МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

**МУШИНСЬКИЙ ЮРІЙ МИХАЙЛОВИЧ**

УДК621.317.353

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛИВАНЬ НАПРУГИ**

**ТА НАЯВНОСТІ ВИЩИХ ГАРМОНІК**

**МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ТОВ «ОСП КОРПОРАЦІЯ ВАТРА»**

8.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2017

Роботу виконано на кафедрі систем електроспоживання та комп’ютерних технологій в електроенергетиці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя міністерства освіти і науки України.

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем електроспоживання та комп’ютерних технологій в електроенергетиці

**Євтух Петро Сильвестрович**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри світлотехніки та електротехніки

**Мовчан Леонід Тимофійович**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 22 лютого 2017 року о 1400 годині на засіданні екзаменаційної комісії №40 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.** На сьогодні в діючих системах електропостачання можна констатувати широке використання електроустаткування, яке несприятливо впливає на показники якості електроенергії живлячої мережі, що в свою чергу призводить до виникнення додаткових втрат електроенергії і збільшення фінансових затрат.

Проблема підвищення енергоефективності та надійності роботи систем електропостачання вимагає розробки нових підходів до створення, вдосконалення та експлуатації різноманітних типів перетворювачів електричної енергії, що є елементами системи електропостачання. Ці елементи в зв’язку з нелінійністю своїх характеристик зумовлюють наявність у системах вищих гармонічних складових у спектрі струму та напруги, а також спричиняють коливання напруги та неврівноваженість багатофазних сигналів.

До основних споживачів інструментально-зварювального виробництва відносяться зварювальні апарати з вентильними, трансформаторними інверторними та тиристорним перетворювачами. Окрім зварювальних установок до складу споживачів виробництва входять асинхронні двигуни приводів пресів, верстатів обробки металу, кран-балок, освітлювальне навантаження.

Зварювальні випрямлячі чинять негативний вплив на роботу іншого електроустаткування, спричиняють коливання напруги, створюють безперервні по спектру частот гармонійні складові та чинять істотний вплив на спотворення кривих напруги і струму. Тривалість кожного процесу варіюється від однієї до декількох секунд залежно від типу і режиму роботи зварювального апарату.

Можна зробити висновок, що зварювальні агрегати є електроприймачами з нелінійними характеристиками.

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

**Мета і завдання дослідження.** Метою дипломної роботи є покращення якості електричної енергії у внутрішньоцеховій мережі електропостачання інструментально-зварювального виробництва шляхом впровадження технічних та організаційних заходів щодо нейтралізації впливу коливань напруги та вищих гармонійних складових мережі живлення, генерованих зварювальним устаткуванням на інше електрообладнання.

Відповідно до вказаної мети розв’язувались такі завдання:

* провести аналіз впливу несинусоїдності напруги на електроустаткування інструментально-зварювального виробництва і методів розрахунку струмів вищих гармонік;
* провести аналіз математичних моделей термічної стійкості танадійності асинхронних двигунів при наявності вищих гармонік в мережі їх живлення;
* провести розрахунки електричних навантажень інструментально-зварювального виробництва з обґрунтуванням вибору числа та потужності силових трансформаторів, типу і кількості компенсуючих конденсаторних установок та розподільних пристроїв;
* провести розрахунки елементів розподільної мережі виробництва, вибір комутаційних апаратів та пристроїв захисту системи електропостачання;
* провести дослідження та аналіз впливу зварювальних агрегатів різних типів та в різних режимах роботи на коливання напруги, синусоїдність форми кривої струму і напруги мережі живлення.

**Об’єкт дослідження** – режими процесів електроспоживання.

**Предмет дослідження** – показники ефективності роботи асинхронних електродвигунів технологічного устаткування в умовах дії коливань напруги та наявності вищих гармонік електричної мережі.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

Сформовані математичні моделі для визначення параметрів терміну служби ізоляції та надійності асинхронних двигунів, 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 надійність асинхронних двигунів потужністю (0,5 … 250) кВт, а також дозволяють визначити необхідне зниження навантаження на валу асинхронних електродвигунів при змінах інтенсивності коливань і спектру вищих гармонік напруги, щоб забезпечити необхідний рівень їх надійності.

**Апробація.**

Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на V-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (17-18 листопада 2016 року), Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (36 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 132 сторінки, 27 таблиць, 7 діаграм, 16 рисунків.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

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

**У першому розділі «Аналітична частина»** розглянуті проблеми систем електропостачання, проаналізовано параметри якості електроенергії та їх вплив на різні типи споживачів. Досліджено особливості системи електропостачання інструментально - зварювального виробництва.

З аналізу параметрів якості електроенергії випливає, що, наприклад, відхилення частоти залежить від живлячої системи; коливання частоти, несинусоїдність форми кривої напруги, коливання напруги, несиметрія напруги, зміщення нейтралі викликаються роботою окремих приймачів електричної енергії. Параметри якості електроенергії повинні знаходитися в допустимих межах, інакше потрібне проведення відповідних заходів по нормалізації їх стану.

Особливістю інструментально-зварювального виробництва є те, що технологічне обладнання вимагає надійного та безперебійного забезпечення електроенергією з найменшою подачею вищих гармонік у мережу. Для того, щоб згладити криву напруги і струми застосовують компенсуючі пристрої, встановлюють конденсаторні батареї та згладжувальні реактори.

**У другому розділі «Науково-дослідна частина»** досліджено вплив несинусоїдності напруги на електроустаткування. Вищі гармоніки напруги і струму несприятливо впливають на електроустаткування, створюючи додаткові втрати в трансформаторах і мережах, скорочуючи термін служби ізоляції електричних машин і апаратів, підвищуючи аварійність в кабельних мережах, викликаючи збої в роботі систем релейного захисту, автоматики, телемеханіки і зв'язку.

Представлені математичні моделі, які дозволяють визначити надійність асинхронних двигунів і додаткове перегрівання обмоток, зумовлене несинусоїдністю живлячої напруги, що дозволяє оцінити тривалість служби ізоляції.

Приведено методи розрахунку вищих гармонік в електромережах споживачів, які зводяться до визначення струмів вищих гармонік, що генеруються, різноманітними джерелами, та обчислення коефіцієнта несинусоїдності напруги з врахуванням опорів ланок мережі електроживлення, які піддаються дії вищих гармонік.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** проведено аналіз виробничого обладнання, його розміщення та потужності, на основі чого проведено розрахунки силового та освітлювального навантаження розподільчих пунктів і шинопроводів дільниць виробництва.

Проведено вибір потужності і місця розташування цехової трансформаторної підстанції. Обрано однотрансформаторну підстанцію з трансформатором типу ТМФ 1000/10 з можливістю резерву на низькій стороні.

Для компенсації реактивної потужності вибрано дві конденсаторні установки типу УКРП-0,4-320-20УЗ потужністю 320 кВАр.

З врахуванням значень нормованої освітленості для кожного з типів приміщень і їх характеристик проведно розрахунок, вибір та розміщення освітлювальних установок.

Оскільки зварювальні агрегати є джерелами вищих гармонік, що негативно впливають на інше устаткування виробництва, розглянуто заходи з обмеження рівня вищих гармонік в електромережах підприємства та у відповідності до домінуючих гармонійних складових електромережі проведено розрахунок параметрів налаштування фільтрів вищих гармонік.

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** проведені розрахунки, вибір та перевірка провідників і кабелів розподільчої мережі виробництва.

Проведено розрахунок струмів короткого замикання в найбільш віддалених точках електромережі.

Здійснено вибір комутаційних апаратів, засобів автоматики, захисту електричного обладнання 0,4 кВ та цехового трансформатора на стороні 0,4кВ й 10 кВ.

**У п’ятому розділі «Спеціальна частина»** проведено дослідження та аналіз впливу зварювальних агрегатів на гармонійний спектр форми кривої струму та напруги мережі живлення. У кривих струму зварювальних випрямлячів рівні 5-ї і 7-ї гармонік струму є нестабільними. Незначні зміни умов горіння дуги можуть вести до збільшення або зменшенню струмів 5-ї і 7-ї гармонік у декілька разів. Також в полігармонічному сигналі є вищі гармоніки парних порядків і кратні трьом. Головною причиною їх появи є розкид кутів запалення груп вентилів, який зумовлений розкидом і нестабільністю характеристик окремих вентилів.

Отримано і проаналізовано експериментальні дані за показниками якості електричної енергії мережі живлення зварювальних апаратів різних типів та при різних режимах роботи. При використанні однофазних зварювальних апаратів в мережі присутні всі непарні гармоніки від 3-ї до 25-ї включно. Трифазний зварювальний апарат генерує гармоніки від 3-ї до 21-ї на усіх трьох фазах, особливо виділяється 9-а гармоніка, яка перевищує нормально допустиме значення.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проведені розрахунки економічного обґрунтування доцільності модернізації інструментально-зварювального виробництва.

Проведені техніко-економічні розрахунки: визначення вартості розробки проекту, розрахунок чисельності обслуговуючого персоналу, розрахунок річного фонду заробітної плати працівників, визначення витрат на експлуатацію системи електропостачання.

**У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** запропоновані заходи, що забезпечують вирішення питань гасіння пожеж на електроустановках інструментально-зварювального виробництва.

Запропоновані заходи щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій на виробництві.

**У восьмому розділі «Екологія»** запропоновані заходи забезпечення екологічної безпеки для інструментально-зварювального виробництва.

Проведено розробку заходів щодо запобігання забруднення навколишнього середовища при електрозварюванні.

**ВИСНОВКИ**

У дипломній роботі проведено модернізацію системи електропостачання інструментально-зварювального виробництва з метою забезпечення надійного та безперебійного живлення всіх його споживачів електроенергією нормованої якості і отримано такі результати:

1. Проведені розрахунки силового та освітлювального навантаження інструментально-зварювального виробництва з встановленням розподільних пунктів й здійснено вибір перерізу кабелів і шинопроводів живильної та розподільчої електромережі з врахуванням захисту для забезпечення надійної роботи електричного обладнання.

2. Проведені розрахунки та обґрунтовано встановлення однотрансформаторної цехової підстанції 1000/10 кВ для живлення електроприймачів інструментально-зварювального виробництва й здійснено вибір компенсуючих установок реактивної потужності.

3. Проведені розрахунки струмів короткого замикання й здійснено вибір комутаційного обладнання для захисту електричного обладнання 0,4 кВ та цехового трансформатора на стороні 0,4кВ і 10 кВ.

4. Проведено аналіз режимів роботи електроустаткування виробництва й досліджено його вплив на параметри коливань напруги та наявності вищих гармонік напруги і струму живлячої мережі.

5. Розглянуто особливості розрахунку вищих гармонік в електромережі споживачів різних типів, отримані значення коефіцієнтів спотворення кривої напруги та присутніх струмів вищих гармонік мережі.

6. Проведено дослідження впливу вищих гармонійних складових на асинхронні двигуни, що дозволило визначити додаткові втрати в мережі з несинусоїдною напругою.

7. Сформована математична модель для визначення термічної стійкості і терміну служби ізоляції асинхронного двигуна в залежності від режиму роботи при наявності коливань напруги та впливі струмів вищих гармонік мережі.

8. Сформовано математичну модель надійності асинхронних двигунів при наявності вищих гармонік в мережі їх живлення, щодозволить оцінити вплив коефіцієнта несинусоїдності напруги на надійність АД потужністю 0,5-250 кВт.

За допомогою отриманих моделей можна визначити ступінь необхідного зниження навантаження на двигун при змінах спектру гармонійних складових напруги, щоб забезпечити його надійну та безперебійну роботу.

9. Проведено дослідження та аналіз впливу зварювальних агрегатів різних типів та різних режимів їх роботи на коливання напруги і синусоїдність форми кривої струму й напруги мережі живлення. Отримано залежність ширини спектру вищих гармонік струму, що генерують зварювальні агрегати відповідно типу використаного перетворювача.

**Перелік посилань.**

1. Мушинський Ю.М. Дослідження впливу коливань напруги та наявності вищих гармонік в мережі електропостачання інструментально–зварювального виробництва / Ю.М. Мушинський // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листопада 2016). М-во освіти і науки України, Терн. нац. тех. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – С. 179.

АНОТАЦІЯ

**Мушинський Ю.М. Дослідження впливу коливань напруги та наявності вищих гармонік в мережі електропостачання інструментально–зварювального виробництва ТОВ «ОСП Корпорація Ватра»,** 8.05070103 – електротехнічні системи електроспоживання; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; Тернопіль, 2017.

У дипломній роботі проведено модернізацію системи електропостачання інструментально–зварювального виробництва з метою підвищення її надійності й проведений аналіз умов забезпечення ефективного функціонування технологічного устаткування ділянок виробництва при наявності коливань напруги та несинусоїдності електромережі.

Проведено аналіз впливу несинусоїдності напруги на електроустаткування інструментально-зварювального виробництва і методів розрахунку струмів вищих гармонік.

Досліджено математичні моделі термічної стійкості танадійності асинхронних двигунів при наявності вищих гармонік в мережі їх живлення.

Проведені розрахунки електричних навантажень інструментально-зварювального виробництва з обґрунтуванням вибору числа та потужності силових трансформаторів, типу і кількості компенсуючих конденсаторних установок й розподільних пристроїв.

Проведені розрахунки елементів розподільної мережі виробництва, вибір комутаційних апаратів та пристроїв захисту системи електропостачання.

Проведено дослідження та аналіз впливу зварювальних агрегатів різних типів й різних режимів їх роботи на синусоїдність форми кривої струму та напруги мережі живлення.

**Ключові слова:** система електропостачання, якість електроенергії, математична модель, зварювальні апарати, асинхронні електродвигуни.

**ANNOTATION**

**Mushynskyi Yu.M.** The influence research of voltage fluctuations and availability higher harmonics in electricity networks of "OSP Vatra Corporation " Ltd. instrumental-welding production**,** 8.05070103 – Electrotechnical Systems of Electricity Consumption; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2017.

Тhe modernize of electricity system instrumental and welding production in order to improve its reliability is conducted. The analysis of conditions for effective functioning of the process equipment production sites in the presence of voltage fluctuations and nonsinusoidality of electricity system is carried out.

The analysis of impact voltage nonsinusoidality to the electrical equipment of instrumental and welding production and methods for calculating the current of higher harmonics is performed.

The mathematical models of thermal stability and reliability of induction motors at presence of higher harmonics in the electrical network supply is researched.

The сalculation of instrumental and welding production electrical loads with substantiation selection number and capacity of power transformers, type and quantity of compensating condenser installations and switchgear are conducted.

The сalculations of the distribution network elements of production, selection of switching devices and electrical system protection devices is realized.

Research and analysis of the impact of different types of welding units and different modes of operation to sinusoidality of waveform current and voltage supply is carried out.

**Keywords:** electricity supply system, quality of electric power, mathematical model, welding devices, induction motors.