

Тестування – один з найважливіших етапів контролю якості в процесі розробки програмного забезпечення.

Автоматизоване тестування є його складовою частиною. Воно використовує програмні засоби для виконання тестів і перевірки результатів виконання, що допомагає скоротити час тестування і спростити сам процес.

Основні підходи до автоматизації тестування. Існує два основних підходи до автоматизації тестування: тестування на рівні коду та тестування користувацького інтерфейсу (GUI-тестування). До першого типу належить, зокрема, модульне тестування. До другого – імітація дій користувача за допомогою спеціальних тестів [13].

Найбільш поширеною формою автоматизації є тестування додатків через графічний користувацький інтерфейс.

Однією з головних проблем автоматизованого тестування є його трудомісткість, незважаючи на те, що воно дозволяє усунути частину рутинних операцій і прискорити виконання тестів, великі ресурси можуть витрачатися на оновлення самих тестів. Це відноситься до обох видів автоматизації. При рефакторингу програм часто буває необхідно оновити і модульні тести, і зміна коду тестів може зайняти стільки ж часу, скільки і зміна основного коду. З іншого боку, при зміні інтерфейсу додатку необхідно заново переписати всі тести, які пов'язані з оновленими вікнами, що при великій кількості тестів може відняти значні ресурси.

Ще зовсім недавно тестування програм проводилося вручну або самими програмістами, або користувачами, що навряд чи можна було назвати системним підходом і до того ж це не дозволяло оцінювати якість коду. Трохи

пізніше тестування виділилося в окрему галузь знань у складі розробки програмного забезпечення, але швидко прийшло розуміння того, що тестування вручну неефективне, оскільки вимагає великих трудових ресурсів і багато часу. Перші засоби автоматизації тестування практично представляли собою бібліотеки, які можна було використовувати для написання тестів, що вимагало від тестувальника вміння програмувати на рівні розробника. Сучасні засоби автоматизованого тестування дозволяють створювати автоматизовані тести з мінімальною участю людини [13].

Класифікація засобів та план тестування.

Прийнято розділяти тестування за рівнями завдань і об'єктів на різних стадіях і етапах розробки:

- функціональне тестування підсистем і програмного забезпечення в цілому з метою перевірки ступеня виконання функціональних вимог – рекомендується проводити окремою групою тестувальників, які не підпорядковані керівнику розробки;
- модульне тестування частин (компонентів) з метою перевірки правильності реалізації алгоритмів – виконується розробниками;
- тестування навантаження (у тому числі стресове) для виявлення характеристик функціонування при зміні навантаження (інтенсивності звернень до нього, наповнення бази даних і тому подібне) – для виконання цієї роботи потрібні висококваліфіковані тестувальники і дорогі засоби автоматизації експериментів.

На ринку засобів автоматизованого тестування сьогодні представлено багато продуктів. Найбільш потужними з них є: HP (QuickTest Professional, WinRunner), IBM (Robot, Functional Tester), AutomatedQA (TestComplete) та Selenium, який зараз часто використовується для тестування Web-додатків. Частина з них використовує стандартні мови програмування (наприклад, QTP використовується в якості мови розробки скриптів VB, а Functional Tester, реалізований в середовищі Eclipse, дозволяє створювати скрипти на Java), а частина застосовує свої власні спеціалізовані мови (наприклад, Robot

використовує мову SQABasic для написання скриптів). Більшість інструментів орієнтовані на роботу з Web-додатками або зі звичайними додатками, написаними із застосуванням технологій .Net або Java.

Розробники засобів автоматизованого функціонального тестування досить оперативно реагують на появу нових механізмів і платформ розробки програмного забезпечення. Незважаючи на те, що на ринку існує величезна різноманітність різних продуктів для автоматизованого тестування, деякі компанії-розробники створюють власні інструменти, пристосовані для тестування розроблюваних ними додатків. Причинами цього є висока вартість засобів автоматизованого тестування та унікальність програмного забезпечення, що тестується, яка не дозволяє використовувати стандартні засоби автоматизації тестування.

Крім засобів тестування існують так звані засоби підтримки процесу тестування, що дозволяють вести облік вимоги і тест-кейси, проводити аналіз покриття вимоги тестами, керувати ходом виконання тестування, вести облік виявлених дефектів і тому подібне. Лідирує в даній області Web-додаток HP Quality Center – інструмент управління процесом тестування, який, включаючи управління вимогами і дефект-менеджмент, інтегрований із засобами функціонального і навантажувального тестування HP QuickTest Professional.

Важливим моментом при створенні тестових систем та написанні тестів є наявність плану тестування, що визначений міжнародним стандартом IEEE 829-1983. В ньому повинні бути наступні розділи:

- що буде тестуватися (тестові вимоги, варіанти тестів);
- якими методами буде тестуватися система та критерії, за якими буде визначатися успіх тестів;
- план робіт та ресурси (тестувальники, техніка).

Також слід визначити певні критерії вдалого/невдалого завершення тестів, ризики і плани керування та конфігурації середовища і керування тощо.

Коли зрозуміло, що і навіщо потрібно тестувати, і є план дій, саме час задуматися про те, як це зробити ефективніше, швидше і якісніше. Сучасне

програмне забезпечення – це складний об’єкт, і вручну з ним справлятися важко і дорого. До того ж при «ручному» тестуванні результати кожного виконання тестів пропадають, і їх важко повторити. Для того щоб збільшити обсяг перевірок і підвищити якість тестування, забезпечити можливість повторного використання тестів при внесенні змін у програмне забезпечення застосовують засоби автоматизації тестування.

Сьогодні Україна відстає від решти комп’ютерного світу щодо застосування засобів автоматизації тестування, і для цього, на наш погляд, є декілька причин:

- неправильне ставлення до тестування як такого – багато керівників вважають, що розробник може написати програму, яка не містить помилок;
- висока вартість інструментів автоматизації тестування;
- бажання заощадити на кваліфікованих кадрах – робота спеціаліста з засобів автоматизації тестування обходиться дорожче, ніж праця звичайного тестувальника;
- обмеження по термінах – автоматизація тестування вимагає значних тимчасових витрат і має сенс тільки в тому випадку, якщо проект як мінімум середньостроковий;
- невдалий досвід застосування таких засобів і очікування миттєвого ефекту від їх впровадження. Адже результати впровадження таких продуктів помітні далеко не відразу і витрати на автоматизацію окупаються за тривалий період часу, що не дозволяє повністю відмовитися від тестування вручну.

Найважливішою рисою автоматизації процесу дистанційного тестування є безпосередній візуальний контакт між людиною та комп’ютером. На екрані дисплея АРМ буде представлена вся необхідна і достовірна інформація як результат проведеного тестування параметрів електромережі у зручному вигляді і у реальному масштабі часу.

3.2 Розробка структури автоматизації процесу дистанційного тестування промислових електромереж

Розробка пристрою автоматизації процесу дистанційного тестування ПЗВ буде ґрунтуватись на сукупності наступних технічних засобів:

- тестера;
- датчиків котролю параметрів електромереж;
- автоматизоване робоче місце (АРМ).

Для вибору типів технічних засобів необхідно провести дослідження по наступним показникам: асортименту, класифікації, характеристик ергономіки та вартості технічних засобів які входять до складу пристрою.

Дослідження проводилось на базі підприємства «Харків-Прилад» у демонстраційному залі за допомогою обладнання фірми.

Необхідно обрати асортимент:

1) Тестери ПЗВ (табл. 3.1)

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика показників тестерів ПЗВ

№	Назва	Основні характеристики	Ціна
1	RCDT310	Відсутній вихід USB; вага – 0.8 кг; тестування ПЗВ виконання 30, 100, 300, 500 мА; робоча напруга 100-280 В; вимірювання напруги до 300 В; вимірювання напруги дотику від 0 до 50 В; вимірювання часу відключення; тестування струму відключення $(0,5-1-5 \times I_{\text{ном}})$ та спрацьовування ПЗВ; частота 45-65 Гц; живлення – 8 батарей або акумуляторів типу АА; пиловологозахисний корпус – IP54; робочі температури від -5°C до +40°C.	15424,00 грн.

Продовження таблиці 3.1

2	RCDT320	Відсутній вихід USB; вага – 0.8кг; тестування ПЗВ виконання 10, 30, 100, 300, 500, 1000 мА; робоча напруга 50-280 В; вимірювання напруги до 300 В; вимірювання напруги дотику від 0 до 50 В; вимірювання часу відключення; тестування струму відключення ($0,5-1-5 \times I_{\text{ном}}$) та спрацьовування ПЗВ; частота 45-65 Гц; живлення – 8 батарей або акумуляторів типу АА; пиловологозахисний корпус – IP54; робочі температури від -5°C до +40°C. Додано підсвічування дисплею; дистанційна перевірка послідовності переключення, тестування току відключення і спрацювання ПЗВ.	18144,00 грн.
3	RCDT330	Вихід USB для сумісності з ПК; вага – 1 кг; тестування ПЗВ виконання 10, 30, 100, 300, 500, 1000 мА; робоча напруга 50-280 В; вимірювання напруги до 300 В; вимірювання напруги дотику від 0 до 50 В; вимірювання часу відключення; тестування струму відключення ($0,5-1-5 \times I_{\text{ном}}$) та спрацьовування ПЗВ; частота 45-65 Гц; живлення – 8 батарей або акумуляторів типу АА; пиловологозахисний корпус – IP54; робочі температури від -5°C до +40°C; підсвічування дисплею; дистанційна перевірка послідовності переключення; тестування току відключення і спрацювання ПЗВ. Додано тестування програмованих ПЗВ; зберігання результатів тестування – 1000 вимірювань; ПЗ. Megger.	20736,00 грн.

У якості тестеру ПЗВ обрав RCDT 330.

Дослідження показало, що найкращий з показників якості параметрів є тестер RCDT 330, тому що він має інтерфейс USB, підсвічування дисплею, тестування програмованих ПЗВ, зберігання результатів тестування – 1000 вимірювань. Але він має високу собівартість – понад 20 тис. грн.

На (рис. 3.1) наведено тестер ПЗВ RCDT 330.



Рисунок 3.1 – Тестер ПЗВ RCDT 330

Особливості параметрів сучасного тестеру ПЗВ марки RCDT330 Megger:

- тестування ПЗВ виконання 10, 30, 100, 300, 500, 1000 мА;
- робоча напруга 50-280 В, вимірювання напруги до 300 В;
- вимірювання напруги дотику від 0 до 50 В;
- вимірювання часу відключення;
- тестування струму відключення ($0,5-1-5 \times I_{ном}$) та спрацьовування ПЗВ;
- частота 45-65 Гц;
- дистанційна перевірка послідовності перемикання;
- інтерфейс USB;
- підсвічування дисплею;
- зберігання результатів тестування – 1000 вимірювань;
- вага – до 1,0 кг;

- живлення – 8 батарей або акумуляторів типу AA;
- пиловологозахисний корпус – IP54;
- робочі температури від -5°C до +40°C;
- megger – тестер ізоляції Megger.

Тестер ізоляції Megger – невеликий портативний прилад, який дає пряме зчитування опору ізоляції в омметрах або мегаомметрах. Для якісної ізоляції опір зазвичай визначається в діапазоні мегаомметр.

Тестер ПЗВ RCDT-330 тестує всі типи пристроїв захисного відключення (ПЗВ): стандартні, постійного струму і селективні (з затримкою часу спрацьовування) номіналом 30 мА, 100 мА, 300 мА і 500 мА. Може також випробувати пристрої з потужністю 10 мА і 1000 мА. Тестування проводиться струмом: 0,5xI, 1xI і 5xI в положенні 0° і 180°. Напруга дотику вимірюється на початку тестування ПЗВ і якщо ця напруга перевищує встановлений рівень, тестування буде автоматично заборонено. Напруга дотику вибирається 25 В або 50 В. 3-фазна безпека – навіть якщо RCDT підключений через фазу, прилад залишиться неушкодженим. Всі прилади сконструйовані для протистояння ударам і захищені армованим каучуком.

Даний тест дуже корисний для діагностики хибно спрацьовуючих ПЗВ. Для захисту користувача та приладу від неналежного використання тестер RCDT330 має багато властивостей, відомих як інтелектуальна система безпеки Megger. RCDT330 має можливість тестування програмованих пристроїв із залишковим струмом, охоплюючи діапазон від 10 мА до 1000 мА з кроком 1 мА. RCDT330 зберігає результати тестів у внутрішній пам'яті.

Дані зберігаються в пам'яті при відключенні приладу або розрядки батарей.

Для діапазону результатів можна вибрати номер посилання для використання того ж тестера в різних місцях і простого поділу при завантаженні в ПК. Стовпчасті діаграми показують обсяг використаної пам'яті.

Останній зареєстрований результат можна викликати на дисплей. Всі дані можна завантажити в ПК через програму Download Manager або програму

Megger Powersuite Professional Windows. Результати тестів завантажуються в масштабні таблиці зі значеннями, що розділяються комою, і можуть вводитися в Microsoft Excel.

2) Датчики контролю параметрів електромереж (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика датчиків контролю параметрів електромереж

№	Назва	Основні характеристики	Ціна
1	PAN-10	Для контролю обладнання малої та середньої потужності. Мініатюрний бездротовий датчик, який встановлюється без порушення ізоляції. Замикається на фазному кабелі. Призначений для обладнання малої та середньої потужності. Зовнішній діаметр кабелю для вимірювання з ізоляцією – 7 мм .; вимірюваний струм – 0-63А; мінімальний робочий струм – 0,3-0,45А; інтервал передачі даних – 10 сек. робоча температура – 0 - +50 С.	254 грн.
2	PAN-12	Для контролю обладнання середньої потужності. Бездротовий датчик має замикалася механізм, який дозволяє встановлювати його без порушення ізоляції. Призначений для контролю обладнання середньої потужності. Зовнішній діаметр кабелю для вимірювання з ізоляцією – 18,8 мм.; вимірюваний струм – 0-225А; мінімальний робочий струм – 0,5 - 0,8 А; інтервал передачі даних – 10 сек. робоча температура – 0 - +50 С.	352 грн.

Продовження таблиці 3.2

3	PAN-14	Для контролю обладнання будь-якої потужності. Бездротовий датчик PAN-14 призначений для вимірювання струмів будь-якої потужності. Датчик кріпиться до стандартного трансформатора струму (з вихідним струмом 5А). Зовнішній діаметр кабелю для вимірювання з ізоляцією – 18,8 мм.; вимірюваний струм – будь-який діапазон; мінімальний робочий струм – 0,03 - 0,05; інтервал передачі даних – 10 сек.; робоча температура – 0 - +50 С.	526 грн.
4	PAN-42	Для контролю розширених параметрів електроенергії. Бездротовий датчик PAN-42 призначений для контролю розширених параметрів електроенергії і підключається через стандартні трансформатори струму (з вихідним струмом 5А). Кріпиться на дп рейку або стіну. Вимірювані параметри: – споживана потужність (кВт) – спожита електроенергія (кВт * год); – ток (А); – витрати електроенергії (руб.); – коефіцієнт потужності (косинус фі) – напруга, В); – реактивна потужність; – спожита активна електроенергія (кВт * год); – частота мережі (Гц).	683 грн.

У якості датчика був вибраний РАН-12, тому що він малогабаритний, підходить по параметрам вимірювання електромереж, завадостійкий.

Досліджене АРМ написано у підрозділі 3.3.

Технічний стан сучасних промислових електромереж дуже жахливий. Термін експлуатації самих електромереж та технічного обладнання становить понад 60%, а іноді до 90% всього відпрацьованого часу. При цьому протяжність електромереж по цехам складає десятки кілометрів. Вірогідність технічних проблем при експлуатації виникає маса і достатньо часто. Результатом виникнення цих проблем може бути вихід із ладу дорогого виробничого обладнання та загроза життю і здоров'ю працівників. Заміна всього господарства електромереж дуже витратна для підприємств, тому заміну проводять частково, без зупинки виробництва. А впровадження автоматизації процесу дистанційного тестування дозволить зменшити кількість проблем, часткову заміну зробити плановою, більш економічно вигідною. Тому доцільно запропонувати процес автоматизації дистанційного тестування параметрів промислових електромереж. Структурна схема процесу автоматизації дистанційного тестування представлена на (рис. 3.2).

Для здійснення процесу автоматизації дистанційного тестування промислових електромереж необхідно функціонально зв'язати в єдиний пристрій АРМ спеціаліста-тестувальника, тестер ПЗВ RCDT330 та датчики контролю параметрів електромереж. Датчики контролю повинні бути розташовані таким чином і в такій необхідній кількості, щоб охопити максимальну кількість проблемних місць електромережі. Далі відбувається наступне: на протязі робочої зміни при працюючому виробничому обладнанні періодично або постійно за командою ПЗ проходить тестування параметрів електромережі та порівняння їх показників з нормативними. У випадку, коли усі параметри відповідають нормативним, ПЗ комп'ютера ніяких сигналів не подає. На екрані дисплея відображаються нормативні діаграми параметрів, а на екрані тестера їх числове значення в реальному масштабі часу.

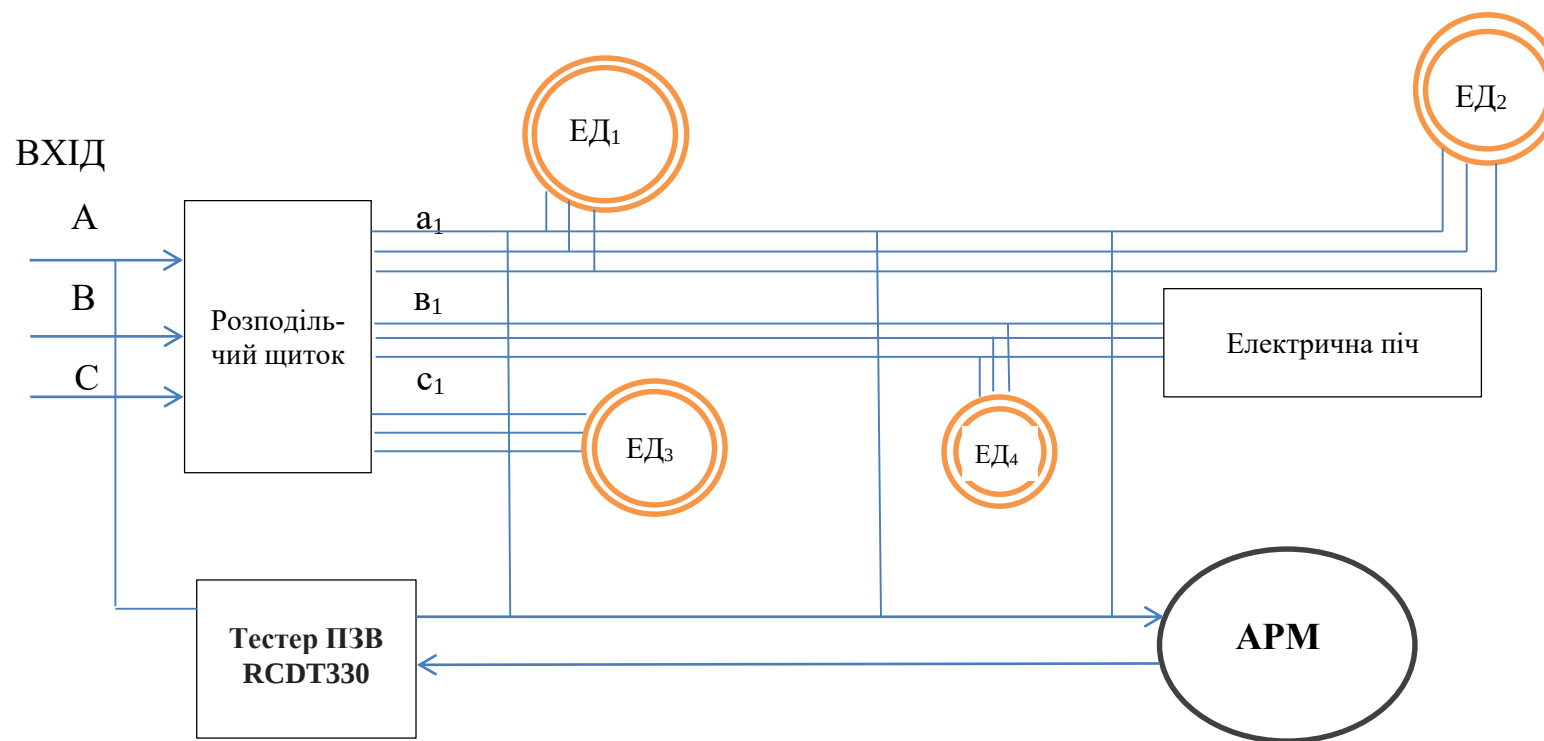


Рисунок 3.2 – Структурна схема процесу автоматизації дистанційного тестування

У випадку відхилення хоча би одного з параметрів на незначну величину ПЗ комп'ютера видасть відповідний сигнал, на екрані тестеру буде відображатись числове значення показника параметру; ПЗ комп'ютера покаже проблемне місце, а також варіанти рішення проблеми аж до зупинки електропостачання.

А у випадку значного відхилення – технічне обладнання буде автоматичне вимкнуте при допомозі автоматів типу 3-фазних ПЗВ.

3.3 АРМ для спеціаліста з проведення процесу дистанційного тестування та порядок розрахунку їх кількості

Автоматизоване робоче місце (АРМ) (рис. 3.3) визначається як сукупність інформаційно-програмно-технічних ресурсів, що забезпечує кінцевому користувачеві обробку даних і автоматизацію управлінських функцій в конкретній предметній області.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд АРМ

Інформаційне забезпечення АРМ орієнтовано на підтримку звичних для користувачів особливостей структуризації використовуваних даних, що дозволяє здійснювати швидкий пошук, внесення необхідних змін, підготовку документів і звітів.

Типовим рішенням є забезпечення доступу користувачів з різних АРМ до інформаційно-довідкової системи.

Технічне забезпечення АРМ призначене для безпосереднього виконання всіх операцій в рамках використовуваних ІТ, гарантуючи при цьому обробку заданих обсягів даних до необхідного моменту часу.

Крім того, технічне забезпечення є основою реалізації надійного обміну даними як в локальних, так і в глобальних інформаційних системах (ІС).

Основну частину технічного забезпечення АРМ складають ПК універсального призначення, що мають значну обчислювальну потужність.

Основу системного ПЗ для АРМ різного призначення складають зазвичай ОС сімейства Windows.

У більшості випадків конкретна спеціалізація АРМ задається функціонально орієнтованими пакетами прикладних програм.

Традиційно використання в якості прикладного ПЗ широкого призначення інтегрованого пакета програм MS Office, зазвичай, у складі редактора Word, електронних таблиць Excel, СУБД Access, системи підготовки презентацій Power Point, поштової програми Outlook Express.

Загальний порядок розрахунку кількості АРМ залежить від рівня адміністративно-господарської діяльності та за ступенем узагальнення інформації. Існує 3 рівня АРМ за місцем їх розташування:

- 1-й рівень: рівень міністерств, відомств, департаментів та ін.;
- 2-й рівень: рівень промислових з'єднань, великих промислових підприємств;
- 3-й рівень: рівень заводів, цехів, баз, складів.

Об'єкти третього рівня опрацьовують інформацію, що стосується адміністративно-господарської діяльності власного структурного підрозділу.

Тому кількість АРМ буде напряму залежить від кількості спеціалістів кадрового складу структурного підрозділу та кількості обсягів інформації, що вони обробляють. Що стосується процесу безпосереднього тестування параметрів електропостачання, отримання та обробки інформації, представлення її у зручному вигляді та пропозиції варіантів рішення – потрібний розрахунок 1-2 АРМ з 3-5 спеціалістами.

3.4 Економічна ефективність застосування операцій ОК на виробництві

Автоматизація виробництва – це ефективний засіб підвищення продуктивності праці, покращення якості продукції, зменшення витрат важкої, монотонної, небезпечної та шкідливої праці.

При вирішенні проблеми автоматизації виробництва необхідно приймати до уваги не лише економічні, але і соціальні чинники.

Перш за все автоматизують ті виробничі процеси, за ходом яких людині важко слідкувати, а також ті, де перебування людини є небезпечним для її життя або шкідливим для її здоров'я. В інших випадках впровадження автоматизації залежить від того, яку вона дає вигоду, тобто від її економічної ефективності [19].

Ефективність автоматизації залежить від:

- раціонального вибору об'єкту автоматизації;
- ступеня досконалості технологічного обладнання та його придатності для сумісної роботи з автоматичними пристроями;
- раціонального вибору засобів автоматизації;
- наявності і рівня підготовки обслуговуючого персоналу;
- величини фінансових витрат, термінів впровадження та окуплення автоматики;
- ступеня використання автоматизованого обладнання [19].

Суттю сучасного підходу до автоматизації виробництва є не тільки застосування окремих локальних автоматичних пристроїв, регуляторів, роботів та маніпуляторів, але, головним чином, – створення сучасних, принципово нових «високих» технологій та гнучких виробництв, а також розробка для них комплексних систем автоматизованого керування (АСК). Іноді це може означати повну перебудову, включаючи технологічні зміни, організацію виробництва та управління.

Створення автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП), виробництвами (АСКВ) і підприємствами (АСКП)

вимагає значних витрат на їх розробку, придбання необхідних технічних засобів, інших поточних витрат на забезпечення функціонування систем [19].

Основними показниками економічної ефективності від впровадження АСКВ, АСКТП є приріст обсягу реалізації продукції та зниження її собівартості. Поліпшення цих економічних показників найчастіше досягається за рахунок зменшення витрат на матеріали, енергію та сировину у розрахунку на одиницю продукції. Це може досягатись завдяки більш точній підтримці оптимального технологічного режиму, підвищенню якості продукції, збільшенню продуктивності устаткування за рахунок скорочення втрат робочого часу через незаплановані зупинки процесу, які викликаються через помилки керування та ін.

Економічна ефективність капіталовкладень в автоматизацію визначається відношенням економії від функціонування АСК до витрат на її створення [19].

Застосування АСК дає можливість стабілізувати та оптимізувати технологічні процеси у виробництві, постійно контролювати витрату матеріалів і сировини та проводити аналіз відхилення їх фактичних витрат від нормативних. При цьому удосконалюється організація виробництва, зменшується потреба позаурочних робіт і відповідних доплат до них. Частково вивільнюється інженерно-технічні працівники та керуючий персонал за рахунок зниження працемісткості складання первинних документів, виконання облікових операцій та розрахунків. Це дозволяє знизити управлінські витрати у сфері керування.

Основними факторами підвищення ефективності від застосування АСК є:

- підвищення продуктивності праці внаслідок скорочення витрат робочого часу і оптимального завантаження робочого персоналу, а також раціональнішого використання засобів та технологічного обладнання;
- прискорення введення в експлуатацію об'єктів та збільшення потужностей для випуску продукції;
- скорочення термінів виготовлення готової продукції;
- забезпечення ритмічності роботи;

- скорочення витрат матеріальних та енергетичних ресурсів;
- підвищення якості продукції та ін.

Спрощена методика підрахунку економічної ефективності впровадження АСК включає три показники:

- річний приріст прибутку;
- річний економічний ефект;
- ефективність зроблених витрат.

Річний приріст прибутку Π (річна економія) визначається за формулою:

$$\Pi = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times \Pi_p + \frac{Z_1 - Z_2}{100 \rightarrow} \times B_2, \quad (3.1)$$

де B_1, B_2 – річний випуск продукції до і після впровадження автоматизації, тис. грн.;

Π_p – прибуток від реалізації продукції до впровадження автоматизації, тис. грн.;

Z_1, Z_2 – витрати на 1 грн. вартості продукції до і після впровадження автоматизації, грн.

Звідси: $\frac{B_2 - B_1}{B_1} \times \Pi_p$ – річний приріст прибутку за рахунок збільшення випуску продукції (тис. грн.);

$\frac{Z_1 - Z_2}{100 \rightarrow}$ – річний приріст прибутку за рахунок зниження витрат на виробництво (тис. грн.) [19].

Ефективність АСКП визначається як приріст річного прибутку Π , який визначається, виходячи з методики (ДСТУ ГОСТ 24.702-85). Річний приріст прибутку Π є одним з показників ефективності роботи підприємства і використовується для підрахунку річного економічного ефекту.

Річний економічний ефект E від впровадження АСКП розраховують по формулі:

$$E = (P_2 - C_2) - (P_1 - C_1) - E_n(K_2 - K_1), \quad (3.2)$$

де P_1 і P_2 – річні обсяги реалізації продукції в оптових цінах до й після впровадження АСКП (тис. грн.);

C_1 і C_2 – собівартість продукції до та після впровадження АСКП (тис. грн.);

K_1 і K_2 – капітальні витрати до і після запровадження в дію АСКП (тис. грн.);

E_n – нормативний галузевий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень у засоби автоматизації й обчислювальну техніку (грн./ грн.) [19].

Таким чином, ефективність зроблених витрат на впровадження АСК визначається відношенням результату (ефекту, прибутку) до відповідних витрат, тобто ефективність E можна визначити як прибутковість (%):

$$E = \frac{\Pi_p}{З}, \quad (3.3)$$

де Π_p – прибуток;

$З$ – витрати.

Обґрунтування економічної ефективності від впровадження АСК дозволяє вирішити не лише вищезазнані завдання, але і ряд інших, а саме:

- виявити необхідність та доцільність витрат на створення і впровадження автоматизованої системи на кожному з об'єктів;
- визначити пріоритетність впровадження найбільш економічно-ефективних варіантів АСУП за окремими напрямками та в цілому;
- визначити обсяги капіталовкладень у систему автоматизованого управління на підприємстві;
- розрахувати термін окупності витрат на АСУ і порівняти його з встановленими нормативами;
- визначити вплив впровадження нової технології на техніко-економічні показники діяльності підприємства;
- намітити черговість проведення робіт з автоматизації управління;

– порівняти економічну ефективність автоматизації управління з ефективністю інших заходів (наприклад, придбання нового устаткування) та ін.

При якісному проведенні комплексної автоматизації ППР щодо аналізаторів якості електроенергії виробничих приміщень, теоретично можна отримати до від 3 до 10% збільшення прибутку за рахунок збільшення кількості продукції та приблизно в цьому діапазоні зменшення витрат на виробництво. Для наочності, візьмемо 10% в обох змінних (для зручності підрахунків). Нехай за рік підприємство випускає продукції на 500000 грн, реалізує за 350000 грн. Перша частина формули, а саме річний випуск продукції складатиме: $((550000 - 500000) / 550000) \times 350000 = 35000$ грн. Друга частина (зменшення витрат на виробництво) складатиме: $((35 - 31.5) / 100) \times 550000 = 19250$ грн.

Таким чином при значенні 10 % збільшення прибутку (зменшення затрат) буде складати $35000 + 19250 = 54250$ грн, що для прибутку з 350000 грн становить 15.5 %. Збільшення прибутку за рік (П) – один з основних показників, за якими оцінюється ефективність роботи підприємства, та є змінною в формулі для підрахунку економічного ефекту за рік (3.4):

$$E = \left(\frac{B_2 - B_1}{B_1} \times \Pi_p + \frac{3_1 - 3_2}{100 \rightarrow} \right) \times E_n \times K_a, \quad (3.4)$$

де: E_n – нормативний показник ефективності фінансових вкладень в вибраній сфері промисловості;

K_a – затрати на проведення автоматизації (техніка, різного роду роботи, реконструкція тощо) [19].

Для тих же даних, що застосовувались при попередньому розрахунку, значення економічного ефекту за рік дорівнює:

$$E = 54250 \times 40000 \times 0.15 = 325500 \text{ грн.}$$

Зазвичай E_n рекомендують брати рівним 0,15. Витрати на проведення в даному випадку складатимуться з трьох статей, перша – покупка аналізаторів

якості електропостачання до 10000 грн, покупка програмного забезпечення для підтримки ППР відносно аналізаторів якості електропостачання від 20000 грн. та третя – перепідготовка персоналу для роботи з вищезазначеним обладнанням, наприклад курси підвищення кваліфікації, в залежності від кількості співробітників (візьмемо $n = 2$) від 5000 грн на одну особу, тобто сумарні затрати дорівнюють від 40000 грн.

Ефективність витрат визначається терміном окупності, а також за допомогою вже розрахованого коефіцієнта ефективності (3.5):

$$T_{ок} = \frac{K_a}{\Pi}, \quad (3.5)$$

де $T_{ок}$ – термін окупності;

K_a – затрати на проведення автоматизації;

Π – річний приріст прибутку.

Відносно стартових даних термін окупності дорівнює:

$$T_{ок} = \frac{40000}{54250} \approx 8 \text{ місяців.}$$

Тобто в випадку, якщо збільшення прибутку за рахунок збільшення кількості продукції дорівнює 10% та 10% зменшення втрат на виробництві, річний приріст прибутку, або річна економія, буде дорівнювати 54250 грн, а термін окупності дорівнюватиме близько 9 місяців [19].

3.5 Висновки по розділу III

У цьому розділі була обґрунтований вибір технічних засобів пристрою автоматизації, розроблена структура автоматизації процесу дистанційного тестування промислових електромереж, автоматизоване робоче місце (АРМ) та проведені необхідні розрахунки економічної ефективності.

4 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ДИСТАНЦІЙНОГО ТЕСТУВАННЯ

4.1 Розробка програмного продукту

Для перевірки показників якості електромереж необхідно розташувати датчики відповідно до принципіальної схеми електромережі виробничого приміщення. Кабельне господарство виробничого приміщення повинно бути сховано в спеціальних поглибленнях для укладки кабелів, при цьому кожний із кабелів повинен бути проведений окремо. Розташування кабелів повинно бути таким чином щоб не було перекручувань або зминань.

Таким чином, розташування датчиків повинно бути таким щоб охопити максимальну кількість «вузьких» місць, таких як:

- вхід;
- розподільчий щиток;
- вихід з розподільчого щитка;
- перед кожним споживачем електроенергії (технічне обладнання, верстати, електропечі, битові прилади, комп'ютерна техніка та інші.);
- в місцях з'єднання електромереж;
- в місцях розгалуження;
- в місцях провису, вигину, перекручування кабелів.

Також, необхідно обов'язково розташувати датчики в місцях збільшеної вологості, температури і не схованому проходженню по поверхні.

Все це потрібно для того, щоб в мінімальний термін визначити місце де виникла проблема з зміною параметрів електромереж від номінальних, місця обриву та короткого замикання.

Тестер ПЗВ RCDT 330 повинен постійно в реальному масштабі часу проводити моніторинг параметрів електромережі та надавати інформацію на екран дисплея АРМ.

Програмне забезпечення АРМ проводить аналіз отриманої інформації і перевірку отриманих даних з номінальними значеннями параметрів. У випадку коли усі параметри електромережі знаходяться близько до номінальних значень, то програмне забезпечення відображає діаграми необхідних нам параметрів в реальному масштабі часу. Потім ця інформація в зручному вигляді потрапляє в пам'ять АРМ для ведення статистичної звітності. У випадку коли один або декілька з параметрів вийшли за значення нормативних параметрів ПЗ в автоматичному режимі подає сигнал (звуковий або відеосигнал) на екрані дисплея та запропонує кілька варіантів вирішення проблеми. Після чого, спеціаліст АРМ за допомогою програмного засобу дуже швидко визначає місце неполадки і також ПЗ пропонує варіанти подальшої дії що стосується роботи промислового обладнання яке підключено до даної ділянки електромережі, навіть до повної зупинки та автоматичного відключення цього обладнання від електропостачання.

Варіанти запропоновані ПЗ для вирішення цієї проблеми:

- якщо відключене обладнання необхідне в технологічному процесі, то буде задіяна резервна схема підключення електропостачання до цього обладнання;
- проблема, яка виникла, буде розв'язуватися шляхом заміни або ремонту ділянки електромережі, заміною та установкою нових датчиків контролю параметрів.

У випадку коли в проблемній зоні електропостачання знаходяться робітники, то необхідно дотриматися правил техніки безпеки при роботі з електрообладнанням та обов'язково використовувати засоби захисту від ураження електричним струмом.

Блок-схема роботи даного програмного забезпечення представлена на (рис. 4.1).

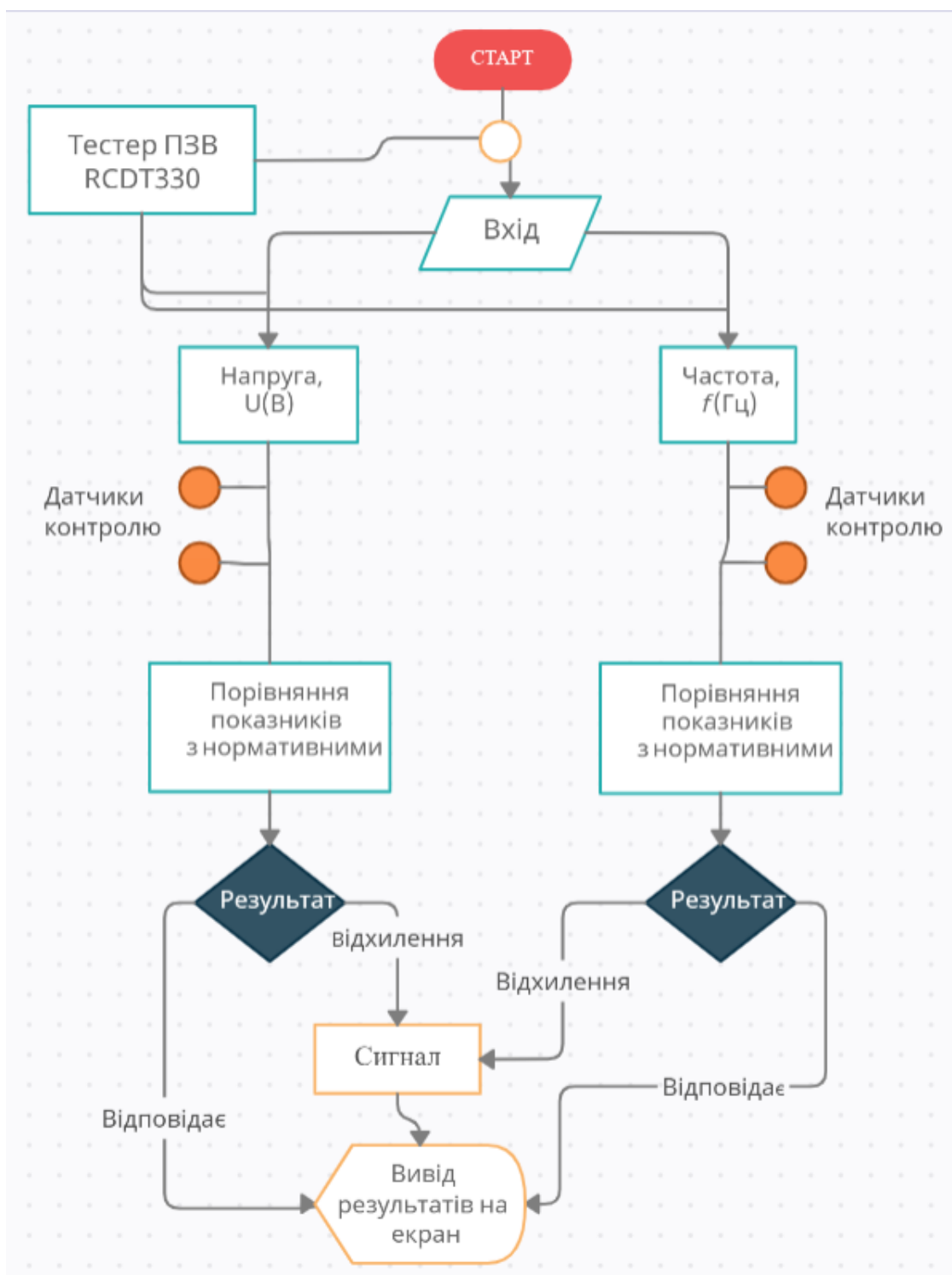


Рисунок 4.1 – Блок-схема роботи ПЗ

Тестер ПЗВ RCDT330 під'єднаний до комп'ютеру з встановленим програмним забезпеченням через USB-порт. Як видно з блок-схеми, електромережі тестуються по таким параметрам: напруга та частота.

Це дозволяє виявити такі негативні явища електромереж, як:

- зникнення напруги;
- відхилення напруги;
- провали напруги;
- перенапруга;
- несинусоїдальність напруги;
- відхилення частоти;
- та інші.

Завдяки запропонованому ПЗ, можна не тільки виявити проблему але й знайти її точне місцезнаходження в електромережі підприємства.

Датчики контролю, як правило, встановлюються у «вузьких» місцях. Тобто, тих місцях, де швидше за все можуть виникнути проблеми. До таких місць можна віднести повороти та провисання силового кабелю, місця підключення до приладів. Також до «вузьких» можна віднести місця з підвищеною вологістю або температурою. Усі датчики контролю з'єднуються з тестером ПЗВ RCDT330.

За командою ПЗ (кнопка «тест») проходить тестування параметрів електромережі та порівняння їх показників з нормативними. На екрані комп'ютера відображаються нормативні діаграми параметрів частоти та напруги, а на екрані тестера їх числове значення в реальному масштабі часу. Якщо відбувається відхилення частоти або напруги за встановлені межі, ПЗ подає звуковий або інший вид сигналу що інформує тестувальника та запропонує кілька варіантів вирішення проблеми. У випадку виникнення сигналу ПЗ почне пошук місцезнаходження проблеми, перевіряючи усі точки контролю (п-на кількість датчиків), які розташовані в «вузьких» місцях. Також, усі результати тестів та проблеми електромереж які зареєстрував ПЗ записуються в базу даних (БД). Таким чином, тестувальник може подивитися як змінювались діаграми параметрів впродовж певного часу, передбачити проблеми, та запобігти можливих наслідків.

4.2 Експеримент

Експеримент був проведений на базі ТОВ НПФ «Харків-Прилад» в демонстраційному залі за допомогою обладнання фірми. Проводили тестування можливостей тестеру RCDT 330 та тестування побутової електромережі.

В ході проведення експерименту тестувались наступні параметри, які більш за все мають проблемні зміни та призводять до неполадок живлення: частота, напруга.

Демонстрація роботи автоматизованого дистанційного тестування параметрів електромереж проведена за допомогою німецького ПЗ – GridVis 7.5 (рис. 4.2).

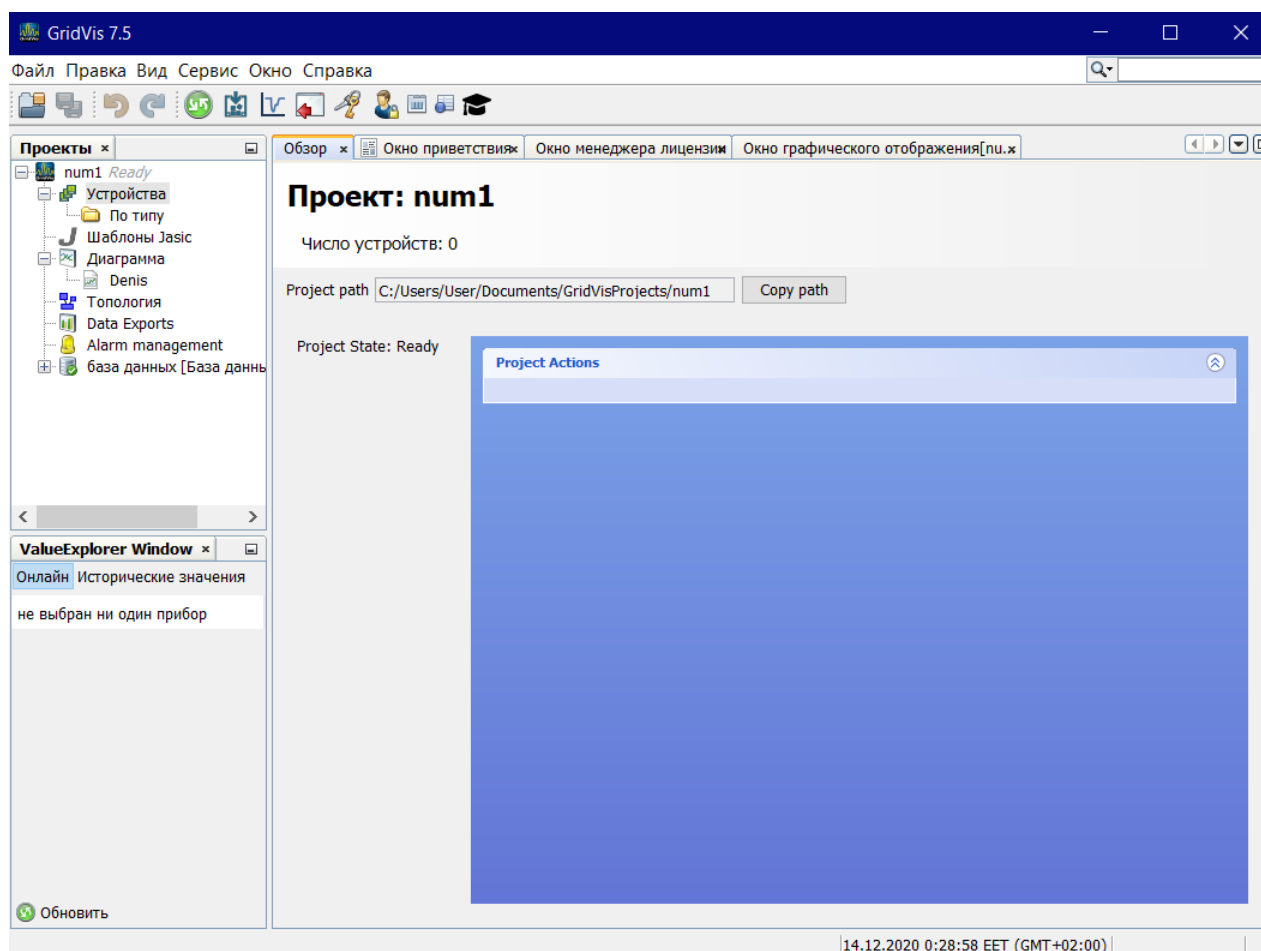


Рисунок 4.2 – Вікно програми GridVis 7.5

На (рис. 4.2) представлений зовнішній вигляд запуску програми GridVis 7.5.

Запуск програми на тестування параметру напруги в побутової електромережі. На рисунку 4.3 наведено реальний графік зовнішнього вигляду синусоїди напруги в реальному масштабі часу.

Результат експерименту наведено на (рис. 4.3).

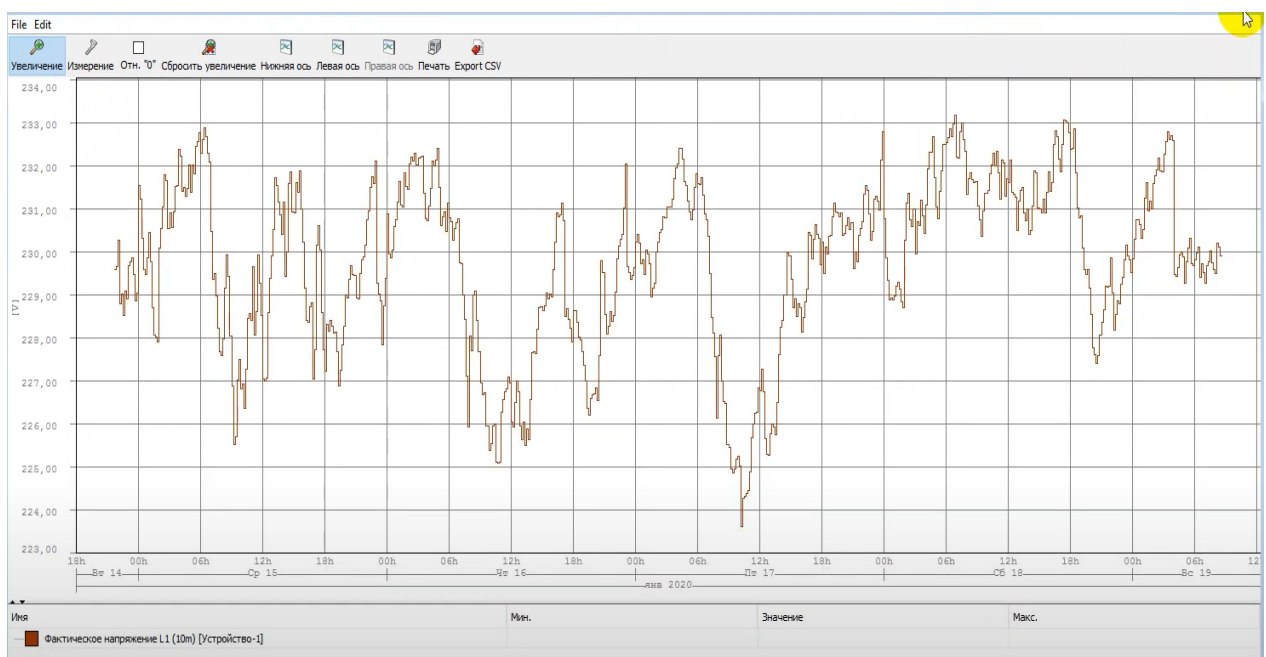


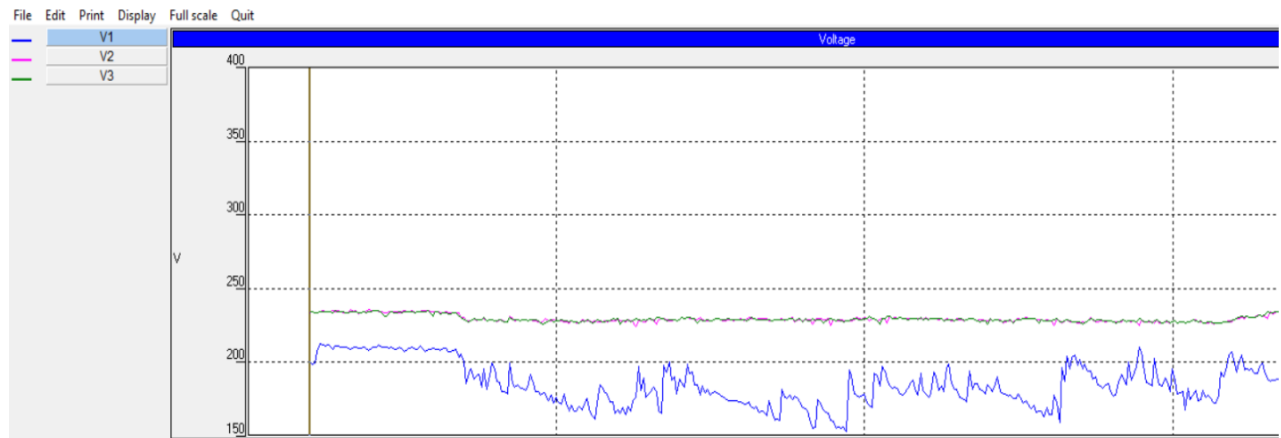
Рисунок 4.3 – Тестовий показник синусоїди напруги в реальному масштабі часу

Експеримент проводився з додатковими споживачами електроенергії для визначення відхилень параметрів електромережі від нормативних значень.

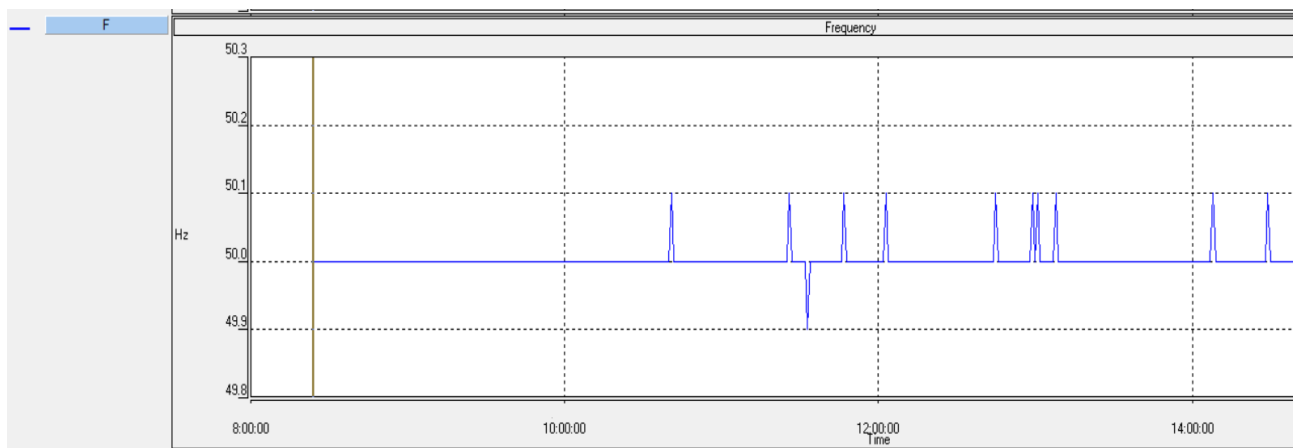
Наведені графіки відхилень параметрів напруги по фазам при підключених додаткових споживачів електропостачання.

Отриманий результат відхилення представлений на (рис. 4.4 а).

На (рис. 4.4 б) наведено зміна показника частоти побутової електромережі в реальному масштабі часу.



а)



б)

Рисунок 4.4 – Результати відхилення параметрів електромережі від нормативних значень: а) напруги; б) частоти

Як видно з отриманих графіків, показник напруги дуже часто падає нижче 200 В, проте він жодного разу не піднявся вище 220 В. Це свідчить про таке негативне явище як провал напруги. Воно скоріш за всього виникає через зростання споживання електроенергії в певні періоди часу, запуск потужних електродвигунів або через низьку потужність джерела електроенергії. Може привести до таких наслідків, як: додаткові втрати потужності в стабілізаторах, скорочення терміну служби блоків живлення, збої у виконанні програм, мерехтіння освітлення, скидання оперативної пам'яті.

Також можна спостерігати відхилення показника частоти на 0.1 Гц в обидві сторони від номінального значення. Це може свідчити про

нестабільність джерела електроенергії та призвести до таких наслідків, як: перегрів, програмні збої, скидання оперативної пам'яті та навіть вихід з ладу блоків живлення.

Вхідні дані тестів приведені в Додатку А.

4.3 Висновки по розділу IV

В цьому розділі була розроблена блок-схема роботи програмного засобу. Був проведений експеримент на базі підприємства «Харків-Прилад» по демонстрації роботи автоматизованого дистанційного тестування параметрів електромереж за допомогою сучасного тестеру ПЗВ RCDT 330.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Правила роботи за комп'ютером

Більша частина робочої зміни оперативно-чергового складу на виробництвах проходить за комп'ютером, тому доцільно описати норми та правила, що направлені на роботу людини з комп'ютером.

Нормативна база.

Перелік нормативно-правових актів, які регулюють це питання, досить широкий. Наприклад, ст. 21 Кодексу законів про працю України визначає обов'язки роботодавця щодо забезпечення працівникам комфортних та безпечних умов праці, а ст. 13 Закону України «Про охорону праці» закріплює це право з позиції охорони праці. Більшість нормативних актів – акти підзаконного рівня – правила, інструкції, державні санітарні правила і норми (ДСанПН) тощо, якими врегульовуються окремі моменти щодо власне конструкції комп'ютерної техніки, особливостей облаштування приміщень для роботи з нею та ряду інших вимог [20].

Для того щоб особи, які працюють з комп'ютером, меншою мірою втомлювались і зберігали високий рівень працездатності, потрібно раціонально організовувати їхні робочі місця. Зокрема, робоче місце має відповідати основним антропометричним даним людини. Крісло або стілець на робочому місці повинні мати висоту сидіння 40-50 см від рівня підлоги, а також відповідний кут нахилу спинки. Стегна працюючих при правильно організованому робочому місці мають розміщуватися паралельно підлозі, а стопи ніг – на підлозі або підставці. Нормативні відстані приведені на (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Нормативні відстані при роботі з комп'ютером

Передній ряд клавіш комп'ютера має бути розташований так, щоб можна було без зусиль натискати клавіші трохи зігнутими пальцями при вільно опущених плечах і горизонтальному положенні рук. При цьому кут між плечем і передпліччям повинен становити 90° . Щоб досягти цього, висота робочої поверхні столу має становити 68-80 см, відстань від підлоги до нижнього ряду клавіатури – 60-75 см, кут нахилу клавіатури – $5-15^\circ$ [21].

Монітори потрібно розміщувати на висоті рівня очей (висота від підлоги до нижнього краю екрана має становити 95-100 см) на відстані 60-70 см від оператора (відстань від краю столу – 50-70 см). Кут зору працюючого щодо екрана має дорівнювати $10-20^\circ$, але не більше 40° , кут між верхнім краєм монітора і рівнем очей користувача має становити менш як 10° . Найдоцільніше розміщувати екран перпендикулярно до лінії погляду користувача. Кут нахилу екрана по вертикалі має становити $0-30^\circ$. З цією метою сучасні монітори комплектують підставкою з поворотним кронштейном, що дає змогу регулювати кут нахилу монітора і горизонтально обертати його навколо вертикальної осі. Висоту екрана від поверхні підлоги регулюють змінюючи висоту робочої поверхні столу. Іноді монітори встановлюють на спеціальні підставки, що уможлиблює його переміщення у просторі у вертикальному та горизонтальному напрямках [21].

5.2 Правила поведження при роботі з електричним струмом

Робота оперативного чергового складу безпосередньо пов'язана з електричним струмом, тому доцільним є привести норми що створені для такої роботи.

Сучасне виробництво нерозривно пов'язане з використанням електроенергії. В умовах експлуатації потужних енергосистем, електричних машин та апаратів, розвитку обчислювальної техніки і приладобудування, роботизації та комп'ютеризації виробництва важливого значення набуває проблема в електробезпеці – захисті електротехнічного персоналу та інших осіб, які обслуговують електроустаткування від ураження електричним струмом [22].

Аналіз загальної кількості виробничих нещасних випадків свідчить, що кількість електротравм становить 1,0-1,5%, а в енергетиці навіть 3-5%. Але серед нещасних випадків зі смертельним наслідком електротравми становлять 20-40% на виробництві, а в енергетиці до 60 %, займаючи одне з перших місць. При цьому 60-85% смертельних уражень електричним струмом відбувається в електроустановках напругою до 1000 В (127-380 В) [22].

Електротравматизм порівняно з іншими видами травматизму має деякі відмінні особливості. Перша особливість полягає у тому, що організм людини не має органів, за допомогою яких можна дистанційно визначити наявність напруги, як, наприклад, теплову, світлову енергію, деталі, які рухаються. Тому захисна реакція організму виявляється тільки після потрапляння під напругу. Друга особливість електротравматизму полягає в тому, що струм, який проходить крізь людину, діє не тільки в місцях контактів та на шляху протікання крізь організм, а й викликає рефлекторну взаємодію, спричиняючи порушення нормальної діяльності окремих органів (серцево-судинної системи, системи дихання). Третьою особливістю є можливість отримання електротравми, не маючи безпосереднього контакту зі струмопровідними частинами – переміщення по землі поблизу пошкодженої установки (у випадку

замикання на землю), ураження через електричну дугу. Четверта особливість електротравматизму – це те, що у більшості випадків для розслідування, обліку та аналізу доступні тільки електротравми з тяжкими та смертельними наслідками.

Безпека людини на виробництві залежить від багатьох факторів і, зокрема, від рівня електробезпеки. Грамотне вирішення проблеми електробезпеки має забезпечувати людині використання електричної енергії в будь – яких умовах без ризику для життя. Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики (ГОСТ 12.1.009-76). Електричний струм, який проходить крізь живий організм, чинить термічну, електролітичну та біологічну дію. Термічна та електролітична дія властива будь-яким провідникам, а біологічна – тільки живій тканині [22].

Термічна (теплова) дія струму виявляється в опіках окремих ділянок тіла, нагріванні до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку та інших органів, які перебувають на шляху протікання струму, що викликає серйозні функціональні розлади цих органів й організму в цілому. Електролітична (хімічна) дія струму виражається в розкладі (електролізі) органічних рідин, в тому числі й крові, що супроводжується значними порушеннями їх фізико-хімічного складу. Біологічна дія струму виявляється в подразненні та збудженні живих тканин організму, а також у порушенні внутрішніх біоелектричних процесів, які протікають у нормально діючому організмі й тісно пов'язані з його життєвими органами. Подразнювальна біологічна дія на тканини організму може бути прямою, коли струм проходить безпосередньо по цих тканинах, і рефлекторною, тобто дія відбувається через центральну нервову систему, а шлях струму пролягає за межами цих тканин. Механічна (динамічна) дія струму виявляється в розшаруванні, розриві та інших подібних пошкодженнях різних тканин організму, в тому числі м'язової тканини, стінок кровоносних судин легеневої тканини тощо внаслідок

електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари від перенагрітої струмом рідини тканини і крові [22].

Різноманітність дій електричного струму на організм людини може призвести до різних електротравм, які умовно можна звести до двох видів: місцевих електротравм, коли виникає місцеве пошкодження організму, і загальних електротравм, так званих електричних ударів, коли уражається (або створюється загроза ураження) весь організм через порушення нормальної діяльності життєво важливих органів і систем [22].

Приблизний розподіл нещасних випадків від електричного струму в промисловості за зазначеними видами травм такий: 20% – місцеві електротравми; 25% – електричні удари; 55% – змішані травми, тобто одночасно місцеві електротравми й удари [22].

ВИСНОВКИ

В ході виконання випускної магістерської роботи було проведено аналіз предметної області і параметрів електропостачання. Ознайомився з характеристиками промислових електромереж, негативними явищами електропостачання, засобами ПЗВ та їх способами використання.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі завдання:

- визначено та вибрано технічні засоби автоматизації процесу дистанційного тестування. У якості тестеру ПЗВ запропонований RCDT 330, тому що він має інтерфейс USB, великі інтервали вимірювань параметрів електромереж. Його можна під'єднати до ПК через порт USB. Ознайомився з особливостями та технологіями дистанційного тестування;

- визначено та вибрано метод тестування – за допомогою тестера RCDT330. Ознайомився з методикою та особливостями тестування цим приладом;

- запропоновано фахівців, які виконують тестування;

- був розроблений пристрій сумісно з автоматизованим робочим місцем (АРМ) для спеціаліста-тестувальника і досліджено асортимент, класифікація та характеристики технічних засобів пристрою автоматизації;

- були проведені розрахунки економічної ефективності процесу та отримані такі результати: річний приріст прибутку – 54250 грн., річний економічний ефект – 325500 грн., ефективність зроблених витрат – 8 місяців;

- запропоновано програмне забезпечення (ПЗ) для проведення дистанційного тестування. Запропонована тестова програма процесу тестування. Проведено демонстрацію роботи автоматизованого дистанційного тестування параметрів електромереж на базі ТОВ НПФ «Харків-Прилад». Отримано відповідні діаграми параметрів та зроблено висновок про якість електропостачання.

Таким чином, пропонується використання даного пристрою для тестування електричних мереж великих підприємств.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки з розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи. / Навчальне видання. / Упоряд. І.Ш. Невлюдов, В.В. Косенко, В.В. Євсєєв. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 55 с.
2. Тестер УЗО MEGGER RCDT330 (Електронний ресурс) / Режим доступу: URL: <https://pribory.com/product/tester-uzo-megger-rcdt330/> – Заголовок з екрану.
3. Варецький Ю. О. Аналіз впливу провалів напруги на систему електроспоживання / Ю. О. Варецький, А. М. Пукальський // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2006. – № 563: Електроенергетичні та електромеханічні системи. – С. 14-22.
4. Плахотний М.В., Гричина А.Ю. Особливості побудови систем дистанційного моніторингу параметрів обладнання / М.В. Плахотний, А.Ю. Гричина // Національний університет «КПІ», кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем. – листопад, 2011. – С. 125-133.
5. ПЗВ: що це таке та принцип його роботи (Електрон. ресурс) / Режим доступу: URL: <https://ffm.com.ua/advises/1536526671>. – Заголовок з екрану.
6. Пристрій захисного вимкнення (Електрон. ресурс) / Режим доступу: URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Пристрій_захисного_вимкнення – Заголовок з екрану.
7. Якість електричної енергії (Електрон. ресурс) / Режим доступу: URL: <https://www.nerc.gov.ua/?id=19529>. – Заголовок з екрану.
8. Класифікатор професій ДК 003:2010 (Електрон. ресурс) / Режим доступу: URL: <https://buhgalter911.com/uk/spravochniki/klassifikatory/klasifikator-profesiy/> – Заголовок з екрану.
9. НПАОП 40.1-1.07-01. «Правила експлуатації електрозахисних засобів». (Електрон. ресурс) / Режим доступу: URL: https://dnaop.com/htm/1631/doc-НПАОП_40.1-1.07-01. – Заголовок з екрану.

10. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». (Електрон. ресурс) / Режим доступу: URL: https://dnaop.com/htm/2029/doc-НПАОП_40.1-1.21-98. – Заголовок з екрану.

11. Автоматизована система обліку електричної енергії як запорука енергетичної безпеки та незалежності України (Електрон. ресурс) / Режим доступу: URL: http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/electric_energy_ASOE.pdf. – Заголовок з екрану.

12. Постанова № 310 від 14.03.2018. Кодекс систем розподілу. (Електрон. ресурс) / Режим доступу: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18>. – Заголовок з екрану.

13. Дерев'янченко О.В., Плакидюк В.О. Система автоматичного тестування програм під ОС Android / «Штучний інтелект» 2013 № 4. С. 442-452.

14. Разработка модульных и инструментальных тестов Android (Електронний ресурс). – Режим доступу: URL: http://www.vogella.com/articles/AndroidTesting/article.html#roboelectric_overview – Android application testing with the Android test framework – Заголовок з екрану.

15. Анализаторы качества электроэнергии – приборы контроля ПКЭ. (Електрон. ресурс) – Режим доступу: URL: <https://www.rauta-energy.ru/analizator-kachestva-electroenergii.html> – Заголовок з екрану.

16. Автоматизація бізнес-процесів: підготовка і впровадження. Автоматизація процесів Програми автоматизації економічних процесів (Електрон. Ресурс) Insight magazine / Режим доступу: URL: <https://insight-magazine.ru/uk/znaniya/avtomatizaciya-biznes-processov-podgotovka-i-vnedrenie-avtomatizaciya>. – Заголовок з екрану.

17. Методы определения качества электроэнергии. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: URL: <https://pue8.ru/kachestvo-elektroenergii/metody-opredeleniya-kachestva-elektroenergii.html>. – Заголовок з екрану.

18. Анализ методов контроля качества электроэнергии. [Електрон. ресурс] / Международный журнал прикладных и фундаментальных

исследований/ – Режим доступу: URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12967>. – Заголовок з екрану.

19. Економічні аспекти автоматизації. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: URL: <https://bibl.com.ua/fizika/5/index.html?page=5> – Заголовок з екрану.

20. Охорона праці при роботі з комп'ютерною технікою. [Електрон. ресурс] / Охорона праці та пожежна безпека / – Режим доступу: URL: <https://oppb.com.ua/content/ohorona-praci-pry-roboti-z-kompyuternoyu-tehnikoyu> – Заголовок з екрану.

21. Охорона праці при роботі з ПК . [Електрон. ресурс] – Режим доступу: URL: <https://lektsii.org/3-115998.html> – Заголовок з екрану.

22. Основи електробезпеки та захист працівників. [Електрон. ресурс] Режим доступу: URL: https://pidru4niki.com/14210923/bzhd/osnovi_elektrobezpeki_zahist_pratsivnikov – Заголовок. з екрану.

23. Классификация электрических сетей. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: URL: <http://electricalschool.info/sety/2040-klassifikaciya-elektricheskikh-setey.html> – Заголовок з екрану.