МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

**ШЛАПАК ДМИТРО АНДРІЙОВИЧ**

УДК621.311

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ВИРІВНЮВАННЯ ГРАФІКА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЦЕХУ**

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2018

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  **Мовчан Леонід Тимофійович**  Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя |
| **Рецензент:** | кандидат технічних наук, доцент кафедри комп’ютерно-інтегрованих технологій  **Золотий Роман Захарійович,**  Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя |

Захист відбудеться 29 грудня 2018 року о 1400 годині на засіданні екзаменаційної комісії №36 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.** Основним показником системи електропостачання підприємств є графік навантаження. Управляючи графіком навантаження, ми керуємо її режимом роботи. Найбільш оптимально вибрати силове обладнання та досягти оптимального режиму роботи можна за умови незмінності в часі індивідуального чи групового графіка навантаження електроприймачів. На практиці, на промислових підприємствах незмінні в часі графіки навантаження зустрічаються дуже рідко, в основному в обладнанні, що не приймає участі в основному виробництві (вентиляція, освітлення). У більшості випадків, має місце змінний індивідуальний графік навантаження для кожної одиниці обладнання, що в результаті формує змінний графік навантаження для всього підприємства. Існуючий графік добового навантаження інструментального цеху є далеко не оптимальним і відзначається високим споживанням електроенергії в час пік і напівпік.

Вирівнювання графіка електричного навантаження дозволить отримати значне покращення режиму роботи системи електропостачання за рахунок зменшення добової нерівномірності навантаження, що, в свою чергу, дозволяє покращити параметри передачі і розподілу електроенергії та зменшити втрати електроенергії в системі електропостачання, що є досить актуальним.

**Метою** дипломної роботи є дослідження заходів вирівнювання графіка електричних навантажень інструментального цеху для покращення економічних показників ефективності електроспоживання.

**Завдання дослідження:**

- провести аналіз і оцінку заходів вирівнювання графіка електричних навантажень інструментального цеху;

- здійснити розрахунок електричних навантажень інструментального цеху, вибір потужності і кількості силових трансформаторів цехової КТП;

- провести вибір оптимальної схеми силової та освітлювальної мережі, розрахунок елементів розподільної мережі та вибір комутаційних апаратів і пристроїв захисту;

- здійснити розрахунок струмів трифазного і однофазного КЗ та перевірку захисної та комутаційної апаратури на селективну роботу.

- сформувати модель оптимізації добового графіка навантаження та провести дослідження впливу застосування цієї моделі на добовий графік навантаження інструментальнаого цеху.

**Об’єкт дослідження** – добовий графік навантаження інструментального цеху.

**Предмет дослідження** – заходи вирівнювання графіків електричних навантажень.

**Наукова новизна отриманих результатів:** дістали подальший розвиток заходи оптимізації та вирівнювання графіка електричних навантажень інструментального цеху.

**Практичне значення отриманих результатів** виявляється у можливості вирівнювання графіка електричного навантаження, покращення режиму роботи системи електропостачання інструментального цеху та зменшення втрат електроенергії за рахунок зменшення добової нерівномірності навантаження.

**Апробація.**

Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VІІ-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (28-29 листопада 2018 року), Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (23 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 117 сторінок, 8 таблиць,  
27 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»** проведено аналіз системи електропостачання та добового графіка навантаження інстументального цеху. Також проведено оцінку заходів, які направлені на покращення параметрів графіків електричних навантажень. Заходи, що не потребують додаткових капіталовкладень, пов’язані зі зміною графіка роботи тих електроприймачів, які без збитків можна перевести на роботу поза годинами максимуму енергосистеми, тобто споживачів-регуляторів. Це може бути один потужний споживач чи група споживачів, що є споживачем-регулятором тільки для конкретного підприємства, враховуючи режим роботи. До заходів, здійснення яких потребує додаткових капіталовкладень віднесено: встановлення обладнання з більш інтенсивним режимом роботи; встановлення додаткових потужностей; встановлення обладнання з більш кращими енергетичними характеристиками; використання диференційованого тарифу обліку.

Зроблено висновок, що першочерговими до здійснення на підприємствах є заходи, що відносяться до першої групи, через те, що вони не потребують додаткових коштів і дозволяють значно впорядкувати технологічний процес і згладити графік навантаження.

**У другому розділі «Науково-дослідна частина»** було сформовано модель добового графіка навантаження, що враховує декілька критеріїв оптимальності:

дисперсія добового графіка повинна бути якнайменша; економічний критерій –мінімізація оплати за спожиту електроенергію за тризонним тарифом; відбір споживачів-регуляторів для конкретного підприємства та доцільний час їх ввімкнення; коефіцієнт форми, коефіцієнт максимуму, коефіцієнт заповнення мають прямувати до 1; максимальна і мінімальна потужність групового графіка оптимальною буде при прямуванні до середнього значення потужності.

Визначено, що дисперсія графіка електричного навантаження – показник, що найбільш повно описує графік електричного навантаження, оптимізація якого призведе до суттєвого вирівнювання графіка електричного навантаження. При цьому слід відмітити, що задовільняння цього критерію автоматично викличе задовільняння всіх інших вище згаданих критеріїв.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** вирішені основні питання з електропостачання і захисту силового енергоощадного електрообладнання інструментального цеху. Встановлено двотрансформаторну КТП потужністю 2×2500 кВ∙А, вибрано кабелі живлення та автомати захисту. Два силові понижаючі трансформатори 10/0,4 кВ потужністю живлять 2 секції шин 0,4 кВ через захисні автоматичні вимикачі ВА75-45. На високій стороні встановлені високовольтні вимикачі типу ВМГП та трансформатори струму для вимірювання та обліку електроенергії. Електрообладнання заживлене від збірних шин напругою 0,4 кВ через захисні автомати типу ВА57-35. Між секціями шин встановлений секційний вимикач у випадку виходу з ладу одного трансформатора.

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** проведений розрахунок струмів трифазного і однофазного КЗ, перевірена захисна та комутаційна апаратура на чутливість до струмів КЗ, по відключаючій здатності, і на селективну роботу. Також усі кабельні лінії перевірені по перевантажувальній здатності, розраховані можливі відхилення напруги в максимальному і мінімальному режимах електричного навантаження для усіх електроприймачів.

**У п’ятому розділі «Спеціальна частина»** було проведено дослідження показників існуючого графіка добового навантаження інструментального цеху та зазначено, що графік є далеко не оптимальним і відзначається високим споживанням електроенергії в час пік і напівпік. Дисперсія є досить значною, а коефіцієнт форми набагато менший за одиницю, що свідчить про достатню нерівномірність графіка з яскраво вираженим максимумом.

Проведено дослідження впливу застосування моделі оптимізації добового графіка електричного навантаження. Вибрано в якості споживачів-регуляторів групу потужних електроприймачів інструментального цеху – печі гартівна та відпускна, загальною потужністю за зміну 700 кВт. Переведено роботу групи споживачів-регуляторів у нічний час, та скореговано таким чином піки споживання електроенергії протягом доби. Дисперсія графіка електричного навантаження зменшилася на 34%, зменшився коефіцієнт максимуму та збільшився коефіцієнт заповнення, що свідчить про вирівнювання нерівномірності графіка електричного навантаження.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проведено техніко-економічне обгрунтування використання диференційованого тарифу для обліку споживання електричної енергії в інструментальному цеху. При оптимізованому графіку з переведенням споживачів-регуляторів (печей) у нічний час роботи, економія електроенергії найбільша при тризонному тарифі і може становити 347 тис грн. в рік. Також складено кошторис для проведення модернізації системи електропостачання інструментального цеху.

**У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** розглянуто заходи і засоби щодо забезпечення безпеки праці та протипожежні заходи в інструментальному цеху. Також розглянуто питання ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

**У восьмому розділі «Екологія»** проаналізовано вплив виробничих дій підприємства на довкілля та наведено заходи і засоби захисту від викидів.

**ВИСНОВКИ**

У дипломній роботі розглянуто заходи, що направлені на вирівнювання добового графіка навантаження інструментального цеху та проведено модернізацію системи електропостачання, і отримано такі результати:

1. Проаналізовано заходи, які направлені на покращення параметрів графіка електричного навантаження. Першочерговими до здійснення в інструментальному цеху є заходи, що не потребують додаткових коштів і дозволяють значно впорядкувати технологічний процес і згладити графік навантаження.

2. Вирішені основні питання з електропостачання і захисту силового енергоощадного електрообладнання інструментального цеху: встановлено двотрансформаторну КТП потужністю 2×2500 *кВ∙А*, вибрано кабелі живлення та автомати захисту.

3. Проведений розрахунок струмів трифазного і однофазного КЗ, перевірена захисна та комутаційна апаратура на чутливість до струмів КЗ, по відключаючій здатності, і на селективну роботу.

4. Сформована модель оптимізації добового графіка навантаження, основним критерієм якої є мінімізація дисперсії добового графіка навантаження. В якості технічного заходу реалізації оптимізації навантаження запропоновано вибрати доцільний час ввімкнення споживача-регулятора, а в якості економічного   
критерія – мінімізацію оплати за спожиту електроенергію за тризонним тарифом.

5. Проведено дослідження впливу застосування моделі оптимізації на добовий графік навантаження інструментального цеху. Здійснилося вирівнювання нерівномірності графіка електричного навантаження, за рахунок оптимізації основних критеріїв: дисперсія графіка електричного навантаження зменшилася   
на 34%, зменшився коефіцієнт максимуму, та збільшився коефіцієнт заповнення.

6. При оптимізованому графіку з переведенням споживачів-регуляторів (печей) у нічний час роботи, економія електроенергії найбільша при тризонному тарифі і може становити 347 тис грн. в рік.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Концограда Т.А. дослідження заходів вирівнювання графіка електричних навантажень промислових підприємств / Т. А. Концограда, Д. А. Шлапак, О. В. Гаврись // Збірник тез доповідей ⅥІ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“,   
28-29 листопада 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 3. — С. 41. — (Електротехніка та енергозбереження).

**АНОТАЦІЯ**

**Шлапак Д. А., Дослідження заходів вирівнювання графіка електричних навантажень інструментального цеху**, 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі проведено модернізацію системи електропостачання та розглянуто заходи, що направлені на вирівнювання добового графіка навантаження інструментального цеху для покращення економічних показників ефективності електроспоживання.

Здійснено розрахунок електричних навантажень інструментального цеху, вибір потужності і кількості силових трансформаторів цехової КТП. Проведено розрахунок елементів розподільної мережі та вибір комутаційних апаратів і пристроїв захисту. Також здійснено розрахунок струмів трифазного і однофазного КЗ, перевірена захисна та комутаційна апаратура на чутливість до струмів КЗ, по відключаючій здатності, і на селективну роботу.

Проведено дослідження моделі оптимізації добового графіка навантаження, основним критерієм якої є мінімізація дисперсії добового графіка навантаження. В якості технічного заходу реалізації оптимізації навантаження вибрано доцільний час ввімкнення споживача-регулятора, а в якості економічного критерія –мінімізацію оплати за спожиту електроенергію за тризонним тарифом.

**Ключові слова:** СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ДОБОВИЙ ГРАФІК НАВАНТАЖЕННЯ, ТРИЗОННИЙ ТАРИФ.

**ANNOTATION**

**Shlapak D., Investigation of measures of equalizing the graph of electric loads of instrumental workshop,** 141 - electric power, electrical engineering and electromechanics; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2018.

At this diploma paper, the modernization of the power supply system was carried out and measures at equalizing the daily load schedule of the tool shop to improve the economic indicators of power consumption efficiency were studied.

Calculation of electrical loads of the tool shop, selection of power and number of power transformers of the workshop at Packaged Transformer Substation (PTS). Distribution network elements and the choice of switching devices and security devices were calculated. Also, the calculation of the currents of the three-phase and the single-phase short circuit was performed, the security and switching equipment on the sensitivity to the currents of the short-circuit, the switching capacity, and the selective work have been checked.

The model of optimization of the daily load schedule was conducted, the main criterion is dispersion minimization of the daily load schedule. As a technical measure of the implementation of load optimization, the appropriate time for switching on the consumer-regulator and as an economic criterion, the minimization of payment for used electricity at the three-zone tariff were chosen.

**Key words:** power supply system, schedule of electric load, three-zone tariff.