

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**ШЕРБАТЮК ВЛАДИСЛАВ РОМАНОВИЧ**

УДК 621.311

**РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО  
ПІДПРИЄМСТВА З ТЕХНОЛОГІЧНИМ ВПЛИВОМ  
НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

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:** доктор технічних наук, професор, професор кафедри електричної інженерії  
**Євтух Петро Сильвестрович**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв  
**Козак Катерина Миколаївна**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 27 грудня 2019 року о 9<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46018, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус №7, ауд. 310.

## ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

**Актуальність теми.** У зв'язку з розвитком ринкових відносин в енергетиці України проблема забезпечення якості електричної енергії (ЯЕ) стає більш гострою і актуальною. Особливої уваги потребує вирішення цього питання для промислових підприємств, оскільки для них характерна наявність значної кількості обладнання, на роботу якого істотно впливає ЯЕ. Для обґрунтування заходів щодо забезпечення необхідного рівня ЯЕ необхідна інформація про показники ЯЕ в досліджуваній точці мережі, а також їх вплив на роботу споживачів.

Дослідження останніх років показали, що ЯЕ в електричних мережах часто не відповідає вимогам ГОСТ 13109-97 та ДСТУ 3466-96, що призводить до негативних наслідків: збільшення втрат електроенергії, скорочення терміну служби електрообладнання, порушення технологічного процесу, погіршення роботи приладів обліку електроенергії і т. ін.

В той же час недостатньо уваги приділено питанням обліку комплексного впливу всіх показників ЯЕ на роботу електроприймачів, а також ступеня впливу складових економічного збитку на роботу електроприймачів промислових підприємств.

Зниження якості спожитої електроенергії кількісно можна виразити у вигляді економічних збитків, при визначенні яких слід враховувати, що шкода є результатом спільного впливу всіх показників ЯЕ на роботу електрообладнання, крім того її визначення носить наближений характер і призначене для попередніх розрахунків економічної доцільності застосування заходів щодо підвищення ЯЕ.

Тому, актуальною як для промислових підприємств, так і для країни в цілому залишається проблема виявлення факторів, що найбільше впливають на якість електроенергії та розробка інструментарію і заходів для усунення невідповідностей показників ЯЕ.

Виходячи з цього, при модернізації системи електропостачання необхідно приділити особливу увагу надійному та безперебійному забезпеченню споживачів електроенергією відповідної якості згідно встановлених вимог.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дипломної роботи є модернізація схеми електропостачання підприємства з технологією інструментально-зварювального виробництва, яка забезпечить покращення рівня якості електроенергії та відповідатиме вимогам з енергоефективності, а також проведення аналізу стану електромережі підприємства для розроблення технічних і організаційних заходів щодо нейтралізації впливу коливань напруги та вищих гармонійних складових мережі живлення, генерованих технологічним устаткуванням.

Поставлена в дипломній роботі мета вимагає вирішення таких задач:

- аналіз заходів, які використовуються на сучасних підприємствах для підвищення якості електроенергії та зменшення її втрат;
- аналіз впливу несинусоїдності напруги на електроустаткування інструментально-зварювального виробництва і методів розрахунку струмів вищих гармонік;

- аналіз математичних моделей термічної стійкості, навантажувальної здатності та надійності електрообладнання при наявності вищих гармонік в електромережі підприємства;
- аналіз ефективності схемо–технічних рішень покращення якості електроенергії для зменшення її втрат в системах електропостачання;
- вибір схеми електропостачання та розрахунок навантажень електроспоживачів підприємства;
- розрахунок силової та освітлювальної електромережі й вибір потужності трансформаторів;
- розрахунок струмів к. з. та вибір високовольтного й низьковольтного електрообладнання, а також оптимального січення кабельно–провідникової продукції;
- вибір та перевірка сучасного комутаційного обладнання за умовами термічної та електродинамічної стійкості;
- розроблення заходів щодо підвищення енергоефективності підприємства з технологією інструментально–зварювального виробництва й зниження втрат електроенергії та потужності в електромережі підприємства.

**Об’єкт дослідження** - процес підвищення якості електроенергії та зменшення її втрат в електромережах промислових підприємств.

**Предмет дослідження** - показники ефективності роботи технологічного електрообладнання в умовах дії коливань напруги та наявності вищих гармонік електричної мережі.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

- Дістало подальший розвиток дослідження факторів, що найбільше впливають на якість електроенергії в мережах промислових підприємств з технологічним устаткуванням різної інтенсивності дії на електромережу.
- Дістало подальший розвиток дослідження заходів зменшення втрат електроенергії шляхом впровадження ефективних схемо–технічних рішень компенсації вищих гармонік й реактивної потужності в електромережі підприємства.
- Дістало подальший розвиток дослідження математичної моделі для визначення терміну служби ізоляції та надійності асинхронних електродвигунів, які враховують наявність вищих гармонік в мережі живлення.

**Практичне значення отриманих результатів.** Представлені математичні моделі можуть бути використані для оцінки впливу несинусоїдності напруги на термін служби ізоляції і навантажувальні характеристики асинхронних електродвигунів.

Подане схемо–технічне рішення електромережі з компенсацією реактивної потужності та фільтрокомпенсуючими пристроями для фільтрації виявлених гармонічних складових сприятиме підвищенню якості електроенергії в умовах дії інтенсивних чинників технологічного устаткування і дозволить суттєво підвищити енергоефективність виробництва.

**Апробація.** Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VIII-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих

учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (47 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 126 стор., 33 табл., 18 рис.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** подано загальну характеристику роботи та визначені задачі дослідження.

У **першому розділі «Аналітична частина»** проведено стислий аналіз проблематики погіршення якості електроенергії внаслідок дії технологічних чинників на промислових підприємствах. Проаналізовані фактори нанесення економічних збитків при експлуатації електромереж з низькою якістю електроенергії. Подані особливості системи електропостачання інструментально–зварювального виробництва підприємства.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** проведено дослідження електромереж промислових підприємств з впливом технологічного устаткування на показники якості електроенергії, а також зворотний вплив спотворення і коливань напруги електромережі на їх роботу. Досліджені особливості використання фільтро–компенсувальних пристроїв в електромережах з різкозмінним навантаженням та особливості розрахунку вищих гармонік в електромережах підприємств.

У **третьому розділі «Технологічна частина»** здійснено вибір схеми електропостачання інструментально–зварювального виробництва. Проведений розрахунок електричних навантажень та їх центрів, освітлення виробничої площі, потужності розподільних пристроїв та навантаження силового трансформатора; вибір марки і перерізу струмовідних частин та захисної апаратури електромережі, а також компенсуючих пристроїв реактивної потужності та фільтро–компенсуючих пристроїв вищих гармонік.

У **четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** проведений розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора. Здійснений вибір захисної апаратури електромережі підприємства та основного електрообладнання підстанції і низьковольтної мережі, а також релейного захисту трансформаторів підстанції; перевірені струмовідні частини на термічну стійкість.

У **п'ятому розділі «Спеціальна частина»** проаналізований вплив технологічних агрегатів на якість електроенергії у мережі промислового підприємства. Досліджені спектри вищих гармонік та спотворення напруги при роботі потужних випрямлячів. Досліджено порівняльні характеристики впливу зварювальних установок різних типів на коливання і гармонійний склад електромережі.

У **шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** подано обґрунтування вартості розробки і реалізації проекту системи електропостачання, а також витрат на її експлуатацію.

У **сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних**

**ситуаціях»** проведений аналіз заходів з електробезпеки на виробництві, а також розроблені заходи щодо підвищення пожежобезпеки. Досліджена стійкість підприємства в умовах дії надзвичайних факторів.

**У восьмому розділі «Екологія»** проведений аналіз екологічних проблем та розглянуті заходи зменшення впливу інструментально–зварювального виробництва на природне середовище.

## **ВИСНОВКИ**

В дипломній роботі розроблені заходи підвищення ефективності та модернізації системи електропостачання інструментально–зварювального виробництва світлотехнічного підприємства з технологічним впливом на якість електроенергії для забезпечення надійності її постачання та підтримання нормативних показників якості.

Отримані такі результати:

1. Розробка заходів підвищення ефективності системи електропостачання технологічного устаткування підприємства є одним з пріоритетів його економічного розвитку, засобом виживання на конкурентних ринках з продукцією світлотехнічного спрямування.

2. Проаналізовано вплив технологічного устаткування на якість електроенергії в мережі підприємства та заходи, що зумовляють зниження втрат електроенергії, сировини, готової продукції, вихід з ладу електрообладнання.

3. Досліджена практична можливість застосування на прикладі системи електропостачання інструментально–зварювального виробництва фільтро–компенсуючих пристроїв, налаштованих на проаналізований склад гармонічних складових напруги електромережі.

4. Проведено дослідження впливу вищих гармонік електромережі на навантажувальні характеристики асинхронних електродвигунів для визначення додаткових втрат, пов'язаних з несинусоїдністю напруги.

5. Досліджена математична модель термічної стійкості і терміну служби ізоляції асинхронного електродвигуна в залежності від режиму його навантаження при наявності коливань напруги та струмів вищих гармонічних складових електромережі.

6. Проаналізований вплив зварювальних установок різних типів й в різних режимах роботи на спотворення форми кривої струму в електромережі. Отримана залежність кількості гармонійних складових струму, що генерують зварювальні установки, від типу використаного напівпровідникового перетворювача.

7. Проведений розрахунок та вибір установок компенсації реактивної потужності. Основна кількість реактивної потужності скомпенсовується двома установками на стороні 0,4 кВ.

8. Проведений розрахунок струмів короткого замикання в мережі вищої напруги 10 кВ та максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора в мережі 0,4 кВ. Аналіз розрахунків підтвердив, що автоматичні вимикачі вибраного типу на всіх рівнях досліджуваної електромережі витримують дію ударних струмів к. з.

9. Проведений розрахунок і вибір високовольтного і низьковольтного електрообладнання на підстанції електроживлення технологічних установок даного виробництва. Перевірена термічна стійкість кабельної лінії, що живить електрообладнання виробничого комплексу від трансформаторної підстанції.

10. Проведений вибір схеми електропостачання розподільних пристроїв даного виробництва. На основі розрахунку електричних навантажень електроприймачів здійснено вибір центру живлення.

11. Проведений розрахунок освітлювальної мережі виробничих потужностей дільниць. Зважаючи на деяку загазованість випарами від зварювального виробництва, світильники внутрішньої установки вибрані з класом захисту IP 34.

12. Проведений розрахунок режимів роботи та вибір комутаційної апаратури схеми живлення електроприймачів виробництва, а також високовольтних кабелів схеми живлення трансформаторної підстанції.

Модернізована система електропостачання інструментально-зварювального виробництва підприємства з технологією світлотехнічної продукції відповідає усім вимогам щодо надійності та забезпечення безпеки персоналу й екології довкілля.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Євтух П. С. Сучасні методи діагностування якості електроенергії та покращення її показників / П. С. Євтух, О. О. Вакуленко, В. Р. Щербатюк // Матеріали VIII МНТК молодих учених та студентів ТНТУ «Актуальні задачі сучасних технологій» (27–28 листопада 2019 р., Тернопіль) : Зб. тез доп. Т. 3. – Тернопіль, 2019. – С. 20–21.

## **АНОТАЦІЯ**

**Щербатюк В. Р.** Розробка заходів підвищення ефективності системи електропостачання промислового підприємства з технологічним впливом на якість електроенергії. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроенергетики. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕМ–61. - Тернопіль : ТНТУ, 2019.

Стор. - 126; рис. - 18; табл. - 33; креслень - 6; джерел - 47; додатків - .

У дипломній роботі проведено модернізацію системи електропостачання підприємства з технологією інструментально-зварювального виробництва для вирішення завдання підвищення якості електроенергії та надійності електропостачання споживачів.

Розроблені заходи щодо створення умов для високоефективної й безперебійної роботи технологічних установок з пристроями для компенсування реактивної потужності та фільтрокомпенсуючими пристроями, налаштованими на нейтралізацію діючих в електромережі вищих гармонійних складових електроенергії.

Досліджена математична модель для визначення термічної стійкості і

терміну служби ізоляції асинхронного електродвигуна в залежності від режиму його навантаження при наявності спотворень напруги живлення.

Виконаний розрахунок електричних навантажень, внесені конструктивні зміни в діючу електричну схему живлення електроспоживачів, вибрані ефективні перерізи кабельно-провідникової продукції, виконаний розрахунок струмів к. з.

Ключові слова: електрична мережа, якість електроенергії, модель термічної стійкості, схемо-технічні рішення.

## ANNOTATION

**Shcherbatiuk V.** Development of measures to improve the efficiency of the power supply system of an industrial enterprise with technological impact on the quality of electricity. 141 - Electrical Power Engineering, Electrical Engineering, Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Faculty of Information Technologies and Electrical Engineering. Chair of Electrical Engineering, group EEm-61. - Ternopil : TNTU, 2019.

Pages - 126; Illustrations - 18; Tables - 33; Drawings - 6; Sources - 47; Applications -.

In this diploma paper the modernization of the enterprise power supply system with the technology of tool and welding production to solve the problem of improving the quality of electricity and reliability of power supply to consumers are carried out,

The measures to create the conditions for high-efficiency and uninterrupted operation of technological installations with reactive power compensation devices and filter compensators, which are configured to neutralize the higher harmonic components of electricity in the electrical network, are developed.

A mathematical model for determining the thermal stability and service life of an asynchronous motor, depending on the mode of its load at the presence of distortions of the supply voltage is researched.

The calculation of electrical loads is executed, the design changes in the current electrical scheme of power consumers are made, effective cross-sections of cable-conductor products are selected, the calculation of short-circuit currents is executed.

Keywords: electric network, quality of electricity, term stability model, scheme-technical solutions.