

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська дипломна робота на тему:

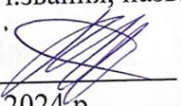
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦИФРОВИХ
ПІДСТАНЦІЙ

Виконав: студент 4 курсу групи 2ЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»

Копач Б.О. 

Керівник: к.т.н., ст.викл. каф. ЕСС
Сікорська О. В. 

« 17 » 06 2024 р.

Рецензент: Доктор каф. ЕССЕМ.
(наук.ступінь, вч.звання, назва
кафедри) к.т.н., доц.
Гуртіна М.В. 
« ____ » ____ 2024 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.

« 17 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма – Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

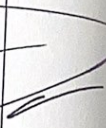
« 11 » 12 2024 р.

З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Копачу Богдану Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження особливостей функціонування цифрових підстанцій
Керівник роботи к.т.н., ст. викладач каф. ЕСС Сікорська О. В.
затверджена наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року № 80
2. Термін подання студентом роботи 12 червня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи.
Посилання на періодичні видання.
4. Зміст текстової частини: Вступ. 1 Визначення технології Smart Grid. 2 Smart Grid і цифрова підстанція. 3 Функціонування цифрових підстанцій. 4 Архітектура цифрових підстанцій. 5. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Титулка. 2. Передумови розробки МЕК 61850. 3. Основи МЕК 61850. 4. Цифрові підстанції. Світовий досвід. 5. Концепція цифрової підстанції. 6-7. Особливості і перспективи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Сікорська О. В., к.т.н., ст.викладач кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., проф., завідувач каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « 16» січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Примітки
		початок	кінець	
1	Вступ. Огляд літературних джерел	21.01.24	15.02.24	виз.
2	1 Визначення технології SMART GRID	16.02.24	15.03.24	виз.
3	2 SMART GRID і цифрова підстанція	16.03.24	10.04.24	виз.
4	3 Функціонування цифрових підстанцій	11.04.24	11.05.24	виз.
5	4 Архітектура цифрових підстанцій	12.04.24	19.05.24	виз.
6	5 Охорона праці	20.05.24	24.05.24	виз.
7	Формування висновків по роботі. Оформлення пояснювальної записки	25.05.24	04.06.24	виз.
8	Виконання ілюстративної частини та оформлення презентації	05.06.24	07.06.24	виз.
9	Перевірка БДР на плагіат. Попередній захист БДР	08.06.24	10.06.24	виз.
10	Рецензування БДР	11.06.24	12.06.24	виз.
11	Захист БДР	За графіком		

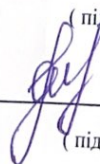
Студент



Б.О. Копач

Керівник роботи

(підпис)



(підпис)

О. В. Сікорська

АНОТАЦІЯ

Копач Богдан Олександрович «Дослідження особливостей функціонування цифрових підстанцій». Бакалаврська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ. – 2024 – 55 с./ На Укр. мові. Рис.4, таб.11, бібліогр.18 назв.

У даній бакалаврській дипломній роботі було розглянуто особливості функціонування цифрових підстанцій, їх роль технології SMART GRID.

Також було розглянуто архітектуру цифрових підстанцій, визначені їх переваги та недоліки.

В роботі здійснено аналіз небезпечних і шкідливих чинників, що впливають на оперативно-ремонтний персонал, який здійснює технічне обслуговування цифрових підстанцій.

Ключові слова: цифрова підстанція, SMART GRID.

ABSTRACT

Bohdan Oleksandrovich Kopach "Investigation of the peculiarities of the operation of digital substations". Bachelor thesis. – Vinnytsia: VNTU. – 2024 – 55 pp./ In Ukraine. language Fig. 4, tab. 11, bibliography of 18 names.

In this bachelor's thesis, the peculiarities of the operation of digital substations, their role of SMART GRID technology were considered.

The architecture of digital substations was also considered, their advantages and disadvantages were determined.

The work analyzes the dangerous and harmful factors that affect the operational and repair personnel who perform maintenance of digital substations.

Keywords: digital substation, SMART GRID.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ SMART GRID	9
2 SMART GRID І ЦИФРОВА ПІДСТАНЦІЯ	12
3 ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ	15
4 АРХІТЕКТУРА ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ	31
4.1 Цифрова підстанція як локальний рівень автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії	32
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	38
5.1 Технічні рішення з безпечної організації оперативно-ремонтного обслуговування	39
5.1.1. Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	39
5.1.2 Електробезпека	42
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	44
5.2.1 Мікроклімат	44
5.2.2 Склад повітря робочої зони	46
5.2.3 Виробниче освітлення	46
5.2.4 Виробничий шум	48
5.3 Пожежна безпека	49
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	53
ДОДАТКИ	55

ВСТУП

Актуальність. У наші дні все більшу роль у житті людства відіграє енергетика, у зв'язку з цим дуже актуальним є завдання щодо розвитку та модернізації існуючої системи електропостачання, що дозволить не тільки забезпечити необхідну надійність та працездатність системи, але й збільшить її здатність протидії різним ушкодженням, викликаним як внутрішніми неполадками, так і зовнішнім.

Крім того, досить гостро стоїть проблема зносу та старіння існуючої системи електропостачання і її елементів, яка з насилу задовольняє зростаючі потужності споживання. Також, часті виходи з ладу і поломки застарілого обладнання призводять не тільки до погіршення якості життя побутових споживачів, а й фінансових втрат виробництва, внаслідок порушення технічного процесу та недовідпустки продукції. Одним з перспективних напрямків, пов'язаних з модернізацією системи електропостачання і рішенням існуючих проблем, є технологія Smart Grid. [1,2]

Поява нових міжнародних стандартів і розробок сучасних інформаційних технологій відкривають можливості для інноваційних підходів до вирішення проблем автоматизації та керування енергооб'єктами, що дозволяє створити підстанцію нового типу - Цифрову Підстанцію (ЦПС). Термін «цифрова підстанція» досі по-різному трактується різними фахівцями в контексті системи автоматизації та керування.

Характерними особливостями ЦПС є: наявність вбудованих в основне обладнання інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв, використання для зв'язку локальних комп'ютерних мереж, цифровий спосіб доступу до інформації, її передачі та обробки, автоматизація роботи підстанції та процесів керування.

Мета і задачі дослідження. Метою бакалаврської дипломної роботи є дослідження особливостей експлуатації цифрових підстанцій.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі **основні задачі**:

- визначення переваг і недоліків цифрових підстанцій;
- визначення ролі цифрових підстанцій в технології SMART GRID;
- дослідження архітектури цифрових підстанцій;
- розроблення організаційно-технічних рішень з охорони праці.

Об'єктом дослідження бакалаврської дипломної роботи є цифрові підстанції.

Предметом дослідження є методи і способи технічної експлуатації цифрових підстанцій.

Методи дослідження. Для аналізу та розв'язання поставлених задач використано методи математичного моделювання.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, які складають основний зміст магістерської роботи, отримані автором самостійно.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ SMART GRID

На поточний момент в світі не існує однозначного визначення технології Smart Grid. Розглянемо деякі з них.

На думку Міністерства енергетики США, до Smart Grid [1] можна, віднести такі особливості:

- здатність до самовідновлення після збоїв у подачі електроенергії;
- можливість активної участі в роботі мережі споживачів;
- стійкість мережі до фізичного та кібернетичного втручання злоумисників;
- забезпечення необхідної якості переданої електроенергії;
- забезпечення синхронної роботи джерел генерації та вузлів зберігання електроенергії;
- поява нових високотехнологічних продуктів і ринків;
- більше ефективна робота енергосистеми в загалом.

Європейські організації, що займаються розвитком електроенергетики, приписують Smart Grid наступні атрибути:

- **Гнучкість.** Мережа повинна відстежувати поточні потреби споживачів і вміти підлаштовуватися під них.
- **Доступність.** Мережа повинна бути доступна для нових користувачів, причому у якості нових підключень до глобальної мережі можуть виступати користувацькі генеруючі джерела, у тому числі відновлювані джерела енергії.
- **Надійність.** Мережа повинна відповідати сучасним вимогам безпеки і якості постачання електроенергії.
- **Економічність.** Найбільшу цінність повинні представляти інноваційні технології в побудові Smart Grid спільно з ефективним керуванням і регулюванням функціонування мережі.

Концепція Smart Grid представляється в якості інтелектуальної мережі, здатної підлаштовуватися під потреби споживачів електроенергії, адаптуючись до поточного рівня навантажень. Описати дану концепцію можна, завдяки наступним особливостям:

- насиченість мережі різноманітними датчиками, за допомогою яких відбувається вимірювання її поточного стану та передача цих даних для подальшого аналізу та оцінки;
- велика кількість у мережі активних комутуючих елементів, з допомогою яких можна змінювати топологію мережі у випадках аварій, здійснення оперативних перемикачів, регулювання навантажень на основі даних, зібраних датчиками;
- можливість дистанційного керування активними комутуючими елементами в реальному часі, з метою зміни топології мережі;
- можливість на основі даних, зібраних датчиками, формувати прогнози роботи мережі;
- високий рівень швидкодії системи керування та обміну інформацією. [2]

Існують ще інші визначення Smart Grid, які використовуються для опису цієї технології:

Smart Grid – це електрична мережа, що включає в себе ряд різних операційних та енергетичних можливостей, таких як розумні лічильники, розумні програми, відновлювані енергоресурси і енергоефективність.

Smart Grid – це модернізовані мережі електропостачання, які використовують інформаційні та комунікаційні мережі та технології для збору інформації про енерговиробництво і енергоспоживання, що дозволяє автоматично підвищувати ефективність, надійність, економічну вигоду, а також стійкість виробництва та розподілу електроенергії.

З усіх наведених описів та визначень технології Smart Grid можна сформулювати, що це технологія, що включає в себе найсучасніші розробки і

уявлення о сфері електропостачання, спрямована на збільшення стабільності роботи електромереж, а також підвищує ефективність розподілу та споживання енергоресурсів, при збереженні необхідних параметрів якості електромережі[3].

2 SMART GRID І ЦИФРОВА ПІДСТАНЦІЯ

Одним з утворених елементів інтелектуальної мережі електропостачання можна вважати цифрову підстанцію [4]. Термін "цифрова підстанція", як і технологія Smart Grid, з'явилася відносно нещодавно і має на увазі вторинне обладнання електropідстанцій, іншими словами - мікропроцесорні термінали, а також цифровий обмін даними між цими пристроями.

Відмінними особливостями цифрових підстанцій є: вбудовані в первинне обладнання інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв, застосування локальних обчислювальних мереж для комунікації, цифровий спосіб доступу до інформації, її обробці та передачі, а також автоматизація роботи підстанції та процесів керування нею. Іншою особливістю цифрових підстанцій є використання оптичних вимірювальних трансформаторів. Оптичні трансформатори струму і напруги забезпечують високу точність вимірювань та їх стабільність у часі та широкому діапазоні параметрів зовнішнього середовища.

Першим кроком у появі таких підстанцій було впровадження систем телемеханіки. Пристрої, що входять до складу цих систем, дозволяли збирати аналогові і дискретні сигнали з використанням модулів зв'язку з об'єктами і вимірювальних перетворювачів. На базі систем телемеханіки створювалися перші автоматизовані системи керування технологічними процесами (АСК ТП). Надалі в такі системи додавалося усе більше пристроїв з цифровими інтерфейсами, що в кінцевому рахунку дозволило говорити про сучасні підстанції, які широковикористовують ці пристрої, як про цифрові. [5]

Ще однією необхідною умовою цифрової підстанції є те, що всі процеси інформаційного обміну між елементами підстанції, інформаційного обміну з зовнішніми системами, а також керування роботою підстанції здійснюються на основі протоколів стандартів МЭК 61850, 61968/61970. З допомогою цього стандарту досягаються такі цілі як: спрощення інтегрування в єдину систему

пристроїв різних виробників та поколінь; реалізація основних функцій керування та автоматизації.

Впровадження цифрових підстанцій дозволяє отримати цілий ряд переваг у порівнянні з традиційними підстанціями. Для виконання різних функцій на цифровій підстанції використовуються одні і ті ж джерела інформації, що призводить до зменшення кількості обладнання на ній. Немає необхідності в наявності індивідуальних приладів вимірювання, комунікації та обробки інформації для кожної з підсистем: захисту, вимірювання, керування, моніторингу стану обладнання, обліку та контролю якості електроенергії.

Виходячи з всього вищесказаного, можна зробити висновок, що об'єднання кількох цифрових підстанцій в загальну мережу з єдиним центром керування і буде являти собою інтелектуальну систему електропостачання. Така організація системи електропостачання дозволить оператору контролювати та оперувати станом цілих сегментів мережі передачі електроенергії. Правда в такому випадку до цифрових підстанцій, що входять в таку систему повинні пред'являтися наступні вимоги:

- наявність кількох незалежних джерел генерування енергії, або інших джерел живлення, з ємностями для зберігання електроенергії;
- можливість працювати як автономно, так і будучи включеним в більш великі мережі;
- високий рівень автоматизації, що дозволяє працювати без постійної присутності персоналу.

Така організація дозволяє забезпечити необхідний рівень надійності, інтеграцію поновлюваних джерел енергії, диверсифікацію джерел енергії, і навіть гнучке реагування на попит [6].

Крім того, завдяки можливості інтеграції в Smart Grid самонавчання систем, існує можливість використовувати їх для таких трудомістких процесів як збір та аналіз даних, а також допомога в виборі алгоритмів керування мережею електропостачання або ліквідація виникаючих аварійних ситуацій.

Таким чином, знизиться не тільки ймовірність помилки персоналу, але і скоротиться час, необхідний на ліквідацію виникаючих аварій та їх наслідків [7].

Завдяки впровадженню технології Smart Grid, заснованої на цифрових підстанціях як елементах інтелектуальної мережі, можна буде досягти більш стабільного, надійного та якісного електропостачання, зниження аварійних ситуацій, викликаних людським фактором, а крім того усунути існуючу проблему зносу і старіння експлуатованого обладнання електроенергетичної системи.

3 ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

З початком електрифікації пунктів автоматизації технологічних процесів на електростанціях (АСК ТП) відбувся значний розвиток пристроїв і програм комп'ютерних навігаційних систем [3, 5]:

- з'явилися високовольтні цифрові трансформатори струму та напруги;
- основне та допоміжне електрообладнання з вбудованими портами зв'язку;
- є мікро-спливаючі панелі керування;
- прийнято міжнародний стандарт МЕК 61850, який регламентує представлення даних ПС як об'єктом автоматизації, а також протоколи обміну цифровими даними між мікрокомп'ютерами через електронні пристрої ПС (IED), включаючи пристрої керування та захисту, захисту поля та автоматика (ПЗА), напівавтоматика (ПА), телемеханіка, лічильники електроенергії.

Це створює техніко-технологічний прогрес у напрямку створення нового покоління цифрового зв'язку (ЦПС), на якому базується організація всіх інформаційних потоків, а вирішення завдань моніторингу, аналізу та контролю здійснюється в цифровому вигляді [3]. Завдяки розвитку комунікаційних технологій і заміні традиційної електроніки цифровим зв'язком стало можливим інтегрувати апаратне забезпечення в один настільний комп'ютер на основі процесора.

Почалося впровадження систем автоматизації та поява систем телемеханіки. Пристрої телемеханіки дозволяють збирати аналогові та дискретні сигнали за допомогою модулів зв'язку з об'єктами та вимірювальними перетворювачами. На основі систем телемеханіки були розроблені перші системи автоматичного керування електричними підстанціями

Електростанції АСК ТП могли не тільки збирати інформацію, а й обробляти її та подавати в зручному вигляді. З появою перших мікропроцесорних РЗА інформація з цих пристроїв стала інтегруватися в системи СКУД. Поступово зростала кількість пристроїв, оснащених цифровими

(аварійними) інтерфейсами автоматика, системи моніторингу електроприладів, системи моніторингу щитів постійного струму та власних потреб тощо). Вся ця інформація з пристроїв нижчого рівня інтегрувалася в систему автоматичного керування через цифрові інтерфейси. Однак і сьогодні, незважаючи на широке використання цифрових технологій для побудови систем автоматизації, підстанції не є повністю цифровими засобами, так як вся первинна інформація, включаючи стан контактів блоку, напруга і струм, передається у вигляді аналогових сигналів від розподільного пристрою до оперативного управління. Точка, де воно оцифровується окремо кожним пристроєм нижчого рівня. Наприклад, одна і та ж напруга паралельно доставляється на всі пристрої нижчого рівня, які його оцифровують і передають на нього АСК ПТ.

Традиційні підсистеми мають використовувати різні стандарти зв'язку (протоколи) та інформаційні моделі. Для захисних функцій здійснюються вимірювання, облік, контроль якості, індивідуальні системи вимірювання та інформаційної взаємодії, що значно підвищує трудомісткість реалізації системи автоматизації в підстанції, а також її вартість.

Наступний крок – побудова «SMART GRID», яка базується на використанні цифрових ПС на яких цифрові технології реалізовані на рівні вимірювання та збору інформації про режими роботи підстанції та мережі.

Підготовка до передачі сигналу та цифрове оформлення всієї системи ПС дозволило отримати ряд переваг, а саме [4, 5]:

- істотно зменшити витрати на виробництво проводів і кабелів і кількість каналів для монтажу за рахунок наближення цифрових сигналів до необхідного обладнання (рис. 1);
- для захисту електромагнітної сумісності (ЕМС) електричних пристроїв - мікропровідників і електричних ланцюгів завдяки конструкції з'єднань волоконно-оптичних кабелів;

- розгляд та реалізація концепції інтелектуальних мікрокомп'ютерних електронних пристроїв з метою виключення методів введення аналогових сигналів;
- перевірити перехоплювачі інтелектуальних електронних пристроїв (ІЕД), тобто врахувати взаємозамінність цих пристроїв (з урахуванням кількості пристроїв пізніх виробників);
- підвищення точності вимірювань (особливо до 10-15% I_n) і розрахунків електроенергії, а також визначення пошкоджень ліній електропередач [4];
- зменшення площі землі, необхідної для будівництва ПС, за рахунок використання оптичних цифрових термокомп'ютерів, стільникового мікрокомп'ютерного обладнання.

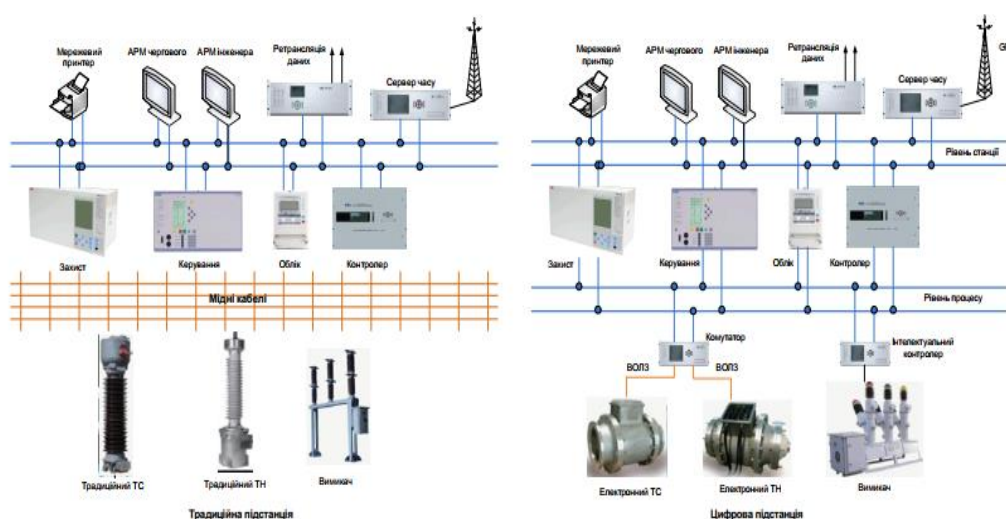


Рисунок 1 – Сумісність між традиційним і цифровим варіантами

Цифрова підстанція – це не просто об'єкт. Це комплекс заходів та технологій, що дозволяють перевести частину функцій підстанції в цифровий формат. Для чого? Щоб оптимізувати експлуатацію підстанції. Цифрову підстанцію необхідно розглядати з трьох сторін.

Цифрове управління - це управління на рівні процесів.

Моніторинг стану - означає використання даних, що отримуються від підстанції з метою оптимізації експлуатації.

Кібербезпека – забезпечення цифрової безпеки рішень.

Цифрове управління підстанцією.

Основним кроком для створення цифрової підстанції є впровадження стандарту МЕК 61850. Даний стандарт містить вимоги до системи збору даних, а також до зв'язку між інтелектуальними електронними пристроями в межах підстанції для забезпечення функціональної сумісності. Внутрішня архітектура пристроїв релейного захисту та автоматики SIEMENS серії SIPROTEC 5 розроблена у повній відповідності з МЕК 61850 в частині вимог до функціоналу комплексу РЗА, який повинен бути розділений на стандартні функції, що називаються логічними вузлами, принципи взаємодії (комунікації), між якими також визначені правилами стандарту. Завдяки модульній апаратній конструкції, широким комунікаційним можливостям, гнучкому набору функцій і вільно-програмованій логіці платформи SIPROTEC 5, вже зараз компанія SIEMENS може запропонувати реалізацію цифрової підстанції з розміщенням функцій релейного захисту, автоматики, управління, моніторингу, оперативного блокування і вимірювань в одному пристрої.

Моніторинг стану устаткування.

Портфоліо компанії Сіменс в частині оцінки стану обладнання покриває весь ланцюжок моніторингу та діагностики: Оцінка – Реакція – Вживання заходів! Комплексне рішення, що відповідає на всі питання експлуатуючої компанії в частині моніторингу стану обладнання.

Оцінка: моніторинг стану обладнання, збір даних.

Цифрова підстанція передбачає наскрізне використання систем зв'язку. Це з одного боку спрощує і прискорює управління, але з іншого боку відкриває доступ до можливих кібератак і неправомірному використанню даних.

Тільки інтегрований підхід, що дозволяє організувати захист у всіх вузлах може забезпечити запобігання можливим атакам. Кібербезпека включає в себе наступні елементи: захист систем зв'язку, захист системи управління підстанцією або мережею, організацію контролю доступу, моніторинг стану системи захисту і

готовність до майбутніх викликів. Siemens пропонує комплексні заходи і технології цифрового захисту - від безперервного аналізу стану ризиків до запобігання несанкціонованому доступу та втручання в систему захисту, технічної помилки і збоїв інфраструктури.

Моніторинг стану силового обладнання, наприклад КРПЕ або трансформатора в режимі онлайн показує поточний стан активу.

Реакція: управління даними активу, обробка даних

Центральна система моніторингу заснована на технології ISCM (Integrated Substation Condition Monitoring) служить для інтеграції даних про стан обладнання підстанції або навіть всієї підстанції загалом. Зібрані дані обробляються для проведення розширеного аналізу і діагностики і в результаті система видає рекомендації для щоденної експлуатації підстанції.

Дисплеї, встановлені безпосередньо на обладнанні, сигналізують, чи очікуються від персоналу будь-які дії.

Вживання заходів: управління ефективністю активів, прогнозування майбутнього стану обладнання

Оброблені онлайн дані моніторингу стану закладають основу для подальшого аналізу ризиків. Щоб отримати надійні рекомендації з управління ефективністю активів, використовується динамічне програмне забезпечення, яке було розроблено як інструмент підтримки прийняття рішень (Reliability Centered Asset Management, RCAM). Можливість оцінки та кількісного визначення майбутнього стану активу створює цінну основу для розробки оптимізованої стратегії управління активами і підвищення ефективності експлуатації обладнання.

У якості розширеного сервісу компанія «Сіменс» пропонує можливість віддаленого моніторингу активів в режимі 24/7 365.

Основними протоколами передачі даних, відповідно до стандарту МЕК 61850, є протоколи MMS і GOOSE. MMS використовується для передачі даних процесу в реальному часі від терміналів РЗА в SCADA систему для моніторингу

та управління ними, а GOOSE - для обміну даними між терміналами. Важливими особливостями протоколів є гарантована доставка повідомлень і висока швидкість передачі даних (кілька мілісекунд).

Побудова системи автоматизації на основі стандарту MEK 61850 дозволяє значно скоротити кількість кабельних ліній зв'язку на об'єкті, що безумовно збільшує надійність всієї системи, а також підвищує її прозорість за рахунок систем самодіагностики і безперервного контролю справності комунікацій.

У цифрових підстанцій є ряд переваг. Я назву три основних: по-перше - це безпека інвестицій в майбутньому. Це відбувається завдяки застосуванню модульних апаратних платформ і гнучких наборів стандартних функцій. Завдяки стандартизації цифрових функцій, сигналів і сервісів набагато простіше вирішуються питання експлуатації та технічного обслуговування обладнання різних виробників. По-друге, скорочення кількості фізичних пристроїв і перехід на єдину платформу. Витрати на оперативне і технічне обслуговування фізичних пристроїв скорочуються пропорційно до їх кількості, одночасно підвищується зручність їх обслуговування. По-третє, відбувається скорочення витрат на оперативне і технічне обслуговування комплексу релейного захисту та автоматики. Це можливо за рахунок самодіагностики мікропроцесорних пристроїв і контролю справності комунікації між пристроями. Використання системи управління станом обладнання попереджає про можливі пошкодження і регулює частоту технічного обслуговування у міру зносу обладнання.

Основна ідея процесора полягає в заміні багатьох традиційних з'єднань для обміну звичайними аналоговими та цифровими сигналами на уніфіковані набори цифрового обміну [5], які забезпечують можливість спільного використання функцій систем автоматизації та повного функціонування інтелектуальних електронних прикладів. Детальніше про актуальні питання обміну інформацією можна знайти в документі стандарту MEK 61850 [4] для таких пристроїв як вакуумні трансформатори напруги, комутаційні пристрої, термінали захисту та автоматизації АСК ТП.

Основна відмінність цього стандарту від попередніх стандартів МЕК полягає в тому, що в цих випадках не йдеться про введення нового протоколу передачі даних. Основним напрямком стандарту є систематизація інформаційної моделі підприємства. Центральною частиною стандарту є МЕК 61850-6, який присвячений субстантивній мові конфігурації (SCL).

Використовуючи SCL, ви можете написати:

- однорядні речовини;
- логічні (функціональні) вузли, підключені до основного обладнання;
- інтелектуальні електронні документи;
- обмеження локальних обчислень (LOM) ПС.

У цьому питанні інтеграції складних видів електронного обладнання, в першу чергу силових трансформаторів, автоматичних трансформаторів і шунтуючих трансформаторів, комплектних електронних пристроїв, частин вимикачів (КПЕ), роз'єднувачів слід розглядати в контексті функцій якісного аналізу даних [6].

Загальне підвищення інтелектуальної структури (підтримка технології Smart) в апаратному забезпеченні ЦПС дозволило виконувати процесори, які є неослужуваними та самодіагностичними (рис. 2), а саме:

- розробка засобів і методів безпечної діагностики (контроль виконання даних, контроль готовності до операції, контроль відповідності методики);
- додавання ряду функцій, доступних у кожному терміналі;
- виконання деяких діагностичних завдань на інтерфейсних моделях (Smart IED).

Також необхідно враховувати необхідність наявності такої компоненти процесора, як програмно-технічний комплекс (ПТК) процесора, який є програмно-апаратним ядром процесора, що з'єднує основні інформаційні потоки в процесорі та автоматизовані процеси прийому та обробки записів шляхом керування апаратними засобами центрального процесора [5] .

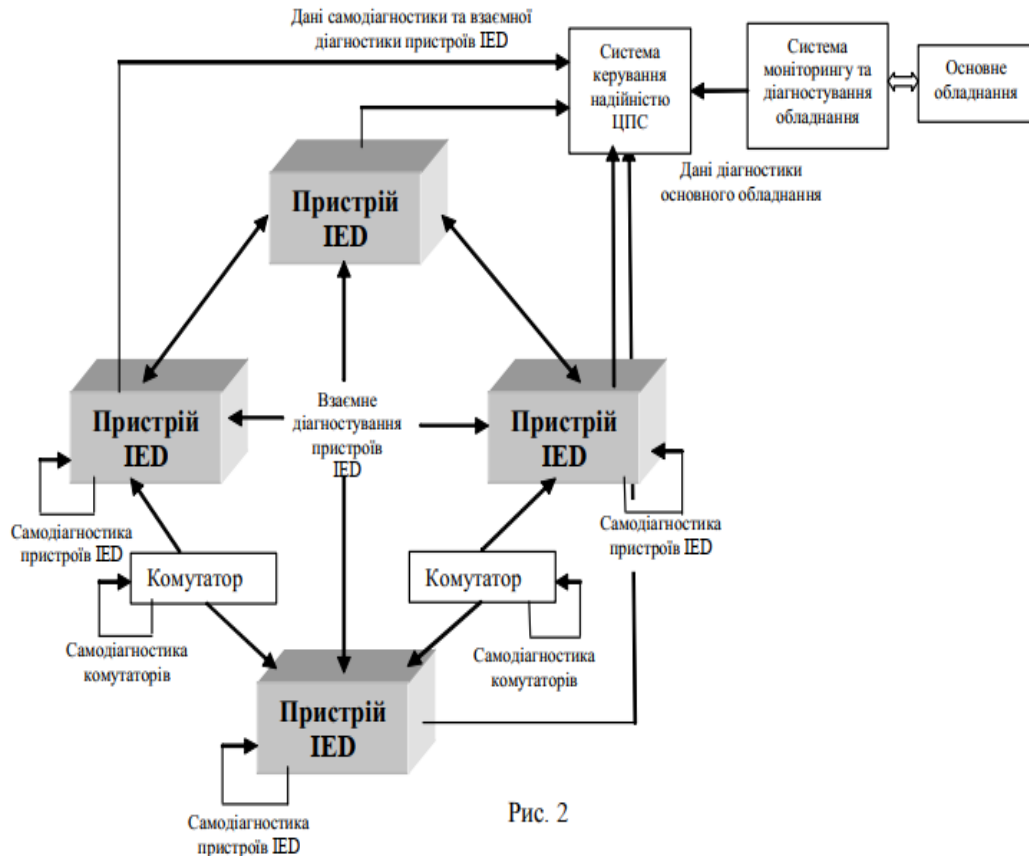


Рис. 2

Рисунок 2 – Загальне підвищення інтелектуальної структури в апаратному забезпеченні ЦПС

Для цього ПТК має забезпечити:

- підтримка оновлених моделей технологічних процесів компанії як вікна для побудови алгоритмів керування, аналізу, документування інформації та функцій керування через ПС;
- робота з аналізу технологічних пропозицій, включаючи спостереження за процесами приймання листів на основі композиційних/незвичайних котирувань за реальним зразком;
- організація та ведення баз даних (БД) стінового обладнання КПУ, актуалізація його стінового оповіщення та видача попереджувальних або аварійних сигналів і сповіщень;

- взаємодія з кулінарними центрами з вищими рівнями електропоетичних систем;

- обслуговування апаратного забезпечення центрального процесора для забезпечення контролю його можливостей, доступності та безпеки (з повним захистом обладнання ПС), а також швидкого виконання запитуваних команд

Аналізуючи викладене, ми спробуємо порівняти традиційні ПС і ЦПС. Результати порівняння зведені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики ПС і ЦПС

Традиційна ПС	Цифрова ПС
Відсутність первинної цифрової обробки сигналів	Наявність цифрової обробки сигналів
Насичення та ферорезонанс в ТС та ТН	Відсутність насичення та ферорезонансу в цифрових перетворювачах
Вплив силового обладнання на вторинні кола	Відсутність впливу силового обладнання на вторинні кола
Низька надійність та якість передачі сигналів	Висока надійність та якість передачі сигналів
Велика кількість кабельно-провідникової	Мала кількість кабельно-провідникової продукції
Вибухонебезпечність	Відсутність мастила, целюлози та елегазу (ЗФб)
Високі затрати на монтаж та експлуатацію устаткування	Низькі затрати на монтаж та експлуатацію устаткування

Загалом, розглядаючи проблеми інтелектуалізації та комп'ютеризації електроенергетичних об'єктів (ЕЕО) України і на ПС, в тому числі, слід зазначити, що її вирішення значною мірою залежить від спостережуваності

інформаційної системи ЕЕО та створенні ненав'язливої інформаційно-програмної системи (ІПС) [1]. Так, на ПС 750-220 кВ є технічна зміна мобільно та фізично застарілого обладнання, в результаті ці ПС стають інтегровані, більш спостережувані і керовані. Чого не скажеш про ПС 150 кВ і нижче, технічні вдосконалення яких є незначним, а підтримання безпеки - повільний процес. До перерахованих вище проблем також слід додати, що в сучасній індустрії ПС копіюються принципи побудови застарілих ПС, і це не приносить позитивні результати.

Для подальшого розвитку ПС необхідні загальні вимоги та мовні вимоги для інтелектуальних та інформативних ПС усіх рівнів напруги:

- впровадження принципово нової нормативно-технічної документації;
- створення нових проектних рішень;
- запровадження РЗА та ПА на платформі Smart;
- використання цифрового сигналу;
- адміністрування засобів зв'язку та ВОЛЗ на ПС;
- створення системної інтеграції.

Тому постійний розвиток електроенергетики та комунікаційних технологій, підвищені вимоги до захисних функцій, вимірювальних трансформаторів та основного обладнання буде продовжувати розвивати та вдосконалювати ЦПС, підвищувати ефективність та надійність керування та покращувати якість роботи.

У 2017 році тенденція переходу на цифрові технології активно проявляється у всіх життєвих процесах людини. Напередодні Четвертої промислової революції, перехід на цифровизацію робочих процесів торкнувся і електроенергетичну галузь. Хоча ідеї застосування цифрових технологій в системах збору та обробки інформації, керування і автоматизації підстанцій з'явилися ще 15 років тому, їх стрімкий розвиток почалося тільки недавно. Практично всі провідні фірми електроенергетичної галузі активно працюють в

цьому напрямку. Розширюється кількість теоретичних і практичних досліджень, з'являються нові міжнародні стандарти, зразки обладнання, досвідчені полігони.

Це відкриває можливості інноваційних підходів до вирішення завдань автоматизації і керування енергооб'єктами, дозволяючи створити підстанцію нового типу - цифрову підстанцію (ЦПС).

В даний час в енергетичній галузі існує велика різноманітність точок зору до того, що саме розуміти під терміном «Цифрова підстанція».

Зараз розробляється загальна концепція програмно-апаратного комплексу для успішного розвитку автоматизації процесів передачі, перетворення і розподілу електроенергії в масштабах ЕНЕС (Єдина національна електрична мережа). З часу початку розробок у вітчизняній електроенергетиці проектів автоматизованої системи керування технологічними процесами підстанцій (АСК ТП ПС), відбулося істотне розвиток апаратних і програмних засобів систем керування для застосування на електричних підстанціях. З'явилися високовольтні цифрові трансформатори струму і напруги; розробляється первинне і вторинне електромережеве обладнання з вбудованими комунікаційними портами; виробляються мікропроцесорні контролери, оснащені інструментальними засобами розробки, на базі яких можливе створення надійного програмно-апаратного комплексу ПС;

прийнятий міжнародний стандарт МЕК 61850, який регламентує подання даних про ПС як об'єкт автоматизації, а також протоколи цифрового обміну даними між мікропроцесорними інтелектуальними електронними пристроями (IED) ПС, включаючи пристрої контролю та керування, релейного захисту та автоматики (РЗА), протиаварійної автоматики (ПА), лічильники електроенергії і т.д. Все це створює передумови для побудови підстанції нового покоління - цифровий підстанції, в якій організація всіх потоків інформації при вирішенні завдань моніторингу, аналізу та керування здійснюється в цифровій формі.

Цифрова підстанція (ЦПС) це підстанція, обладнана комплексом цифрових пристроїв (терміналів) для вирішення завдань релейного захисту та автоматики

(РЗА) і АСКТП - реєстрації аварійних подій (РАС), обліку і контролю якості електроенергії, телемеханіки. Все обладнання спілкується між собою і центральним сервером об'єкта по послідовних каналах зв'язку на єдиних протоколах (рис.3).

Перехід до передачі сигналів в цифровому вигляді на всіх рівнях керування підстанцією дозволить створити технологічну інфраструктуру для впровадження інформаційно-аналітичних систем, знизити помилки недообліку електроенергії, зменшити капітальні та експлуатаційні витрати на обслуговування підстанції, а також підвищити електромагнітну безпеку і надійність роботи мікропроцесорних пристроїв. Впровадження систем, які відповідають стандарту МЕК 61850 «Мережі і системи зв'язку на підстанціях», забезпечує більш високу швидкість і безпеку передачі інформації, взаємозамінність окремих компонентів системи, підвищення надійності системи.

Незважаючи на те, що тенденція переходу на цифрові технології в системах збору та обробки інформації, керування і автоматизації підстанцій намітилася ще понад 15 років тому, перша в світі цифрова підстанція була запущена лише в 2006 році в Китаї. Сьогодні в даному напрямку активно працюють провідні компанії-виробники електроенергетичної галузі в усьому світі. Розвиток електроенергетики в останні роки зумовлено фактором об'єднання електромережної та інформаційної інфраструктури.

Цифрова підстанція - це елемент активно-адаптивної (інтелектуальної) електромережі з системою контролю, захисту і керування, заснованої на передачі інформації в цифровому форматі.

Незважаючи на те, що ця тема є відносно новою, в даний час на планеті налічується вже понад 100 ЦПС в Китаї, США, Канаді та інших країнах.

Незалежно від свого призначення всі мережі на планеті стають більш потужними і більш складними. У тому числі в геометричній прогресії зростають обсяги інформаційних потоків, які забезпечують керування електромережевого об'єктами, моніторинг їх технічного стану, контроль якості електроенергії, а

також її комерційний облік. Це, в свою чергу, тягне все більше застосування інтелектуальних електронних пристроїв, яких з кожним днем на об'єкті стає все більше.

Найчастіше такі пристрої застосовують різні стандарти передачі даних, що ускладнює їх спільну роботу і, більш того, починає гальмувати розвиток електроенергетики, а значить, і промисловості в цілому. Це стосується не тільки України, але і будь-яких промислово розвинених країн. Загалом в електроенергетиці настав момент, коли необхідно переглянути самі принципи побудови енергетичної інфраструктури, а не вдосконалювати обладнання в старій парадигмі.

Передумовою до появи вітчизняного рішення став активний розвиток технології «Цифрова підстанція» - поява стандартів, що описують інформаційну модель підстанції та протоколи обміну між її елементами, а також обладнання, що підтримує ці протоколи. Суть нового підходу - зміна архітектури побудови систем захисту і керування підстанціями, засноване на цифровій обробці даних.

«Цифрова підстанція», дозволяє отримати єдиний цифровий потік даних, що характеризує стан керованого об'єкта. Це дозволяє абстрагуватися від існуючої парадигми побудови системи захисту і керування підстанцією, при якій кожна функція автоматизації виконується окремим пристроєм, і перейти до програмній платформі, що розміщується на універсальних апаратних пристроях і має вільний розподіл функцій. Так з'являється можливість отримувати рішення, що мають як повністю розподілену, так і централізовану архітектуру. Крім того, застосування єдиної програмної платформи, забезпечує реалізацію і взаємодія функцій на основі міжнародного стандарту, дозволить в подальшому видозмінити ринок апаратних пристроїв для побудови систем захисту і керування підстанцією і перейти до ринку функціональних алгоритмів. Основні елементи, які дозволили спроектувати подібне рішення, базуються на власних розробках двох компаній: цифрові оптичні вимірювальні трансформатори і цифрова система захисту і керування.

Перехід до передачі сигналів в цифровому вигляді на всіх рівнях керування ПС дозволить отримати цілий ряд переваг, у тому числі:

- Істотно скоротити витрати на кабельні вторинні кола та канали їх прокладки, наблизивши джерела цифрових сигналів до первинного обладнання;
- Підвищити електромагнітну сумісність сучасного вторинного устаткування - мікропроцесорних пристроїв і вторинних ланцюгів завдяки переходу на оптичні зв'язку;
- Спростити і, в кінцевому підсумку, здешевити конструкцію мікропроцесорних інтелектуальних електронних пристроїв за рахунок виключення трактів введення аналогових сигналів;
- Уніфікувати інтерфейси пристроїв IED, істотно спростити взаємозамінність цих пристроїв (в тому числі заміну пристроїв одного виробника на пристрої іншого виробника) і ін.

Цілі створення ЦПС:

- зменшення капітальних витрат:
 - зменшення витрат на кабельну продукцію і кабельні споруди;
 - зменшення вартості терміналів (уніфікація апаратної частини, заміна модулів введення на цифрові інтерфейси);
 - зменшення площі земельних ділянок, необхідних для облаштування ПС (застосування оптичних цифрових ТТ і ТН, сучасного мікропроцесорного вторинного обладнання дасть можливість зменшити);
 - збільшення терміну служби силового електрообладнання (розширена діагностика);
 - зменшення витрат на проектування, монтаж та пусконаладку (зменшення кількості кабелів, зменшення кількості обладнання, розширення можливостей по типізації проектних рішень в частині шафового обладнання та цифрових зв'язків).
- зменшення експлуатаційних витрат (на техобслуговування):

- спрощення експлуатації та обслуговування (постійна розширена діагностика в режимі реального часу, в т.ч. метрологічних характеристик; збір і відображення вичерпної інформації про стан і функціонування ПС);
- збільшення точності вимірювань (особливо при токах менше 10-15% I_n) і збільшення завдяки цьому точності обліку електроенергії і точності ОМП;
- скорочення можливості появи дефектів типу «земля в мережі постійного струму» (скорочення розмірності СОПТ щодо використання цифрових оптичних зв'язків);
- скорочення кількості раптових відмов основного електрообладнання і пов'язаних з ними штрафів за недовідпуск електроенергії і порушень виробничого циклу (розширена діагностика всього комплексу технічних засобів ЦПС);
- зменшення кількості збоїв, неправильної роботи, відмов РЗА (застосування оптичних кабелів замість мідних підвищить електромагнітну сумісність сучасного вторинного обладнання
- мікропроцесорних пристроїв РЗ і автоматики);
- підвищення алгоритмічної надійності функціонування РЗА (відсутність насичення і можливість вимірювання аперіодичної складової у оптичних цифрових ТТ дозволить спростити і вдосконалити алгоритми РЗА);
- зменшення споживання по ланцюгах змінного струму і напруги (в результаті застосування оптичних ТТ і ТН).

4 АРХІТЕКТУРА ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Рівень процесу. Робота цифровий підстанції заснована на архітектурі, яка дозволяє проводити експлуатаційні вимірювання в реальному часі за даними від первинної системи. Ці дані виходять за допомогою датчиків, вбудованих в первинну систему. Обмін між пристроями, відбувається за результатами вимірювань базуються на "шині процесу". Найголовніше в тому, що інтелектуальні пристрої та системи можуть відразу обробити ці оперативні дані в межах підстанції.

Захист і контроль. Пристрої між шиною процесу і станційної шиною історично визначені як "вторинне обладнання". У цифровій підстанції ці пристрої є інтелектуальними електронними пристроями, які взаємодіють з потоками через шину процесу і також з рівноуровневими пристроями в стійках терміналів, з іншими терміналами і цифровою системою керування через шину станції.

Об'єкти контролю станції. Деякі об'єкти на підстанції можуть вимагати обміну усіма або частиною цих попередньо оброблених даних. Одна або кілька робочих станцій, керуючись інструкціями (вказівками) регіональних диспетчерів, може використовуватися в якості інженерної для конфігурації терміналів, або для локальної концентрації і архівації даних енергосистеми. Для онлайн моніторингу стану можуть використовуватися спеціалізовані станції попередження (сигналів аварії), що враховують історію по базі даних кожного основного пристрою.

Перехід на цифрові (в основному - оптичні) технології знімання інформації и передачі команд керування:

- можливість «заміни на ходу» джерела сигналу і тим самим - підвищення надійності функціонування релейних захистів;

- збільшення швидкодії, зменшення годинні спрацьовування виконавчої частини за рахунок оптичних IGBT-модулів, зменшення годинного виявлення аварійного режиму;
- поліпшення умов в частині безпечного виконання робіт і електромагнітної сумісності (завдяки оптичним зв'язкам немає виносу потенціалу з ОРУ);
- розвиток засобів і методів безперервної діагностики (контроль деградації характеристик, контроль готовності до виконання операцій, контроль метрологічних характеристик);
- розширення кількості функцій, що реалізуються в кожному терміналі;
- перенесення частини розрахунково-діагностичних завдань в інтерфейсні модулі (Smart-IED).

4.1 Цифрова підстанція як локальний рівень автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії

Розглянута цифрова підстанція як локальний рівень автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії. Автоматизована система комерційного обліку електричної енергії на цифровій підстанції енергопостачальних підприємств можна прийняти як отримання достовірного балансу електроенергії. Робота енергетичної галузі в умовах функціонування енергоринку висуває підвищені вимоги до системи обліку, а саме, до рівня її автоматизації, точності, надійності і цілісності. Впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії на цифровій підстанції, дозволяє перехід до тарифів реального часу, отримання достовірного балансу виробництва, розподілу і споживання електричної потужності або енергії та оцінка показників якості електричної енергії.

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), що встановлюються на енергетичних об'єктах для автоматизованого контролю та обліку електроенергії і потужності, в тому числі з метою вимірювань активної та

реактивної електроенергії та потужності, відносяться до вимірювальних систем, в загальному випадку представляє собою сукупність функціонально об'єднаних масштабних вимірювальних перетворювачів (вимірювальні трансформатори струму і напруги), інтегруючих приладів (лічильники електроенергії з імпульсним та/або цифровим інтерфейсом), концентраторів або пристроїв збору даних, пристроїв збору та передачі даних, центральних обчислювальних пристроїв та інших технічних засобів, розміщених у різних точках контрольованого енергооб'єкту і з'єднаних між собою каналами та/або лініями зв'язку. АСКОЕ є багатоканальними вимірювальними системами, що виробляють в автоматичному режимі в повному обсязі або частково виконання вимірювальних та обчислювальних операцій [1, 2].

Вчені та практики вже давно обговорюють переваги і недоліки ієрархічних і децентралізованих АСУ. Очевидно, що державні інтереси найбільш повною мірою можуть бути забезпечені впровадженням загальнодержавної АСКОЕ. Проте в даний час в Україні немає достатньо потужних економічно і технічно компаній, які б вирішили цю задачу. Залучення до цього проекту іноземних компаній, наприклад Landis & Gyr або Ельстер Метроніка, може привести до руйнування численних вітчизняних виробників приладів обліку та АСКОЕ, а також до втрати, певною мірою, контролю над інформаційними потоками. Побудова локальних АСКОЕ цілком під силу українським підприємствам. У цьому процесі слід відзначити три групи виробників. До першої групи належать підприємства, які вже давно займаються виробництвом приладів обліку. Вони будують АСКОЕ з обладнання власного виробництва. До другої групи належать підприємства, які уклали ліцензійні договори із закордонними фірмами або / і є спільними компаніями. Третя група, найчисленніша, складається з фірм, які використовують обладнання інших фірм для комплектації АСКОЕ. Основним самостійним продуктом таких фірм є прикладне програмне забезпечення АСКОЕ. Саме представники цих фірм виступають за побудову децентралізованих АСКОЕ з використанням цифрових підстанцій, які

найбільшою мірою відповідають особливостям обліку електроенергії на підприємствах. У зв'язку з цим існує побоювання, що в недалекому майбутньому при побудові загальнодержавної АСКОВЕ ці підприємства не зможуть бути інтегровані в загальну систему обліку.

Впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії на цифровій підстанції, що дозволяє перехід до тарифів реального часу, отримання достовірного балансу виробництва і розподілу і споживання електричної потужності або енергії та оцінка показників якості електричної енергії. Вирішення проблеми балансу електроенергії на цифровій підстанції, що можливе тільки при удосконаленні системи обліку [2].

Як критерій ефективності АСКОВЕ на цифровій підстанції енергопостачальних підприємства можна прийняти як отримання достовірного балансу електроенергії. Робота енергетичної галузі в умовах функціонування енергоринку висуває підвищені вимоги до системи обліку, а саме, до рівня її автоматизації, точності, надійності і цілісності. Точність і достовірність системи обліку, в першу чергу, визначається засобами застосовуваної інформаційно-вимірювальної техніки, а також принципами її використання. Основними показниками, які характеризують ефективність використання інформаційно-вимірювальної техніки в системі обліку, є [3]:

- Точність представлення вимірювальної інформації;
- Достовірність представлення вимірювальної інформації. На додаток до класичного підходу і стосовно до даного об'єкту процес отримання достовірної інформації повинен бути автоматизований і може варіюватися від реєстрації даних з лічильників електроенергії протягом всього часу обліку до повністю автоматизованого процесу реєстрації цих даних з їх повним дублюванням і обов'язковою верифікацією;

- Одночасність представлення вимірювальної інформації. Під одночасністю представлення вимірювальної інформації мається на увазі синхронність виконання вимірювань в точках обліку, порушення якої призводить до виникнення похибки розсинхронізації, яка впливає на результати вимірювання.

Зазначені показники визначаються в системі обліку принципами організації вимірювань, якістю систем обліку і зв'язку.

Система обліку, яка задовольняє цим вимогам, дозволяє вирішувати головні завдання:

- Забезпечення точної, достовірної та надійною інформацією комерційних розрахунків на ринку електроенергії;
- Постійний контроль виконання договірних зобов'язань між суб'єктами ринку електроенергії;
- Аналіз та контроль внутрішнього балансу суб'єктів енергоринку.

Слід зазначити, що в даний час є велика кількість АСКОЕ різного масштабу, накопичений значний досвід їх експлуатації, тому для виявлення переваг та недоліків АСКОЕ, а також тенденцій їх розвитку, доцільно розглянути найбільш типові з них.

Стратегія розвитку полягає у створенні системи автоматизованого обліку з мінімальними витратами, оптимальної за складом та максимальної надійності, яка б задовольняла потребам ОЕС України під час її експлуатації.

Стратегія базується за такими основними принципами:

- мінімальна достатність;
- системність;
- оптимальність;
- використання світового досвіду створення автоматизованих систем;

- урахування особливостей економіки України;
- урахування випереджаючого розвитку автоматизованих систем.

Коротко суть цих принципів полягає у наступному:

а) принцип мінімальної достатності полягає у тому, що в умовах обмежених матеріальних та інших ресурсів, стислих термінів створення було визначено: оптимальну структуру системи обліку; транс- форматори струму та напруги, лічильники електроенергії, які підлягали першочергової заміни; розроблення необхідних методик та приладів, на які спирається в роботі система;

б) принцип системності полягає у тому, що АСКОЕ передбачає наявність зв'язку із іншими системами контролю та системами електропостачання, що дозволяє реалізувати ряд додаткових функціональних можливостей, тобто використати системні властивості;

в) принцип оптимальності полягає в забезпеченні необхідної кількості інформації при мінімальних фінансових затратах;

г) використання світового досвіду створення автоматизованих систем проявилось у перегляді принципів автоматизації обліку електричної енергії, шляхів забезпечення єдності функціонування систем в рамках окремих ЕС, ОЕС України, а також сусідніх держав;

д) урахування особливостей економіки України полягає в концентрації зусиль для першочергового створення системи обліку, здатної вирішувати технічні та економічні задачі, важливі для енергетики та економіки України;

е) принцип випереджаючого розвитку автоматизованих систем полягає в тому, що за рахунок використання при створенні АСКОЕ, новітніх технологій, технічних та методичних рішень, а також сучасних високоточних методів будуть досягнуті технічні та інформаційні характеристики автоматизованих систем на рівні відповідних систем розвинених країн. Реалізація цього принципу створює

запас за точністю та швидкістю, який може бути використаний без додаткових витрат при створенні «високих технологій», проведенні сучасних досліджень, тобто в тих галузях науки і техніки, де виникає потреба у виконанні обліку електроенергії.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розділ бакалаврської роботи присвячений дотримання вимог охорони праці під час монтажу та обслуговуванню цифрових підстанцій. На оперативно-ремонтний персонал, що здійснює монтаж та обслуговування системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [1, 2]:

фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної організації оперативно-ремонтного обслуговування

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Для безпечного проведення робіт слід вживати таких організаційних заходів:

- призначення працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт;

- видавання наряду або розпорядження;
- видавання дозволу на підготовку робочих місць та на допуск;
- підготовка робочого місця та допуск до роботи;
- нагляд під час виконання роботи;
- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв у роботі та її закінчення.

Відповідальними за безпечне проведення робіт є:

- працівник, який видає наряд, віддає розпорядження;
- працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця та на допуск;
- працівник, який готує робоче місце*;
- працівник, який допускає до роботи (допускач);
- керівник робіт;
- працівник, який спостерігає за безпечним виконанням робіт (наглядач);
- член бригади.

Право на видавання нарядів та віддавання розпоряджень надається керівникам та спеціалістам підприємства, які мають групу V.

Працівник, який видає наряд або розпорядження, встановлює можливість безпечного виконання роботи. Він відповідає за достатність і правильність вказаних в наряді (розпорядженні) заходів безпеки, за якісний та кількісний склад бригади і призначення працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт, а також за відповідність груп з електробезпеки працівників, які зазначені в наряді (розпорядженні), роботі, що виконується.

Працівник, який дає дозвіл на підготовку робочих місць та на допуск, несе відповідальність за достатність передбачених заходів для виконання робіт з

вимкнення та заземлення обладнання та можливість їх здійснення, а також – за координацію часу та місця роботи бригад, які допускаються.

Працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця та на допуск, повинен повідомити чергових або працівників зі складу оперативно-виробничих працівників, які готують робоче місце, а також допускатів про попередньо виконані операції з вимкнення та заземлення обладнання.

Давати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск мають право оперативні працівники з групою V. В електроустановках, що не обслуговуються оперативними або оперативно-виробничими працівниками (майстерні, гаражі, приміщення тощо), дозвіл на підготовку робочих місць і допуск можуть давати посадові особи з групою IV, яким надані такі права.

Працівник, який готує робоче місце, відповідає за правильне і точне виконання заходів щодо підготовки робочого місця, зазначених у наряді, а також тих, що вимагаються умовами роботи (встановлення замків, плакатів, огорожень). Підготовляти робочі місця мають право чергові або працівники зі складу оперативно-виробничих працівників, які допущені до оперативних перемикачів в цій електроустановці.

Допускач відповідає за правильність і достатність вжитих заходів безпеки та їх відповідність характеру і місцю роботи, зазначених у наряді, за правильний допуск до роботи, а також за повноту та якість проведеного ним інструктажу. Допускачами слід призначати працівників зі складу оперативних або оперативно-виробничих працівників, за винятком допуску на ПЛ, у разі виконання умов, зазначених в [3]. В електроустановках понад 1000 В допускач повинен мати групу IV, а в електроустановках до 1000 В - групу III.

Керівник робіт призначається у разі виконання робіт за нарядами і розпорядженнями, крім тих, що виконуються одноособово. Керівник робіт відповідає за:

- виконання заходів безпеки, передбачених нарядом або розпорядженням, та їх достатність;
- чіткість та вичерпність інструктажу членів бригади;
- наявність, справність та правильність використання необхідних засобів захисту, інструменту, інвентаря;
- наявність та збереження встановлених на робочому місці заземлень, огорожень, знаків та плакатів безпеки і замикальних пристроїв протягом робочої зміни;
- організацію та безпечне виконання роботи і дотримання вимог [3].

Керівнику робіт слід постійно наглядати за членами бригади і усувати від роботи членів бригади, які порушують ці Правила, а також тих, які перебувають у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння. Керівник робіт, що виконуються за нарядом в електроустановках понад 1000 В, повинен мати групу IV, а в електроустановках до 1000 В – групу III, крім робіт у підземних спорудах, де можуть утворюватись шкідливі гази, та під напругою, - у цьому разі керівник робіт повинен мати групу IV. Керівник робіт, що виконуються за розпорядженням, повинен мати групу III в усіх електроустановках.

У разі виконання найбільш складних та небезпечних робіт керівником робіт за нарядом повинен призначатись працівник з групою V із складу керівників або спеціалістів. До таких робіт належать:

- роботи, що виконуються із застосуванням вантажопідіймальних машин та механізмів, за винятком робіт, що виконуються оперативними або оперативно-виробничими працівниками з використанням автовишки;
- роботи у зонах розташування комунікацій та інтенсивного руху транспорту;

- монтаж та демонтаж опор, проводів ПЛ, а також роботи, пов'язані із заміною їх елементів;
- роботи на ПЛ понад 1000 В у місцях перетину з іншими ПЛ;
- зміна схеми приєднання проводів та тросів ПЛ понад 1000 В;
- роботи на вимкненому колі багатоколової ПЛ понад 1000 В з розташуванням кіл одне над одним або кількістю більше двох, коли одне чи всі кола перебувають під напругою:
- роботи з пофазного ремонту ПЛ понад 1000 В;
- роботи на струмовідних частинах під наведеною напругою;
- роботи під напругою на струмовідних частинах з ізолюванням людини від землі, за винятком робіт, що виконуються згідно з [3];
- земляні, пов'язані з ремонтом або прокладанням кабелю у зонах розташування підземних комунікацій.

Перелік цих робіт може бути розширено залежно від місцевих умов.

5.1.2 Електробезпека

Основні технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

- 1) виконання технічних заходів під час підготовки робочого місця,
 - 2) застосування під час обслуговування електроустановок електрозахисних засобів.
- 1) Під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи:
 - провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному вмиканню комутаційної апаратури;

- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури. За необхідності струмопровідні частини слід огорожувати;

- приєднати до "землі" переносні заземлення;

- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити поблизу струмопровідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;

- встановити заземлення (увімкнути заземлювальні ножі, приєднати до вимкнених струмопровідних частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах вимикальних комутаційних апаратів;

- огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмопровідні частини огорожують до або після їх заземлення.

2) Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись засоби захисту від ураження електричним струмом, від впливу електричного поля, а також засоби індивідуального та колективного захисту. Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на основні і додаткові. До основних ізолювальних електрозахисних засобів, які повинні застосовуватись в електроустановках напругою понад 1000 В, відносяться: ізолювальні штанги всіх видів, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, показчики напруги, пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (показчики напруги для фазування, показчики пошкодження кабелів та ін.); до додаткових — діелектричні рукавички, діелектричне взуття, діелектричні килими, ізолювальні підставки, ізолювальні

накладки, ізолювальні ковпаки, штанги для перенесення та вирівнювання потенціалу, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), переносні заземлення, плакати та знаки безпеки та інші засоби захисту.

Крім наведених вище засобів захисту в електроустановках повинні застосовуватись такі ЗІЗ: захисні каски – для захисту голови; захисні окуляри і щитки – для захисту очей і обличчя; протигази і респіратори – для захисту органів дихання; рукавиці – для захисту рук; запобіжні пояси та страхувальні канати.

Вибір необхідних електрозахисних засобів, засобів захисту від дії ЕП, а також ЗІЗ регламентується [3], а також іншими відповідними нормативними документами (НД) з урахуванням місцевих умов. У разі застосування основних ізолювальних електрозахисних засобів достатньо використовувати один додатковий засіб, крім випадків, що обумовлені в цих Правилах. У разі необхідності захисту працівника від напруги кроку дозволяється використовувати діелектричне взуття без застосування основних засобів захисту.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні. Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму,

і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності. Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в приміщенні наведено в таблиці 5.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається: в холодну пору року – використання калорифера; в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву, провітрювання приміщень.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено: провітрювання приміщень; встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці працівника.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Норми при штучному, природньому та суміщеному освітленні наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення виробничих приміщень

Харак-ка зорової роботи	Найменш ий або еквівалент-ний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським

вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Норми звукового тиску на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі (ширми, екрани тощо).

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

Приміщення цифрових підстанцій за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами II-III (місця, де знаходяться тверді горючі речовини – ізоляційні оболонки електрообладнання).

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II-IV ступенем вогнестійкості. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.5.

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати во-гонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої спроможності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати тепло та ізолювальної спроможності (I).

Таблиця 5.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площі, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття між поверхами (у т.ч. горищі та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі і (перегородки)				плити, настали, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0, E 30, M1	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	
IV	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M1	E1 15 M1	R 30 M1	R 15 M1	REI 15 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.7 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.7 (знаменник).

Таблиця 5.7 Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12
III	8/9	8/12	10/15
IIIa, IIIб, IV, IVa, V	10/12	10/15	15/18

На території підстанції на кожному з об'єктів потрібно встановити від 2 до 5 вогнегасників ВП-5, ВВП-5 або аналогічних ємністю 6 або 9 л.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі розглядалось питання дослідження особливостей функціонування цифрових підстанцій. Були розглянуті питання особливості технології Smart Grid, архітектури цифрових підстанцій, а також визначені їх основні завдання.

До передових технологій автоматизації цифрових підстанцій відносяться: використання оптичних вимірювальних трансформаторів (струму, напруги, комбінованих); оснащення енергетичного обладнання комплектом цифрових датчиків, що дають інформацію про технічний стан, розташування комутаційної апаратури, струми та напруги; використання на всіх рівнях цифрові інтерфейси передачі даних.

Впровадження цифрових підстанцій дозволяє отримати ряд переваг порівняно з традиційними підстанціями. Для виконання різних функцій цифрової підстанції використовуються одні і ті ж джерела інформації, що призводить до зменшення загальної кількості пристроїв на ній.

Доступ до всієї інформації в цифровій підстанції здійснюється за допомогою уніфікованих типів даних і методів доступу, узагальнених в єдиному стандарті зв'язку. Підсистеми безпеки, вимірювання, контролю, моніторингу стану пристроїв, білінгу та контролю якості енергії - всі вони використовують для виконання своїх функцій одну мережу зв'язку, яка отримує дані про значення струму та напруги, розташування підключень пристроїв, а також приймає або передає управління команди. Немає необхідності мати окремі пристрої вимірювання, зв'язку та обробки інформації для кожної з вищезгаданих підсистем.

Ключовими, найбільш відповідальними, а тому найбільш технічно складними і дорогими елементами схеми вимірювання високої напруги є великогабаритні перетворювачі струму і напруги - вимірювальні трансформатори. В якості таких перетворювачів найчастіше використовують електромагнітні трансформатори струму і напруги.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 Гриб О.Г., Праховник А.В., Тесик Ю.Ф., Жаркін А.Ф., Новський В.О., Калінчик В.П., Карасінський О.Л., Довгалюк О.М., Лазуренко О.П., Ходаківський А.М., Васильченко В.І., Светелік О.Д. Автоматизовані системи обліку та якості електричної енергії / під ред. Гриба О.Г. – Харків: ПП "Ранок-НТ", 2012. – 516 с.

2 Holbach J., Rodriguez J., Wester C., Baigent D., Frisk L., Kunsman S., Hossenlopp L. Status on the first IEC61850 based protection and control, multi-vendor project in the United States. Power systems conference: advanced metering, protection, control, communication, and distributed resources. Clemson, South Carolina, USA, 13-16 March 2007, pp. 254-277. Available at: [https://www.gedigitalenergy.com/smartgrid/Aug07/EIC61850.p df](https://www.gedigitalenergy.com/smartgrid/Aug07/EIC61850.pdf).

3 Dogger G., Tennese G., Kakoske D., MacDonald E. Designing a new IEC 61850 substation architecture. Available at: http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/powersystems/products/grid_automation/resources/Designing_a_new_IEC61850_substation_architecture.pdf

4 Caetano C., Pernes M. Introducing IEC61850 in distribution substations. Substation automation systems. Power-Grid Europe, transmission and distribution industry conference and exhibition. Madrid, Spain, 26-28 June 2007. Av

4. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

5. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

6. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. URL: <https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc->

[page?id_doc=21826.](#)

7. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

8. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

10. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

11. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

12. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

13. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

14. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

15. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

16. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

18. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ

ПЕРЕВІРКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙТип роботи: Бакалаврська дипломна робота

(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станцій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки

(кафедра, факультет)

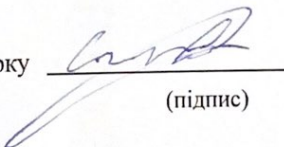
Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 78,6 % Схожість 21,4 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

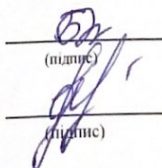
Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)Вишневський С.Я.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)Копач Б.О.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

Сікорська О.В.

(прізвище, ініціали)

Додаток Б

Ілюстративна частина

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська дипломна робота на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ
ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Виконав: студент 4 курсу групи 2ЕЕ-206

спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

за ОП «Електроенергетика та електротехніка»

Копач Б.О.

ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ МЕК 61850

- З впровадженням на підстанціях спеціалізованих мікропроцесорних пристроїв РЗА, ПА, АСКОВЕ і т.д., що обробляють і генерують великий обсяг інформації, з'явилася необхідність збору інформації з цих пристроїв в автоматизовану систему управління технологічним процесом (АСУТП) по цифровим інтерфейсам.
- Кожен виробник будував систему на основі тих протоколів передачі даних, які він вважав найбільш підходящими для вирішення того чи іншого завдання.
- Така різноманітність рішень ускладнювало процес системної інтеграції, призводило до відсутності сумісності і взаємозамінності обладнання та проблемам при експлуатації і розширенні (модернізації) підстанції.
- З метою вирішення виникаючих проблем міжнародна електротехнічна комісія ще в 1995 році почала роботу над серією стандартів МЕК 61850.
- Перша редакція стандарту МЕК-61850 з'явилася в 2003 році. В даний час вже випущені оновлені редакції основних документів.

ОСНОВИ МЕК-61850

МЕК-61850 замислювався як універсальний стандарт, який дозволить упорядкувати розрізнені рішення різних виробників пристроїв релейного захисту та систем передачі даних, що застосовуються на підстанціях.

Область застосування набору стандартів МЕК 61850 - системи зв'язку всередині підстанції.

Набір стандартів визначає вимоги до структури опису кожного елемента підстанції, тимчасового зв'язку і зв'язку клієнт-сервер, методикою випробувань, проектування, електромагнітної сумісності, взаємозамінності пристроїв і т. д. В основі стандарту лежать три положення:

- технологічна незалежність (незалежно від технологічного прогресу стандарт може бути піддано мінімальних змін);
- гнучкість (рішення різних завдань з використанням одних і тих же стандартизованих механізмів);
- розширюваність.

ЦИФРОВІ ПІДСТАНЦІЇ. СВІТОВИЙ ДОСВІД.

В даний час в усьому світі значно зріс інтерес до створення цифрових підстанцій на основі застосування положень серії стандартів МЭК 61850.

Проекти цифрових підстанцій активно реалізуються в Китаї, Франції та інших країнах.

Один з таких об'єктів - цифрова підстанція 225/90 кВ Влоах (Китай). Реконструкція підстанції велася з 2013 по 2016 рік. В якості основного виробника первинного і вторинного електротехнічного обладнання (включаючи оптичні трансформатори струму) була визначена компанія Alstom (входить до складу компанії General Electric).

За час експлуатації реконструйованої підстанції з липня 2016 року було п'ять коротких замикань на відхідних приєднаннях, при яких пристрої РЗА відпрацювали правильно відповідно до заданим алгоритмом роботи.

Представник експлуатуючої компанії RTE повідомив, що технологія «цифрова підстанція» буде застосовуватися на всіх об'єктах високовольтної розподільної мережі французької енергетики, а також додав, що до 2030 року планується перевести всі підстанції RTE на зазначену технологію.

КОНЦЕПЦІЯ ЦИФРОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Цифрова підстанція (ЦПС) - це підстанція, на якій практично всі процеси інформаційного обміну, необхідні для виконання основних функцій управління технологічним процесом (захисту, управління, обліку, зв'язку і т.д.), здійснюються в цифровому вигляді на основі серії стандартів MEK 61850 .

Цифрові підстанції діляться на два типи:

- підстанції з організацією «шини процесу»
- підстанції без організації «шини процесу»

На цифровій підстанції організовується «шина станції» до якої підімікропроцесорні пристрої підстанції: інтелектуальні електронні при встановлені на ВРУ чи в КРУЕ;

- термінали РЗА і ПА;
- вимірювальні перетворювачі і лічильники електроенергії;
- контролери;
- шлюзи, сервера АСУТП;
- інші пристрої і системи підстанції.

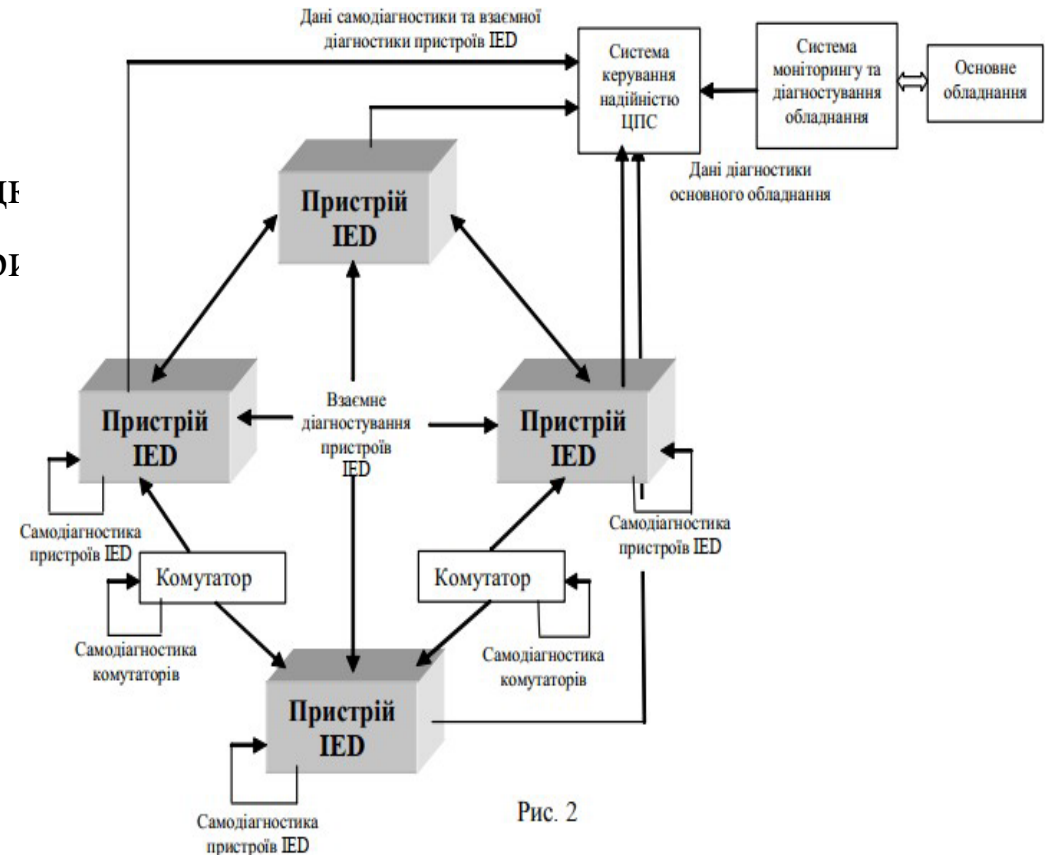


Рис. 2

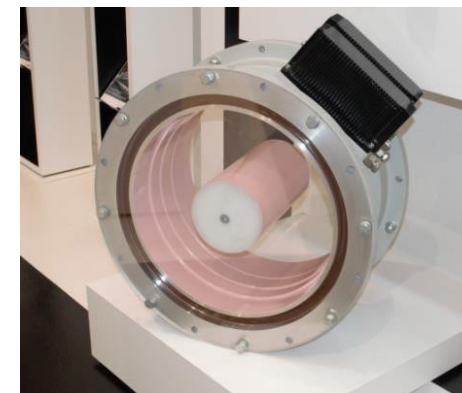
ОСОБЛИВОСТІ І ПЕРСПЕКТИВИ

Устаткування для цифрового підстанції в даний час дорожче, ніж обладнання для «класичної» підстанції.

Однак, в даний час більшість виробників активно розробляє нове обладнання для цифрових підстанцій, переходить від дрібносерійного виробництва до масового випуску обладнання. Крім того, це обладнання менш матеріаловмісне і більш технологічне. В результаті цих процесів ціни на обладнання будуть знижуватися.



«Класичні» трансформатори напруги і струму
в комірці КРУЕ



Комбінований цифровий
трансформатор напруги и
струму для комірці КРУЕ

ОСОБЛИВОСТІ І ПЕРСПЕКТИВИ

Скорочення витрат на кабельне господарство для цифрових підстанцій 110 кВ (в грошовому вираженні по порівняння з загальними витратами) незначне.

На цифровій підстанції 110 кВ витрати на контрольні кабелі скорочуються, але з'являються оптичні кабелі. Для скорочення кількості оптичних кабелів повинні застосовуватися раціональні схеми оптичних зв'язків або будуватися цифрові підстанції без шини процесу.

Частина електронного обладнання розміщується на ВРП в окремих шафах.

Для скорочення кількості шаф необхідно застосовувати силове обладнання з інтегрованими електронними блоками (розміщеними в шафах управління).

Вартість проектування цифрової підстанції в даний час вище, ніж вартість проектування «класичної» підстанції.

Для зниження витрат на проектування необхідно застосовувати типові рішення, обладнання з максимальною заводською готовністю і системи автоматизованого проектування.

Підвищуються вимоги до кваліфікації експлуатаційного персоналу.

Необхідно підвищувати кваліфікацію персоналу, застосовувати системи автоматичного контролю обладнання та використовувати дистанційний моніторинг обладнання.

Дякую за увагу!