

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ЦЕНТР ПЕРЕПІДГОТОВКИ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**БАРАН МИХАЙЛО ЗЕНОВІЙОВИЧ**

УДК 621.311

**РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ  
КОНТРОЛЮ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ  
ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2019

Роботу виконано на кафедрі електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент кафедри електричної інженерії  
**Оробчук Богдан Ярославович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук,  
доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв  
**Коноваленко Ігор Володимирович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 21 грудня 2019 р. о 09<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії № 39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус № 7, ауд. 310

## ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

**Актуальність теми.** Підвищення ефективності економіки є одним із найбільш актуальних питань сучасності, особливо зараз це гостро стосується України. Тільки максимально ефективно використання кожної виробленої *kWh* електричної енергії дозволить забезпечити економічну незалежність і конкурентоспроможність як окремого промислового підприємства, так і країни в цілому. Тобто, гостро стоїть питання енергоефективності. Якщо брати до уваги вирішення даного питання на окремому підприємстві, то необхідно відмітити наступне. В останній час з'явилося багато шляхів застосування автоматизованих систем моніторингу електроенергії як для підвищення ефективності і раціонального використання електричної енергії, так і для контролю параметрів режимів електропостачальних систем промислових підприємств.

Розвиток техніки викликає збільшення споживання енергоресурсів, а з іншого боку - збільшення їх вартості. У цих умовах стає актуальним об'єктивний облік спожитих ресурсів, посилення контролю за їх раціональним використанням, зручність обліку і оплати комунальних послуг і прийняття ефективних заходів щодо попередження їх несанкціонованого відбору.

Дієвим методом виконання зазначених завдань є створення системи, яка відображає у реальному часі поточне споживання електроенергії, води, газу і теплової енергії. Наявність такої інформації дозволяє здійснити регулювання потужності подачі енергоносіїв і, тим самим, зменшити питомі витрати на їх транспортування, своєчасно виявляти і усувати несправності лічильників, визначати спроби розкрадання, контролювати сплату за споживання енергоресурсів абонентами.

Встановлення приладів обліку є важливими методом покращення достовірності процесу обліку. Але прилади обліку, встановлені на місцях, не дають можливості вести запис та опитування поточних показників і тим самим вести контроль роботи, забезпечити одночасне зчитування показників і проводити обробку отриманих даних. У кращому варіанті, можливий лише щотижневий обхід об'єктів обліку з виконанням напівавтоматичного збору накопичених за звітний період даних, що вимагає невиправданих витрат з боку виконавчої організації.

В наслідок цього, стає актуальною реалізація системи, яка створила б умови для об'єднання в локальні вузли обліку, щоб створити єдиний вимірювально-інформаційний простір для одноразового, безперервного, автоматичного контролю над технологічними процесами вироблення, транспортування та споживання енергоресурсів, а також організації комерційних розрахунків між споживачами і постачальниками ресурсів.

Розробка автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії (АСМСЕ) дозволить звести до мінімуму участь людини на етапі вимірювання, збору і обробки даних та забезпечити точний, швидкий і доступний, адаптований до різних тарифних систем обліку електричної енергії.

### **Мета і завдання досліджень.**

**Метою роботи** є розробка концепції створення автоматизованої системи моніторингу режимів електроспоживання на основі збору та аналізу інформації від впроваджених автоматизованих систем обліку електроенергії для вирішення питань підвищення енергоефективності на підприємстві, а також узагальнення усіх можливих напрямків використання систем моніторингу режимів електро-споживання в виробничій діяльності підприємства..

Для досягнення мети поставлені та вирішені такі завдання:

- проведено аналітичний огляд науково-літературних джерел за тематикою досліджуваного об'єкту, надано порівняльну характеристику існуючих систем, вказано їх переваги та недоліки;
- виконано дослідження та аналіз схеми електричних з'єднань головної понижувальної підстанції заводу, побудовано картограму навантажень;
- виконано дослідження та аналіз діючої схема обліку електричної енергії підприємства, розроблено структурну схему автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії;
- розроблено структуру програмного забезпечення автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії головної понижувальної підстанції заводу;
- розроблено систему каналів зв'язку автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії.

**Об'єктом дослідження** є ГПП СП «Тернопільського заводу залізобетонних виробів і будівельних конструкцій» Тернопільського РЕМ міських електричних мереж ВАТ «Тернопільобленерго».

**Предмет дослідження** – шляхи вдосконалення обліку та контролю електричної енергії.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в наступному:

- у самостійно проведеному дослідженні та аналізі схеми електричних з'єднань головної понижувальної підстанції заводу, діючої схеми обліку електричної енергії підприємства та розробці структурної схему автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії;
- у запропонованій структурі програмного забезпечення автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії головної понижувальної підстанції заводу та розробленій системі каналів зв'язку цієї системи.

**Практичне значення одержаних результатів роботи** полягає в запропонованих шляхах усунення безоблікового споживання електричної енергії виробничим сектором, методах контролю виробничих мереж для виявлення несанкціонованого споживання електричної енергії, розробленій системі збору інформації без втрати точності показників незалежно від кількості споживачів в ньому, впровадження в використовуваних приладах обліку незалежної пам'яті, що запам'ятовує всі несанкціоновані дії, віддалене керування підключенням або відключенням споживачів електроенергії.

### **Апробація.**

Основні положення роботи і її результати доповідалися на XVII міжнародній науково-практичній конференції MicroCAD-2019 «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (травень 2019 р., Харків).

### **Структура роботи.**

Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (24 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 106 сторінок, 6 таблиць, 15 рисунків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: стан розробки наукової проблеми й актуальність, мету і завдання роботи, об'єкт та предмет дослідження, описану наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

У **першому розділі «Аналітична частина»** виконано аналіз сучасних автоматизованих системи контролю та обліку енергоресурсів, розглянуто зарубіжний досвід впровадження АСКОЕ, а також стан впровадження АСКОЕ в Україні.

Сучасні автоматизовані системи контролю та обліку енергоресурсів (АСКОЕ) є масштабними системами, які виконують одночасно вимірювання і облік кількості енергії та енергоресурсів різного роду за територіально розподіленими точками обліку і працюють у реальному часі з подальшим передаванням інформації за ієрархічним рівнем. Особливе значення АСКОЕ має у електроенергетиці.

Однією з найважливіших проблем, що стоять перед енергетикою України, є організація точного і достовірного комерційного обліку електроенергії та потужності на оптовому і роздрібному ринках електроенергії. Впровадження ринкових відносин потребує якісно нових технічних і програмних засобів обліку, систем контролю, передавання та оброблення інформації,

Впровадження автоматизованих систем обліку електроенергії як на загальноринковому, так і регіональному рівнях позитивно впливає на *оптимізацію технологічних витрат електроенергії в електромережах* на транспортування та розподіл електроенергії усіх рівнів напруги, особливо в розподільчих електромережах за рахунок реального обліку переданої електромережами та спожитої електроенергії, перш за все, за рахунок зниження понаднормативної складової витрат електроенергії.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** проведено аналіз останніх досліджень та публікацій за досліджуваною тематикою, досліджено шляхи зменшення витрат електроенергії та її вартості, розроблено заходи щодо забезпечення точності, оперативності та достовірності вимірювальної інформації, запропоновано методика моніторингу та контролю технологічних параметрів режимів електроспоживання.

Інформація в АСМСЕ відображається у вигляді мнемосхем, таблиць, графіків і діаграм. Від зручності роботи операторів автоматизованих робочих місць АСКОЕ залежить ефективність використання даних АСМСЕ, оперативність і правильне управління енергоспоживанням.

Вирівнювання навантаження має велике значення як для зменшення втрат енергії, так і для зменшення оплати за електроенергію. АСМСЕ здатна розраховувати коефіцієнти форми, максимуму, завантаження, а також інші морфометричні характеристики графіків електричних навантажень, запропоновані в роботі. Неможливо досягти зменшення обсягу оплати за електроенергію та зменшення величини електроспоживання без забезпечення точності, оперативності та достовірності вимірювальної інформації та постійного моніторингу та контролю поточних технологічних параметрів режимів електроспоживання на ПП.

Проведений аналіз можливих шляхів застосування інформації від АСМСЕ дозволяє стверджувати, що на промисловому підприємстві можливо і необхідно створення цілісної автоматизованої системи моніторингу режимів *електропостачання/електроспоживання* електричної енергії (а в подальшому і всіх енергоресурсів) для проведення комплексу заходів, направлених на підвищення енергоефективності підприємства в цілому.

Запропоновано використовувати АСМСЕ замість журналів пробігу для визначення часу роботи (пробігу) основного електроустаткування (силових трансформаторів, електродвигунів напругою 6 (10) кВ). Це дозволить розрахувати з більшою точністю втрати енергії в силових трансформаторах та визначити термін проведення ремонту високовольтних або низьковольтних електродвигунів.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** здійснено загальну характеристика досліджуваного підприємства, проведено аналіз системи електропостачання, аналіз поточного стану системи обліку та виконана постановка задачі на проектування.

Електропостачання заводу передбачається від підстанції ВАТ «Тернопіль-обленерго» з двома автотрансформаторами потужністю 240000 кВ·А кожний та напругами 110/35 кВ, що знаходиться на відстані 5 км від підприємства.

На основі аналізу вихідних даних для виконання дослідження - генплану заводу, величини розрахункових навантажень, віддаленості від джерела живлення вибираємо схему з одним приймальним пунктом – ГПП. На підстанції ГПП збір даних споживання електроенергії з приладів обліку виконується автоматично, дані контрольними кабельними лініями приходять в пристрій збору даних (ПЗД), який знаходиться на ГПП, далі каналом зв'язку поступають в серверну ІОЦ заводу, де обробляються в звіті, що відправляються в економічний відділ і відділ головного енергетика (рис. 1).

Збір даних електроспоживання на трансформаторних підстанціях виконується вручну електротехнічним персоналом заводу. Далі інформація у вигляді звітної документації відправляється в економічний відділ і дублюється у відділі головного енергетика.

Розрахунок між СП «Тернопільський ЗЗВІБК» і його структурними комер-

ційними підрозділами здійснюється за показниками приладів обліку, що встановлені у цих підрозділах, і які вони зобов'язані надавати в економічний відділ заводу щомісяця.

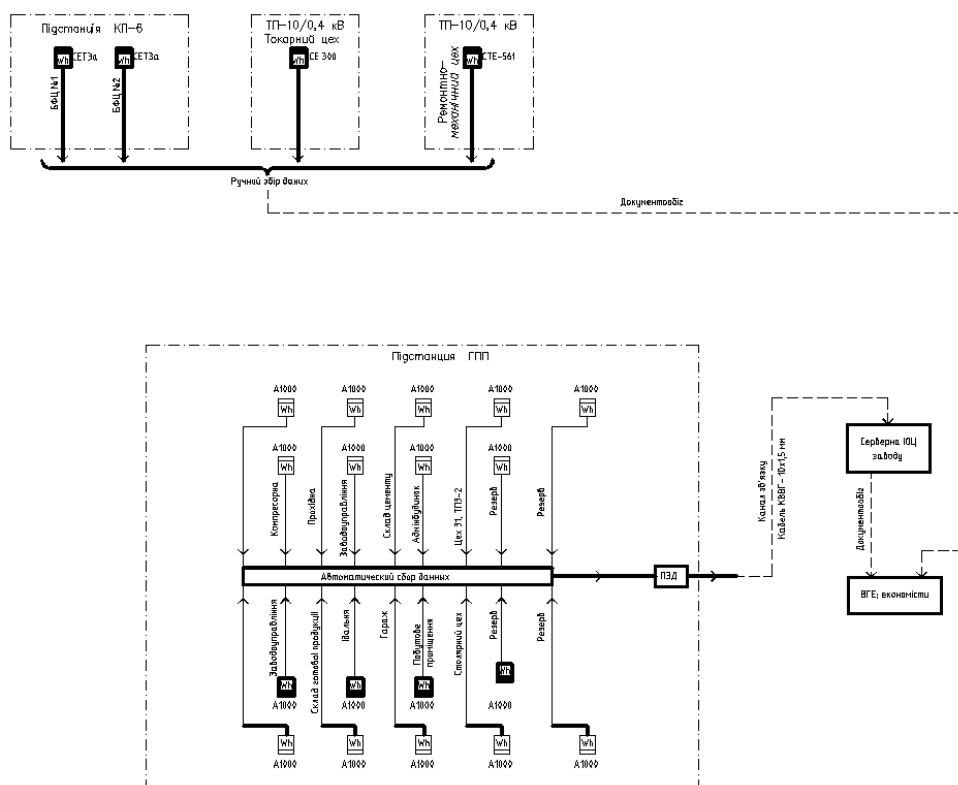


Рисунок 1 – Діюча схема обліку електричної енергії

У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина» проведено аналітичний огляд в області обліку електроенергії на підприємстві, запропоновано технічні рішення щодо модернізації існуючої системи, розроблено принцип будови автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії.

Відповідно до параметрів мережі електропостачання та схеми обліку даних електроспоживання, система буде побудована на технічних засобах, які плавно поєднують в собі прийнятну цінову категорію і необхідні метрологічні характеристики. В якості первинних вимірюваних елементів використані вже існуючі трансформатори струму (ТС) і трансформатори напруги (ТН). Існуючі прилади обліку на ГПП, лічильники А1000 замінюємо на нові, з більш високим класом точності.

Управління електроприводами регулювання напруги під навантаженням (РПН) і батареї статичних конденсаторів (БСК) проводиться автоматично приладами, які обробляють отриману первинну інформацію, приймають рішення про необхідні дії і передають дані на операторський рівень. Лінії зв'язку - провідні (RS-485, RJ-45, телефонний кабель) і бездротові (GSM зв'язок, Інтернет). Інформаційно-вимірювальна система, побудована на таких принципах, вже зарекомендувала себе як високонадійна і економічно доцільна.

Структурна схема розробленої автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії представлена на рис. 2.

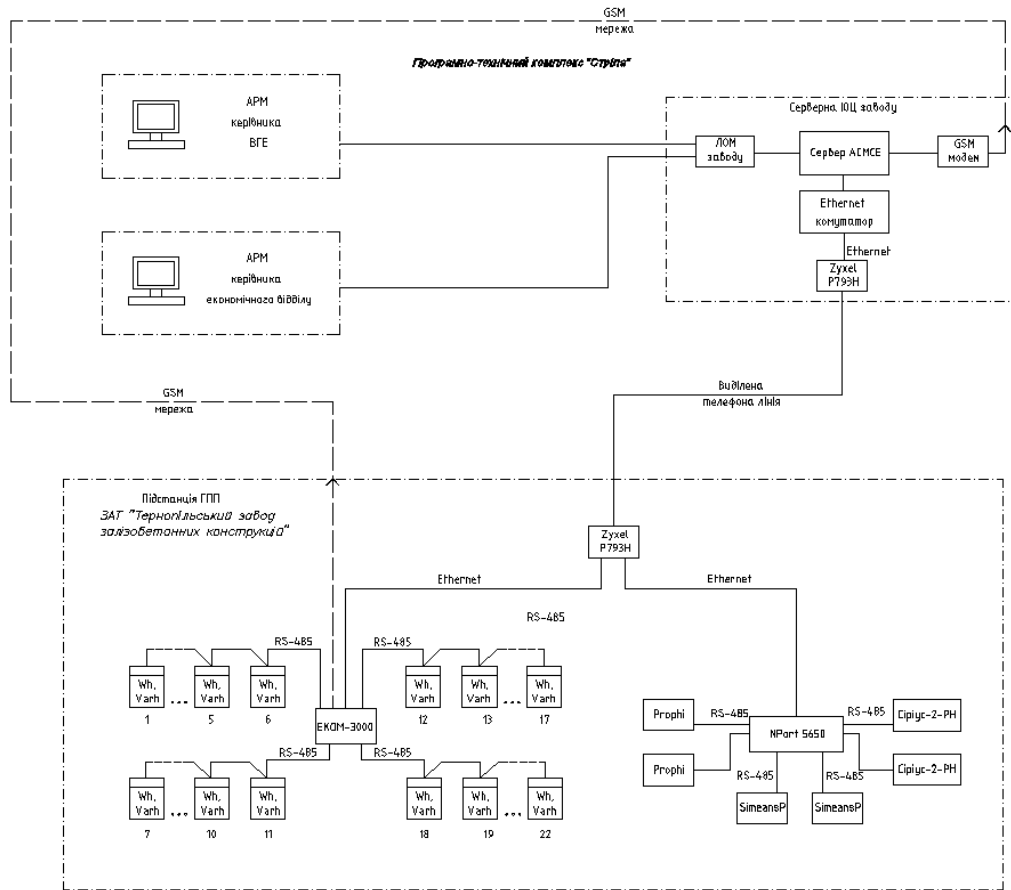


Рисунок 2 - Структурна схема АСМСЕ

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» виконано вибір технічного обладнання автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії, розроблено систему електроживлення і захист устаткування цієї системи, приведено розгорнуту характеристику програмного забезпечення та розроблено функціональну структуру АСМСЕ.

Відповідно до проектованої АСМСЕ ГПП СП «Тернопільський ЗЗВІБК» до складу програмного забезпечення цієї системи входять: програмне забезпечення інформаційно-вимірювального комплексу і інформаційно-обчислювального комплексу електроустановки.

Інформаційні потоки обліку і контролю організовані за допомогою використання лічильників, ПЗПД і SQL-сервера. ПЗПД періодично опитують лічильники і прилади контролю електроенергії, аналізують отриману інформацію на достовірність, контролюють справність каналів зв'язку і передають отримані дані в ІВК. ІВК веде розрахунок, накопичення і зберігання в архівах даних сумарних і середніх значень параметрів, формування різного типу архівів і їх незалежне зберігання з прив'язкою до реального часу, передачу інформації SQL-серверу баз даних АСМСЕ. За запитом з АРМ «Енергія» SQL-сервер передає інформацію про показники енергоспоживання і стан об'єкта в запитуваних резервах. Схема каналів зв'язку АСМСЕ представлена на рис. 3.



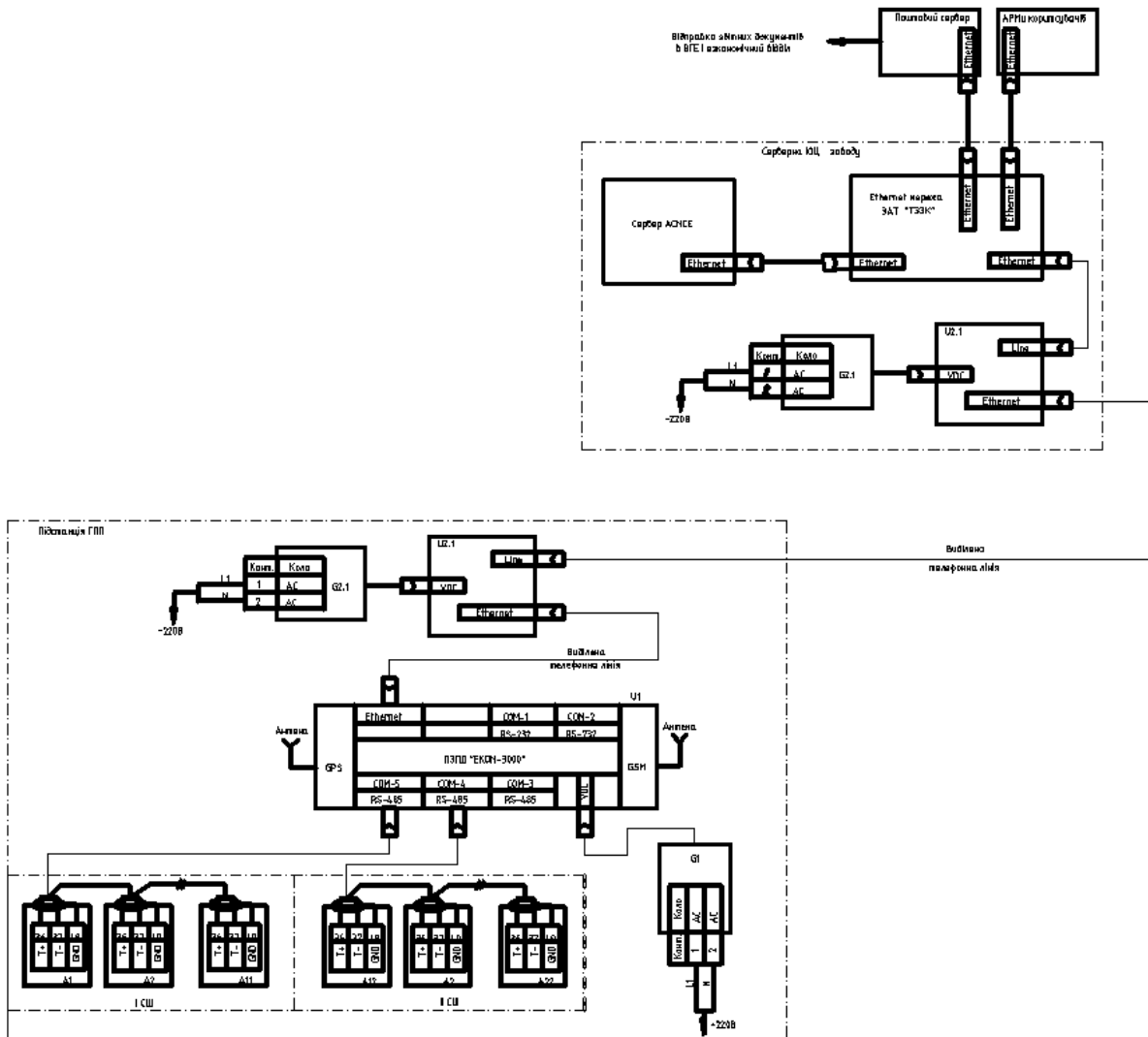


Рисунок 3 - Система каналів зв'язку АСМСЕ

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» розглянуто техніко-економічне обґрунтування впровадження автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії, проведено розрахунок можливої економії від впровадження запропонованої системи автоматизації, розраховані показники ефективності проекту.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розроблено заходи щодо забезпечення охорони праці при експлуатації АСМСЕ, виконано аналіз умов праці обслуговуючого персоналу, запропоновано заходи безпеки під час монтажу електрообладнання та апаратури обліку і вимірювання, виконано розрахунок комплексу запасних частин, інструментів, приладів.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто методи регенерації трансформаторної оливи, методи визначення якості та обсягу забруднень та запропоновано Заходи щодо захисту від дії електромагнітного поля.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розглянута задача проектування автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії на ПС ГПП «Тернопільського заводу залізобетонних виробів і будівельних конструкцій». Заходи по збору навантажень комерційних підрозділів на окрему підстанцію ГПП заводу і виконання автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії на даній підстанції забезпечать:

- можливість відстеження споживання електроенергії кожним комерційним підрозділом;
- енергозбереження на заводі;
- гарантоване поступлення оплати за всю споживану електроенергію комерційними підрозділами;
- можливість відключення від джерела електропостачання окремо взятого споживача (у випадках, передбачених договором);
- регулювання графіка навантажень енергосистеми;
- виконання тарифного регулювання;
- виявлення втрат і нерациональної витрати електроенергії;
- скорочення неврахованого електроспоживання;
- припинення навмисного безоблікового електроспоживання;
- контроль якості електроенергії;
- скорочення витрат на оплату праці персоналу, що виконує збір та обробку даних комерційного обліку.

У поєднанні комплекс запропонованих заходів дозволяє створити точну, «юридично» узгоджену автоматизовану систему з можливістю роботи, як на оптових ринках, так і на роздрібних.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Баран М.З. Комплексний лабораторний стенд на базі програмованого логічного контролера. XVII міжнародна науково-практична конференція MicroCAD-2019 «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», (Харків, травень 2019.) // М-во освіти і науки України, Харківський національний технічний університет [та ін]. – Харків: ХНТУ, 2019. – Т. 2, с. 101.

## АНОТАЦІЯ

**Баран М.З. Розробка автоматизованої системи контролю енергоспоживання промислового підприємства, 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Центр перепідготовки та післядипломної освіти. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕд-2. – Тернопіль: ТНТУ, 2019**

Стор. - 106; рис. - 15; табл. - 6; плакатів - 6; джерел – 46.

Дипломна робота присвячена проектуванню автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії на ПС ГПП «Тернопільського заводу залізобетонних виробів і будівельних конструкцій».

В роботі розглянуто шляхи зменшення витрат електроенергії та її вартості, проаналізовано заходи щодо забезпечення точності, оперативності та достовірності вимірної інформації, запропонована методика проведення моніторингу та контролю технологічних параметрів режимів електроспоживання. З цією метою розроблено технічні рішення щодо модернізації існуючої системи електроспоживання та запропоновано принцип побудови автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії, спроектовано систему електроживлення і захисту устаткування побудованої системи. В Спеціальній частині дипломної роботи приведено характеристику програмного забезпечення і функціональну структуру автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії.

**Ключові слова:** автоматизована система моніторингу споживання електроенергії; режим електроспоживання; система електропостачання; облік електроенергії; функціональна структура.

## ANNOTATION

**Baran M. Development of an automated control system for energy consumption of an industrial enterprise.** 141 - Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Center for retraining and postgraduate education. Chair of Electrical Engineering, group ЕЕд-2. – Ternopil: TNTU, 2019

Page – 106; Illustrations – 15; Tables – 6; Blueprints – 6; Sources – 46

In the diploma paper the results to the design of an automated system for monitoring electricity consumption at the substation of the main lowering substation of the enterprise of the Ternopil plant of reinforced concrete products and building structures.

The ways of reducing electricity costs and its cost are considered in the paper, the measures for ensuring the accuracy, efficiency and reliability of measurement information are analyzed, the method of monitoring and control of technological parameters of power consumption modes is proposed. To this end technical solutions for the modernization of the existing power consumption system were developed and the principle of building an automated system for monitoring electricity consumption was proposed, the system of power supply and protection of the equipment of the constructed system was designed. The Special part of the diploma paper presents the characteristics of the software and the functional structure of the automated system for monitoring electricity consumption.

**Key words:** automated system for monitoring electricity consumption; power consumption mode; loss of electricity; power supply system; electricity accounting; functional structure.