

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

**Чуйко Вадим Русланович**

УДК 621.359.4

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Обґрунтування та розрахунок навантаження та побудова картограми і визначення центру електричних навантажень автоматизованого цеху підприємства з виробництва металевих виробів  
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Чуйко В. Р.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Денисюк Анатолій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.т.н., доцент кафедри електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології  
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2025

## АНОТАЦІЯ

Чуйко В.Р. Обґрунтування та розрахунок навантаження та побудова картограми і визначення центру електричних навантажень автоматизованого цеху підприємства з виробництва металевих виробів. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Головна задача дослідження – оптимізувати систему живлення електрикою автоматизованої ділянки підприємства з виробництва металевих виробів.

Підсумком праці буде обрахунок навантаження, формування картограми та встановлення центру й радіусів електричних навантажень автоматизованого цеху. Для виконання цього було зібрано перелік електроприймачів ділянки, визначено середні значення активної та реактивної потужностей протягом найбільш завантаженої зміни, а також інші характеристики для кожного з розподільчих пунктів.

**Ключові слова:** цехова трансформаторна підстанція, центр електричних навантажень, холостий хід, тривалість вмикання, розподільний пункт, високовольтний ввід.

## ABSTRACT

Chuyko V.R. Justification and calculation of the load and construction of a cartogram and determination of the center of electrical loads of an automated workshop of an enterprise for the production of metal products. Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The main task of the study is to optimize the power supply system by electricity of the automated area of an enterprise for the production of metal products.

The result of the work will be the calculation of the load, the formation of the cartogram and the installation of the center and radii of electrical loads of the

automated shop. In order to do this, a list of electricians of the site was collected, the average values of the active and reactive capacity during the loaded change were determined, as well as other characteristics for each of the distribution points.

**Keywords:** shop transformer substation, electrical load center, idling, on-time, distribution point, high-voltage input.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЦЕХУ ТА ВИБІР СХЕМИ ЦЕХОВОЇ МЕРЕЖІ	8
1.1. Характеристика системи електропостачання автоматизованого цеху	8
1.2. Вибір величини напруги живлення	10
1.3. Вибір схеми цехової силової мережі	11
Висновки по розділу 1	14
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ВЕЛИЧИН НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ ТА ВИБІР СХЕМИ ЦЕХОВОЇ МЕРЕЖІ	16
Розрахунок навантаження автоматизованого цеху	16
Висновки по розділу 2	23
РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ І ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	24
Побудова картограми і визначення центру електричних навантажень	24
Висновки по розділу 3	30
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БЗВ – блок "запобіжник – вимикач"

БТМ – блок "трансформатор - магістраль"

ВГКЗ – вимикаюча гранична комутаційна здатність

ЕА – електричний апарат

ЕУ – електроустановка

КЗ – коротке замикання

СВ – струмова відсічка

СРП – силовий розподільний пункт

СРШ – силова розподільна шафа

ТЕП – техніко-економічні показники

ЦЕН – центр електричних навантажень

ЦРП – центральний розподільний пункт

ШВВ – шафа високовольтна вводу

ШМА – шинопровід магістральний алюмінієвий

ШНВ – шафа низьковольтна вводу

ШНЛ – шафа низьковольтна лінійна

ШНС – шафа низьковольтна секційна

ШРА – шинопровід розподільний алюмінієвий

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Фактором побудови високорозвиненого суспільства є розвиток енергетики. Використання різноманітних розробок і нововведень в практичній діяльності в даній сфері потребує відповідного рівня освіченості й кваліфікованості працівників в галузі електротехніки та енергетики, які б могли застосувати здобуті знання для досягнення конкретних результатів.

Тому дана кваліфікаційна робота є спробою на практиці застосувати теоретичні напрацювання з дотриманням вимог нормативних документів.

**Метою роботи** є оптимізація системи електропостачання автоматизованого цеху підприємства з виробництва металевих виробів.

Для досягнення запланованого в роботі реалізуються такі завдання:

1. Здійснення аналізу схеми електрозабезпечення автоматизованого цеху, обрання рівня напруги живлення та конфігурації цехової силової мережі.
2. Виконання розрахунку навантажень автоматизованого цеху, а також побудова картограми й встановлення центру електричних навантажень.

**Об'єктом дослідження** є аналіз автоматизованого цеху.

**Предметом дослідження** є система електропостачання автоматизованого цеху.

**Методи досліджень.** Під досліджень використовувалися методи методу системного аналізу, методи математичного моделювання, методи розрахунку систем електропостачання.

### **Практична значимість результатів роботи:**

Розроблено методологічні основи, математичні моделі та способи оптимізації підбору системи електрозабезпечення промислового підприємства, що дають змогу результативно розв'язувати такі практичні питання:

1. Оптимізувати вибір системи електрозабезпечення стандартного промислового об'єкта відповідно до його специфіки, потенціалу для монтажу потрібного оснащення.

2. У майбутньому здійснити розширення електрозабезпечення цеху.

**Перелік публікацій автора за темою дослідження :**

**Чуйко В.Р. ВИБІР СХЕМИ ЦЕХОВОЇ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ.**

Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2025» 30 жовтня 2025 року. Житомир: Поліський національний університет, 2025.- С 112-114.

**Чуйко В.Р., Гаврилюк Д. В. СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ.**

Наукові читання – 2025: збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. Том 2. - С 18-21.

**Чуйко В.Р., Гаврилюк Д. В. ВИБІР СХЕМИ І КОНСТРУКТИВНОГО ВИКОНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЦЕХУ.**

Біоенергетичні системи: Матеріали ІХ міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи». 19-20 листопада 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. - С 22-24.

# РОЗДІЛ 1

## ХАРАКТЕРИСТИКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЦЕХУ ТА ВИБІР СХЕМИ ЦЕХОВОЇ МЕРЕЖІ

### 1.1. Характеристика системи електропостачання автоматизованого цеху

Досліджуваний автоматизований цех (АЦ) призначений для виготовлення металевих виробів. Він є складовою частиною металургійного заводу та має два ключові відділення: штампувальне і висадочне.

У відділеннях встановлене типове устаткування: ковальське, пресове, верстатне та інше.

Таблиця 1.1. Приміщення, що входять до складу цеху

1.	Трансформаторна підстанція
2.	Агрегатне відділення
3.	Вентиляційна
4.	Інструментальна ділянка
5.	Приміщення для побутових потреб

Електропостачання цех отримує від головної розподільчої підстанції (ГПП) підприємства по кабельній лінії довжиною 1 км, з напругою 10 кВ. Відстань від енергосистеми до ГПП становить 4 км, лінія електропостачання – повітряна.

Кількість змін роботи – 2.

Каркас будівлі зведений з блоків-секцій довжиною 6 м кожна.  
Розміри цеху: А x В x Н = 48 x 30 x 8 м.

Всі приміщення, окрім технологічних, двоповерхові, висотою 4 м.

## **1.2. Вибір величини напруги живлення**

Напругу 35 кВ здебільшого рекомендується використовувати для розподілу енергії на першому ступені середніх підприємств за відсутності великої кількості електродвигунів напругою вище 1000 В [5].

Напругу 10 кВ слід використовувати для внутрішньозаводського розподілу енергії.

Використання напруги 6 кВ повинно визначатись наявністю електроустаткування на 6 кВ та техніко-економічними показниками під час вибору величини напруги живлення.

Для живлення освітлювальних установок промислових, житлових та загальних будівель, у більшості випадків, застосовують трифазні чотирьохпровідні мережі змінного струму 380/220 В за заземленої нейтралі, та 220 В за ізольованої нейтралі або постійному струмі [3].

## **1.3. Вибір схеми цехової силової мережі**

При виборі схеми цехової мережі враховують такі фактори [3]:

- потужність окремих ЕП;
- розміщення ЕП на території цеху;
- потрібна надійність живлення;
- характер технологічного процесу;
- умови середовища та ін.

Цехові силові електричні мережі можуть бути виконані за радіальною, магістральною або змішаною схемами (рис. 1.1, 1.2, 1.3).

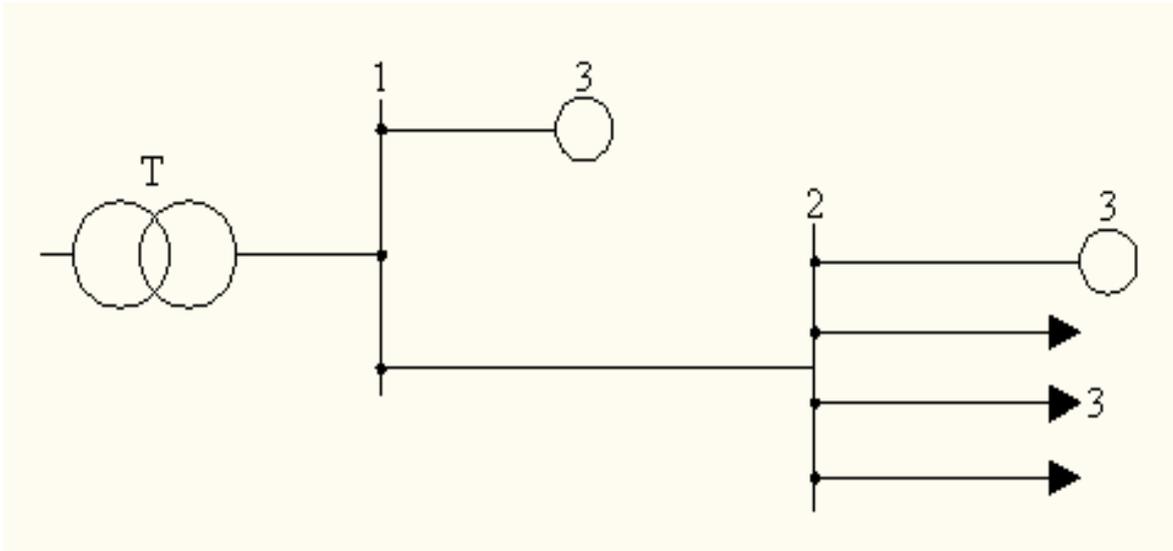


Рисунок 1.1 – Радіальна схема живлення електро приймачів при напрузі до 1 кВ: 1 - розподільний пристрій низької напруги (НН) цехової підстанції; 2 - силова розподільна шафа; 3 - електроприймачі.

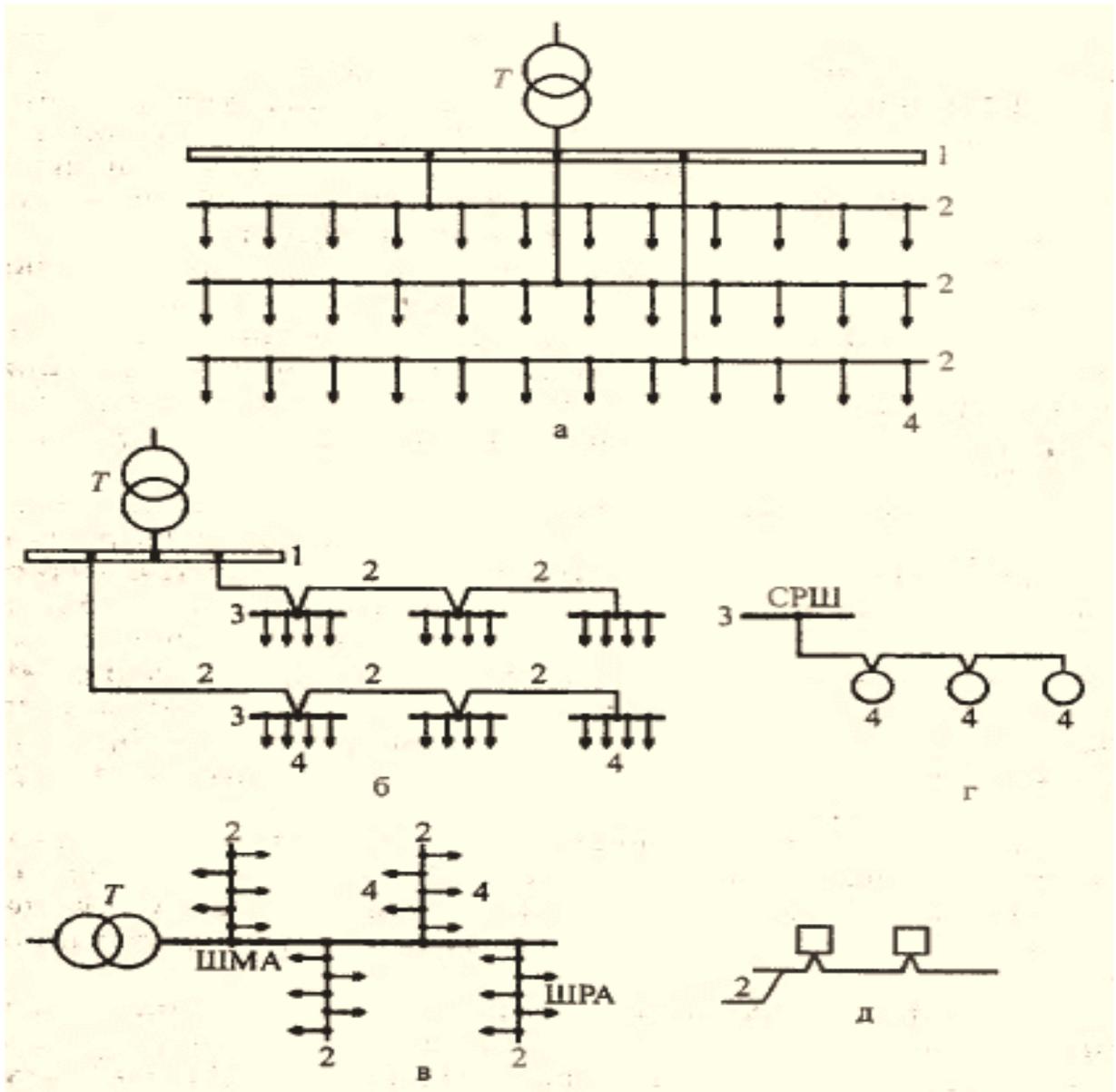


Рисунок 1.2 – Магістральні схеми живлення електроприймачів при напрузі до 1 кВ: а – з розподіленим навантаженням; б – з зосередженим навантаженням; в – блок “трансформатор-магістраль”; г - “ланцюжок; д – модульна; 1 - розподільний пристрій НН ЦТП; 2 – магістралі; 3 - силова розподільна шафа; 4 - електроприймачі.

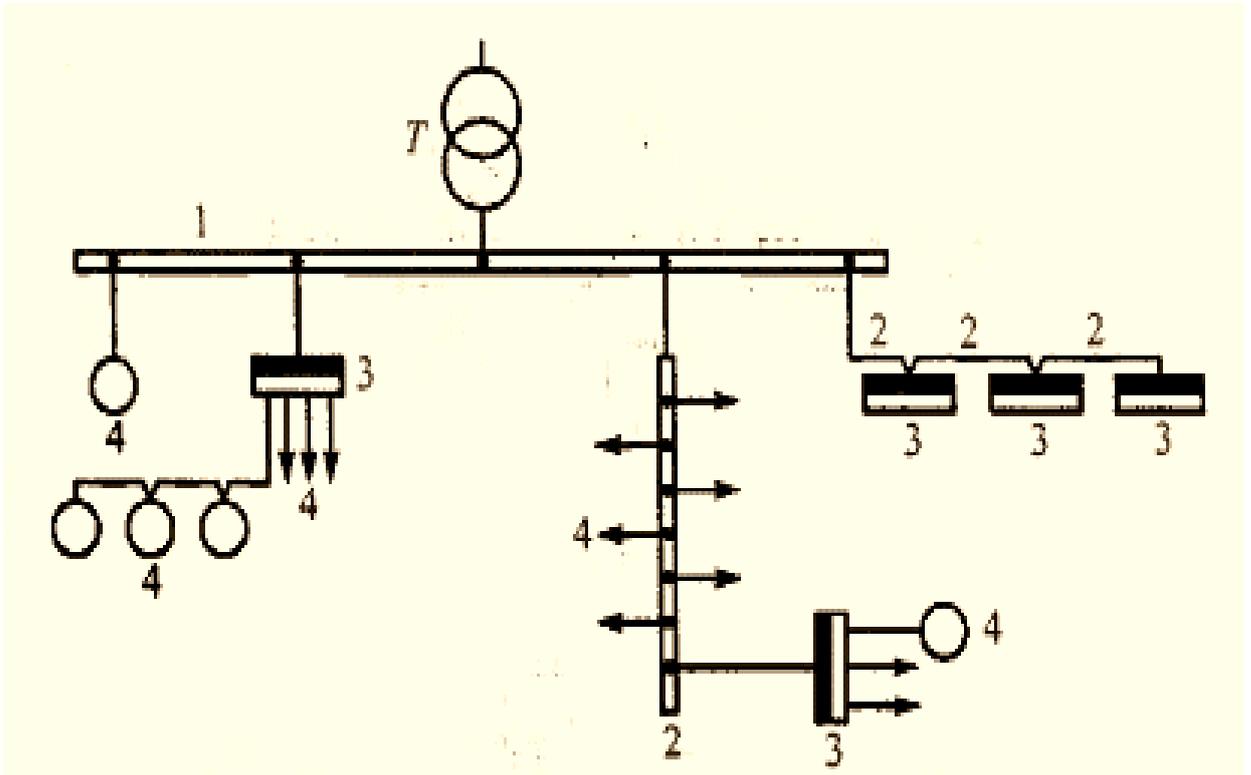


Рисунок 1.3 – Приклад змішаної схеми: 1 - розподільний пристрій НН ЦТП; 2 – магістралі; 3 - силова розподільна шафа; 4 - електроприймачі.

На основі аналізу розміщення технологічного обладнання (рис.1.4), зважаючи на необхідність забезпечення надійності електропостачання, зручності експлуатації, капітальні затрати і втрати напруги, обираємо радіальну схему цехової електричної мережі.

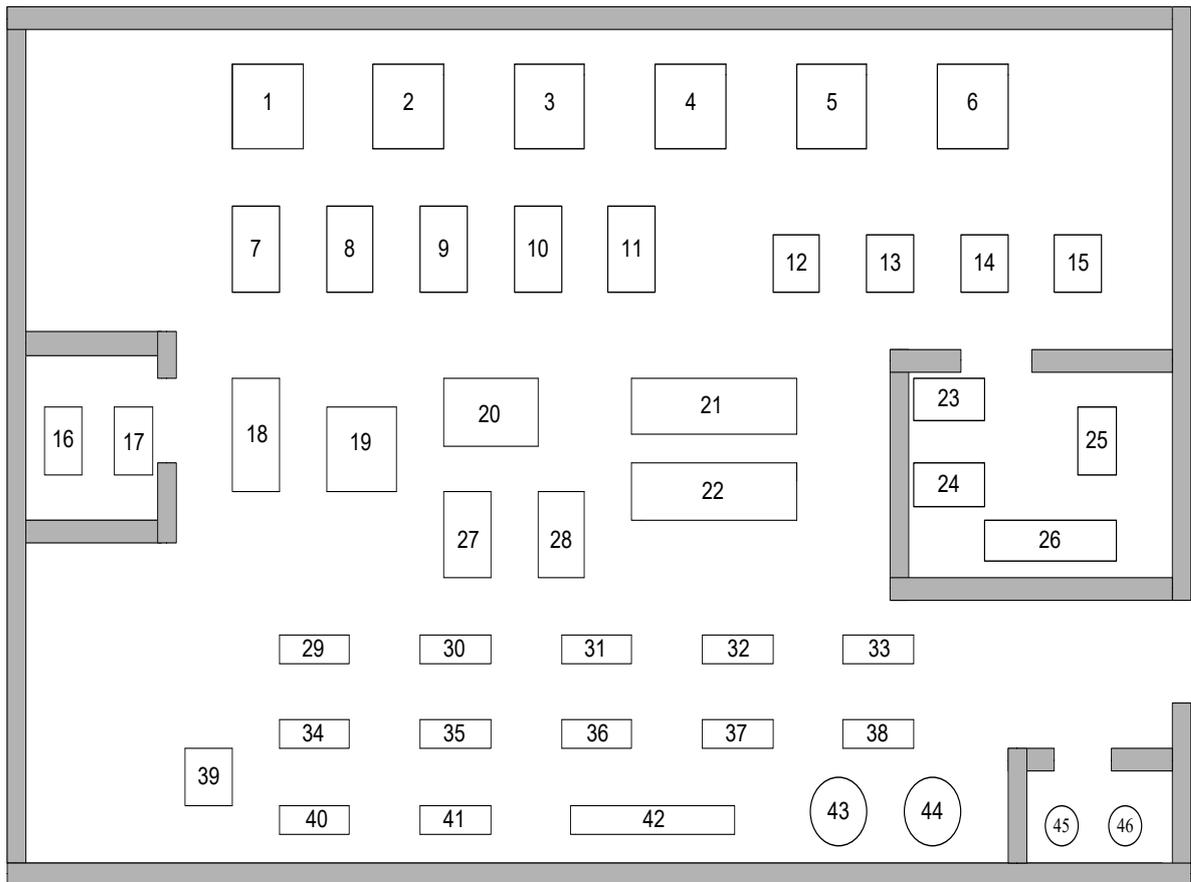


Рисунок 1.4–План розміщення технологічного обладнання автоматизованого цеху

### Висновки по першому розділу

В даному розділі була дана характеристика системи електропостачання.

Була акцентована увага на вимоги до проектування, монтажу та експлуатації систем електропостачання.

Важливим аспектом є забезпечення якості електроенергії. Системи електропостачання промислових підприємств мають бути спроектовані з урахуванням перспектив розвитку підприємства і збільшення його виробничих потужностей.

Потрібно передбачати резервування основних елементів системи, а також можливість оперативного переключення на резервні джерела живлення. Важливу роль відіграє впровадження сучасних технологій та обладнання, що дозволяють підвищити ефективність використання електроенергії та знизити витрати на її оплату.

Також в розділі було наведено характеристику досліджуваного цеху, обрано напругу живлення електроустаткування, а також вид схеми цехової мережі.

**РОЗДІЛ 2**  
**РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЦЕХУ**  
**ТА ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ І ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРУ**  
**ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

**2.1. Розрахунок навантаження автоматизованого цеху**

На основі вихідних даних про кількість та потужність електрообладнання цеху складаємо відомість електричних приймачів цеху у вигляді таблиці

Таблиця 2.1 – Відомість електричних приймачів цеху

Номер на плані	Найменування ЕП	Кількість	$P$ , кВт
1	2	3	4
1–6	<i>Прес ексцентриковий типу КА – 213</i>	6	2,2
7–11	<i>Прес кривошипний типу К – 240</i>	5	3
12–15	<i>Вертикально – свердлильні станки типу 2А 125</i>	3	3
16–17	<i>Перетворювачі зварювальні типу ПСО – 300</i>	2	14
18	<i>Автомат по виготовленню болтів</i>	1	4
19	<i>Автомат різьбокнатний</i>	1	5
20	<i>Верстат протяжний</i>	1	7,5
21–22	<i>Оброблювальні автомати</i>	2	10
23–24	<i>Оброблювальні барабани</i>	2	5
25	<i>Віброоброблювальні барабани</i>	1	5,5
26	<i>Станок віброоброблювальний</i>	1	8,2

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4
27	<i>Автомат обрубний</i>	1	10
28	<i>Машина шнекомийна</i>	1	5,2
29 – 38	<i>Автомати гайконарізні</i>	9	1,2
39	<i>Кран – балка</i>	1	2
40 – 41	<i>Електрожорно наждачне</i>	2	1,5
42	<i>Автомат трипозиційний висадковий</i>	1	5,8
43 – 44	<i>Вібросито</i>	2	0,8
45 – 46	<i>Вентилятори</i>	2	5

Всі електроприймачі автоматизованого цеху ділимо на 4 групи і закріплюємо кожену групу за окремим РП.

Визначення середньої активної та реактивної потужності за найбільш завантажену зміну [6]:

$$P_{см} = k_{в} \cdot P_{н}, \quad (2.1)$$

де  $k_{в}$  – коефіцієнт використання;

$P_{н} = P_{вст}$  - для електроприймачів з тривалим режимом роботи.

РП-1:

$$P_{см_{1-6}} = 0,35 \cdot 13,2 = 4,62 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{7-11}} = 0,35 \cdot 15 = 5,25 \text{ кВт}$$

$$\Sigma P_{см} = 4,62 + 5,25 = 9,87 \text{ кВт}$$

ПП-2:

$$P_{CM_{16-17}} = 0,35 \cdot 28 = 9,8 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{18}} = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{19}} = 0,25 \cdot 5 = 1,25 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{20}} = 0,22 \cdot 7,5 = 1,65 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{27}} = 0,22 \cdot 10 = 2,2 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{28}} = 0,25 \cdot 5,2 = 1,3 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{29,34}} = 0,22 \cdot 2,4 = 0,53 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{39}} = 0,35 \cdot 2 = 0,7 \text{ } \kappa Bm$$

$$\sum P_{CM} = 9,8 + 1 + 1,25 + 1,65 + 2,2 + 1,3 + 0,53 + 0,7 = 18,43 \text{ } \kappa Bm$$

ПП-3:

$$P_{CM_{12-15}} = 0,14 \cdot 12 = 1,68 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{21-22}} = 0,22 \cdot 20 = 4,4 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{23-24}} = 0,17 \cdot 5 = 0,85 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{CM_{25}} = 0,17 \cdot 5,5 = 0,94 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{cM_{26}} = 0,22 \cdot 8,2 = 1,8 \text{ кВт}$$

$$P_{cM_{45-46}} = 0,65 \cdot 10 = 6,5 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{cM} = 1,68 + 4,4 + 0,85 + 0,94 + 1,8 + 6,5 = 16,17 \text{ кВт}$$

РП-4:

$$P_{cM_{30-33,35-38}} = 0,22 \cdot 9,6 = 2,11 \text{ кВт}$$

$$P_{cM_{40-41}} = 0,17 \cdot 3 = 0,51 \text{ кВт}$$

$$P_{cM_{42}} = 0,17 \cdot 5,8 = 0,98 \text{ кВт}$$

$$P_{cM_{43-44}} = 0,6 \cdot 1,6 = 0,96 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{cM} = 2,11 + 0,51 + 0,98 + 0,96 = 4,56 \text{ кВт}$$

$$Q_{cM} = P_{cM} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.2)$$

РП-1:

$$Q_{cM_{1-6}} = 4,62 \cdot 1,17 = 5,4 \text{ квар}$$

$$Q_{cM_{7-11}} = 5,25 \cdot 1,17 = 6,14 \text{ квар}$$

$$\sum Q_{cM} = 5,4 + 6,14 = 11,54 \text{ квар}$$

РП-2:

$$Q_{cM_{16-17}} = 9,8 \cdot 1,17 = 11,47 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{18}} = 1 \cdot 1,17 = 1,17 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{19}} = 1,25 \cdot 1,17 = 1,46 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{20}} = 1,65 \cdot 1,17 = 2,53 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{27}} = 2,2 \cdot 1,17 = 2,57 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{28}} = 1,3 \cdot 1,17 = 1,52 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{29,34}} = 0,53 \cdot 1,17 = 0,62 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{39}} = 0,7 \cdot 1,98 = 1,39 \text{ квар}$$

$$\Sigma Q_{см} = 11,47 + 1,17 + 1,46 + 2,53 + 1,93 + 1,52 + 0,62 + 1,39 = 22,09 \text{ квар}$$

РП-3:

$$Q_{см_{12-15}} = 1,68 \cdot 1,17 = 1,97 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{21-22}} = 4,4 \cdot 1,17 = 5,15 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{23-24}} = 0,85 \cdot 1,98 = 1,68 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{25}} = 0,94 \cdot 1,98 = 1,86 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{26}} = 1,8 \cdot 1,17 = 2,11 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{45-46}} = 6,5 \cdot 0,75 = 4,88 \text{ квар}$$

$$\sum Q_{см} = 1,97 + 5,15 + 1,68 + 1,86 + 2,11 + 4,88 = 17,65 \text{ квар}$$

РП-4:

$$Q_{см_{30-33,35-38}} = 2,11 \cdot 1,17 = 2,47 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{40-41}} = 0,51 \cdot 1,98 = 1,01 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{42}} = 0,98 \cdot 1,98 = 1,94 \text{ квар}$$

$$Q_{см_{43-44}} = 0,96 \cdot 0,75 = 0,72 \text{ квар}$$

$$\sum Q_{см} = 2,47 + 1,01 + 1,94 + 0,72 = 6,14 \text{ квар}$$

Визначаємо коефіцієнт використання  $k_B$  для групи електроприймачів, закріплених за окремим розподільним пунктом, за виразом [6]:

$$k_{вгр} = \frac{\sum_1^n k_{в} \cdot P_{вст.i}}{\sum_1^n P_{вст.i}}, \quad (2.3)$$

$$k_{вгр1} = \frac{9,87}{28} = 0,35$$

$$k_{вгр2} = \frac{18,43}{64,1} = 0,29$$

$$k_{вгр3} = \frac{16,17}{65,7} = 0,25$$

$$k_{вгр1} = \frac{5,46}{20} = 0,23$$

Визначаємо ефективне число приймачів  $n_{ef}$  [6]:

$$n_{ef} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{n.i}\right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{H.I}^2} \quad (2.4)$$

приймається  $n_{ef} = n$ , якщо найбільш потужний та найбільш малопотужний приймачі даної групи розрізняються не більш, як в три рази.

$$n_{ef1} = \frac{28,2^2}{6 \cdot 2,2^2 + 5 \cdot 3^2} = 10,3 \approx 10$$

$$n_{ef2} = \frac{64,1^2}{2 \cdot 14^2 + 4^2 + 5^2 + 7,5^2 + 10^2 + 5,2^2 + 1,2^2 + 2^2} = 6,25 \approx 6$$

$$n_{ef3} = \frac{65,7^2}{4 \cdot 3^2 + 2 \cdot 10^2 + 2 \cdot 5^2 + 5,5^2 + 8,2^2 + 2 \cdot 5^2} = 8,1 \approx 8$$

$$n_{ef4} = \frac{20^2}{4 \cdot 11^2 + 4 \cdot 40^2 + 3 \cdot 18} = 4,2 \approx 4$$

Визначаємо коефіцієнт максимуму  $k_M$  активної потужності з довідникових даних, якщо  $k_M = f(k_B, n_{ef})$

Визначаємо розрахункове активне навантаження, тобто максимальне середнє навантаження за інтервал усереднення за формулою [6]:

$$P_p = k_M \cdot \Sigma P_{cm} \quad (2.5)$$

$$P_{p1} = 1,51 \cdot 9,87 = 13,82 \text{ кВт}$$

$$P_{p2} = 1,4 \cdot 18,43 = 25,8 \text{ кВт}$$

$$P_{p3} = 1,44 \cdot 16,17 = 22,64 \text{ кВт}$$

$$P_{p4} = 1,48 \cdot 4,56 = 6,38 \text{ кВт}$$

Знаходимо реактивне розрахункове навантаження за умовою [6]:

$$Q_p = \sum Q_{см}, \text{ якщо } n_{ef} \geq 10, \quad (2.6)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum Q_{см}, \text{ якщо } n_{ef} < 10,$$

$$Q_{p1} = 11,54 \text{ кВар}$$

$$Q_{p2} = 1,1 \cdot 22,09 = 24,3 \text{ кВар}$$

$$Q_{p3} = 1,1 \cdot 17,65 = 19,42 \text{ кВар}$$

$$Q_{p4} = 1,1 \cdot 6,14 = 6,75 \text{ кВар}$$

Визначаємо повне розрахункове навантаження на кожному розподільному пункті за виразом:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.7)$$

$$S_{p1} = \sqrt{13,82^2 + 11,54^2} = 18 \text{ кВА}$$

$$S_{p2} = \sqrt{25,8^2 + 24,3^2} = 35,44 \text{ кВА}$$

$$S_{p3} = \sqrt{22,64^2 + 19,42^2} = 29,83 \text{ кВА}$$

$$S_{p4} = \sqrt{6,38^2 + 6,75} = 9,29 \text{ кВА}$$

Вихідні дані та результати розрахунку вносимо в таблицю 2.2

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку навантаження розподільних пунктів

№ ЕП	Кількість	$P_{вст}$		$k_{\phi}$	$\cos\varphi /$ $\text{tg}\varphi$	Середня потужність		$n_{ef}$	$k_M$	Розрахункове навантаження		
		одного, кВт	$\Sigma$ , кВт			$P_{см'}$ , кВт	$Q_{см'}$ , кВар			$P_{p'}$ , кВт	$Q_{p'}$ , кВар	$S_{p'}$ , кВА
РП-1												
1–6	6	2,2	13,2	0,35	0,65 / 1,17	4,62	5,4	10	1,4	13,8	11,5	18
7–11	5	3	15	0,35	0,65 / 1,17	5,25	6,14					
Разом	28,2	0,35		9,87	11,54	0,6	1,04					
РП-2												
16–17	2	14	28	0,35	0,65 / 1,17	9,8	11,47	6	1,4	25,8	24,3	35,44
18	1	4	4	0,25	0,65 / 1,17	1	1,17					
19	1	5	5	0,25	0,65 / 1,17	1,25	1,46					
20	1	7,5	7,5	0,22	0,65 / 1,17	1,65	2,53					
27	1	10	10	0,25	0,65 / 1,17	2,2	2,57					
28	1	5,2	5,2	0,25	0,65 / 1,17	1,3	1,52					
29,34	2	1,2	2,4	0,22	0,65 / 1,17	0,53	0,62					
39	1	2	2	0,35	0,45 / 1,98	0,7	1,39					
Разом	64,1	0,29		18,3	22,09	0,61	0,81					

РП-3														
12–15	4	3	12	0,14	0,6 / 1,17	1,68	1,97	8	1,4	22,6	19,4	29,83		
21–22	2	10	20	0,25	0,65 / 1,17	4,4	5,15							
23–24	2	5	10	0,17	0,45 / 1,98	0,85	1,68							
25	1	5,5	5,5	0,17	0,45 / 1,98	0,94	1,86							
26	1	8,2	8,2	0,22	0,65 / 1,17	1,8	2,11							
45–46	2	5	10	0,65	0,8 / 0,75	6,5	4,88							
<i>Разом</i>	65,7	0,25		16,17	17,65	0,37	0,49							
РП-4														
30–33, 35–38	8	1,2	9,6	0,22	0,65 / 1,17	2,11	2,47	4	1,4	6,38	6,8	9,29		
40–41	2	1,5	3	0,17	0,45 / 1,98	0,51	1,01							
42	1	5,8	5,8	0,17	0,45 / 1,98	0,98	1,94							
43–44	2	0,8	1,6	0,6	0,8 / 0,75	0,96	0,72							
<b>Разом</b>			20	0,23		4,56	6,14							
<b>Всього</b>										68,6	62	92,56		

### Висновки по другому розділу

Провели оцінку навантаження автоматизованого цеху. Для цього була складена відомість електричних приймачів цеху, визначенні середня активна та реактивна потужності, а також інші показники для кожного розподільчих пунктів.

Результати розрахунку навантаження розподільних пунктів наведені у відповідній таблиці.

### РОЗДІЛ 3

## ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ І ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахунок навантажень для цеху передбачає складання карти розподілу електричних навантажень із визначенням їхнього центру (ЦЕН) для подальшого розміщення поблизу нього трансформаторної підстанції [5].

Для визначення центру електричних навантажень цеху, методом коефіцієнта попиту визначаємо розрахункові активні навантаження всіх ЕП цеху за виразом[5]:

$$P_p = k_n \cdot P_{вст}, \quad (3.1)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність електроприймачів, кВт;

$k_n$  – коефіцієнт попиту;

$P_{вст}$  – встановлена потужність електроприймачів, кВт.

$$P_{P_{1-6}} = 0,4 \cdot 13,2 = 5,28 \text{ кВт}$$

$$P_{P_{7-11}} = 0,4 \cdot 13,2 = 5,28 \text{ кВт}$$

$$P_{P_{12-15}} = 0,16 \cdot 12 = 1,92 \text{ кВт}$$

$$P_{P_{16-17}} = 0,4 \cdot 28 = 11,2 \text{ кВт}$$

$$P_{P_{18}} = 0,4 \cdot 4 = 1,6 \text{ кВт}$$

$$P_{P_{19}} = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ кВт}$$

$$P_{P_{20}} = 0,4 \cdot 7,5 = 3 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{21-22}} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{23-24}} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{25}} = 0,4 \cdot 5,5 = 2,2 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{26}} = 0,4 \cdot 8,2 = 3,28 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{27}} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{28}} = 0,4 \cdot 5,2 = 2,08 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{29,34}} = 0,4 \cdot 2,4 = 0,96 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{30-33,35-38}} = 0,4 \cdot 9,6 = 3,84 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{39}} = 0,4 \cdot 2 = 0,8 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{40,41}} = 0,4 \cdot 1,5 = 0,6 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{42}} = 0,4 \cdot 5,8 = 2,32 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{43-44}} = 0,75 \cdot 1,6 = 1,2 \text{ } \kappa Bm$$

$$P_{P_{45-46}} = 0,8 \cdot 10 = 18 \text{ кВт}$$

$$\sum P_p = 5,28 + 6 + 1,92 + 11,2 + 1,6 + 2 + 3 + 4 + 4 + 2,2 + 3,28 + 4 + 2,08 + \\ + 0,96 + 3,84 + 0,8 + 0,6 + 2,32 + 1,2 + 8 = 68,28 \text{ кВт}$$

Сумарну активну потужність визначаємо за виразом:

$$P_{p\Sigma} = \sum P_p + P_o, \quad (3.2)$$

$$P_{p\Sigma} = 68,64 + 18,06 = 86,7 \text{ кВт}$$

Сумарну реактивну потужність визначаємо за виразом:

$$Q_{p\Sigma} = P_{p\Sigma} \cdot \text{tg}\varphi_{cp}, \quad (3.3)$$

де  $\text{tg}\varphi_{cp}$  – середньозважене значення  $\text{tg}\varphi$  для даної групи електроприймачів.

$$Q_{p\Sigma} = 78,38 \cdot 1,25 = 97,98 \text{ кВар}$$

Повну розрахункову потужність цеху визначаємо за виразом [5]:

$$S_p = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} \cdot k_{pm}, \quad (3.4)$$

$k_{pm}$  – коефіцієнт сумісності розрахункових максимумів окремих груп електроприймачів цеху ( $k_{pm} = 0,8 - 1$ ).

$$S_p = \sqrt{86,64^2 + 97,98^2} \cdot 1 = 131 \text{ кВА.}$$

Для вибору місця розташування підстанції побудуємо картограму навантажень цеху і визначимо центр електричних навантажень цеху.

Для вибору місця розташування ЦТП визначимо центр електричних навантажень цеху [5]:

$$X_o = \frac{\sum P_i \cdot X_i}{\sum P_i}, \quad Y_o = \frac{\sum P_i \cdot Y_i}{\sum P_i}, \quad (3.5)$$

де  $P_{pi}$  – потужності і-го ЕП;

$X_i, Y_i$  – координати і-го ЕП відповідно по  $x$  і  $y$ .

Координати кожного ЕП вносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.1 – Координати ЕП цеху

№ ЕП	1	2	3	4	5	6	7	8
$X,$ $м$	10,5	16,5	22,5	28,5	34,5	40,5	10	14
$Y,$ $м$	26	26	26	26	26	26	21	21
№ ЕП	9	10	11	12	13	14	15	16
$X,$ $м$	18	22	26	34	38	42	46	2,8
$Y,$ $м$	21	21	21	20,5	20,5	20,5	20,5	14,6
№ ЕП	17	18	19	20	21	22	23	24
$X,$ $м$	5,4	10	14	19,4	28	28	38,5	38,5
$Y,$ $м$	114,6	115,5	116	114,2	114	117	119,2	122
№ ЕП	25	26	27	28	29	30	31	32
$X,$ $м$	44,2	43	18,7	22,5	13	19	25	31

$Y,$ $M$	20,6	11,5	11	11	7,2	7,2	7,2	7,2
$N_{\Sigma}$ $EP$	33	34	35	36	37	38	39	40
$X,$ $M$	37	13	19	25	31	37	8	13
$Y,$ $M$	7,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	3,2	2
$N_{\Sigma}$ $EP$	41	42	43	44	45	46		
$X,$ $M$	19	27,2	34,5	38,5	43,5	46,5		
$Y,$ $M$	2	3	3,1	3,1	1,3	1,3		

$$\begin{aligned}
& 10,5 \cdot 2,2 + 16,5 \cdot 2,2 + 22,5 \cdot 2,2 + 28,5 \cdot 2,2 + 34,5 \cdot 2,2 + 40,5 \cdot 2,2 + 10 \cdot 3 + \\
& \quad + 14 \cdot 3 + 18 \cdot 3 + 22 \cdot 3 + 26 \cdot 3 + 34 \cdot 3 + 38 \cdot 3 + 42 \cdot 3 + \\
& \quad + 46 \cdot 3 + 2,8 \cdot 14 + 5,4 \cdot 14 + 10 \cdot 4 + 14 \cdot 5 + 19,4 \cdot 7,5 + 28 \cdot 10 \cdot 2 + \\
& \quad + 38,5 \cdot 5 \cdot 2 + 44,2 \cdot 5,5 + 43 \cdot 8,2 + 18,7 \cdot 10 + 22,5 \cdot 5,2 + 13 \cdot 1,2 + \\
& \quad + 19 \cdot 1,2 + 25 \cdot 1,2 + 31 \cdot 1,2 + 37 \cdot 1,2 + 13 \cdot 1,2 + 19 \cdot 1,2 + 25 \cdot 1,2 + \\
& \quad + 31 \cdot 1,2 + 37 \cdot 1,2 + 8 \cdot 2 + 13 \cdot 1,5 + 19 \cdot 1,5 + 27,2 \cdot 5,8 + 34,5 \cdot 0,8 + \\
& \quad + 38,5 \cdot 0,8 + 43,5 \cdot 5 + 46,5 \cdot 5 \\
X_0 = \frac{\sum P_i \cdot X_i}{\sum P_i} = & \frac{2,2 \cdot 6 + 3 \cdot 5 + 3 \cdot 4 + 14 \cdot 2 + 4 + 5 + 7,5 + 10 \cdot 2 + 5 \cdot 2 + 5,5 + \\
& + 8,2 + 10 + 5,2 + 1,2 \cdot 10 + 2 + 1,5 \cdot 2 + 5,8 + 0,8 \cdot 2 + 5 \cdot 2}{4351,8} = 24,45M \\
& 178
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 26 \cdot 2,2 \cdot 6 + 21 \cdot 3 \cdot 5 + 20,5 \cdot 4 \cdot 3 + 14,6 \cdot 14 \cdot 2 + 15,5 \cdot 4 + 16 \cdot 5 + \\
& 14,2 \cdot 7,5 + 14 \cdot 10 + 17 \cdot 10 + 19,2 \cdot 5 + 22 \cdot 5 + 20,6 \cdot 5,5 + 11,5 \cdot 8,2 + 11 \cdot 10 + \\
Y_0 = \frac{\sum P_i \cdot Y_i}{\sum P_i} = & \frac{11 \cdot 5,2 + 7,2 \cdot 1,2 \cdot 5 + 9,2 \cdot 1,2 \cdot 5 + 3,2 \cdot 2 + 2 \cdot 1,5 \cdot 2 + 3 \cdot 5,8 + 3,1 \cdot 0,8 \cdot 2 + 1,3 \cdot 5 \cdot 2}{2,2 \cdot 6 + 3 \cdot 5 + 3 \cdot 4 + 14 \cdot 2 + 4 + 5 + 7,5 + 10 \cdot 2 + 5 \cdot 2 + 5,5 +} = \\
& + 8,2 + 10 + 5,2 + 1,2 \cdot 10 + 2 + 1,5 \cdot 2 + 5,8 + 0,8 \cdot 2 + 5 \cdot 2 \\
= & \frac{2598,46}{178} = 14,6\text{м}
\end{aligned}$$

Визначимо центр навантажень кожної з РП за виразом [5]:

$$\text{РП-1:} \quad r = \sqrt{\frac{P_p \Sigma 1}{\Pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{13,82}{3,14 \cdot 0,07}} = 8(\text{м})$$

$$\text{РП-2:} \quad r = \sqrt{\frac{P_p \Sigma 2}{\Pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{25,8}{3,14 \cdot 0,07}} = 10,8(\text{м})$$

$$\text{РП-3:} \quad r = \sqrt{\frac{P_p \Sigma 3}{\Pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{22,64}{3,14 \cdot 0,07}} = 10,15(\text{м})$$

$$\text{РП-4:} \quad r = \sqrt{\frac{P_p \Sigma 4}{\Pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{6,38}{3,14 \cdot 0,07}} = 5,4(\text{м})$$

Маючи всі необхідні дані проектуємо схему електропостачання автоматизованого цеху (рис. 3.1).

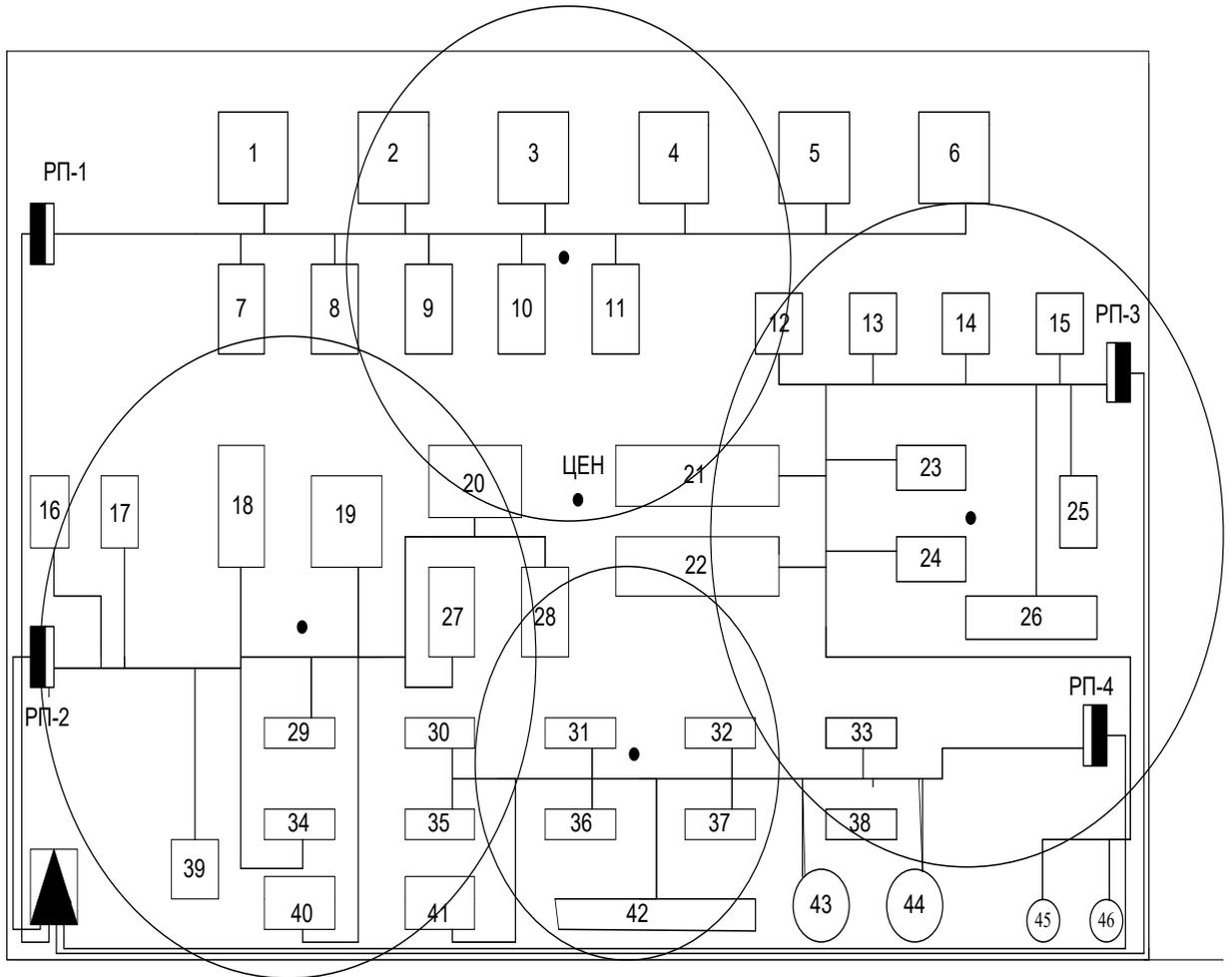


Рисунок 3.1 – Структурна схема електропостачання цеху

### Висновки по третьому розділу

Підсумком опрацювання цього розділу є створення картограми та встановлення центра електричних навантажень для автоматизованого цеху. Для визначення центру електричних навантажень цеху, методом коефіцієнта попиту були визначені розрахункові активні навантаження всіх ЕП цеху, сумарна активна та реактивна потужності.

Була побудована картограма навантажень цеху з визначенням центрів та радіусів електричних навантажень цеху

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

В даній кваліфікаційній роботі було здійснено розрахунок навантаження та побудова картограми і визначення центру електричних навантажень автоматизованого цеху підприємства з виробництва металевих виробів.

В роботі була дана характеристика системи електропостачання. Була акцентована увага на вимоги до проектування, монтажу та експлуатації систем електропостачання. Зазначено, що важливим аспектом є забезпечення якості електроенергії. Було наведено характеристику досліджуваного цеху, обрано напругу живлення електроустаткування, а також вид схеми цехової мережі.

Результати розрахунку навантаження розподільних пунктів наведені у відповідній таблиці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Улаштування електроустановок./ Наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476
2. Ю.Ф. Романюк. Електричні мережі та системи. Навчальний підручник. – Київ: “Знання”, 2007. – 292 с.
3. Лисяк В.Г. Оптимальні режими вузлів навантаження електропостачальних систем. Навчальний посібник, – Львів: “ННІ” 2007. – 251 с.
4. П.М. Монтік Електротехніка та електромеханіка. Навчальний посібник – Львів: “Новий Світ”, 2011. – 487 с.
5. Електричні мережі та системи.: Навч. посібник для студ. електроенерг. спец. / М. С. Сегеда; Державний ун-т "Львівська політехніка". - Л.: Каменяр, 1999. - 296 с. - Бібліогр.: с.292-296. - ISBN 5-7745-0766-1
6. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни "Проектування електричних систем": для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / Вінницький держ. технічний ун-т; уклад. Ж. І. Остапчук. - Вінниця: [б.в.], 1998. - 46 с.
7. Автоматика електроенергетичних систем. Практикум з дисципліни "Релейний захист та системна автоматика": Навч. посіб. для студ. спец. "Електричні мережі та системи"/О. Є. Рубаненко; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 1999. - 63 с.
8. Релейний захист та автоматика в електроенергетиці: Навч. посіб. для студ. спец. "Електрична частина електричних станцій", "Електричні мережі та системи", "Електротехнічні системи та системи електроспоживання" / В. М. Кутін [та ін]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 104 с.

9. Методичні вказівки до вибору схем розподільних пристроїв підстанцій напругою 35-750 кВ з курсу "Електричні системи та мережі" для студентів спеціальності "Електричні системи та мережі"/ Національний технічний ун-т "Харківський політехнічний ін-т"; уклад. В. П. Волков. - Х.: НТУ "ХПІ", 2001. - 19 с.

10. Конструкції повітряних ліній електропередачі. Курсове проектування: навч. посібник для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / М. О. Головатюк; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 107 с.: рис. - Бібліогр.: с. 106-107

11. Експлуатація повітряних ліній електропередачі: навч. посіб. для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / М. О. Головатюк; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 129 с.: рис. - Бібліогр.: с. 129

12. Електромонтажні роботи. Електричні мережі до 1000 В: Навч. посібник для студ. електротехн. спец. з дисципліни "Робоча професія" / О. Д. Демов [і др.]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 55 с.

13. Електричні системи та мережі [Текст]: методичні вказівки до виконання курсового проекту для студ. спец. 7.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" денної та заоч. форм навчання / Національний ун-т харчових технологій; уклад. С. Є. Вакуленко. - К.: НУХТ, 2002. - 51 с.: рис. - Бібліогр.: с. 51-52

14. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні: навч. посібник для студ. спец. 7.090601 - "Електричні станції, 7.090602 - "Електричні системи і мережі" / Ю. В. Лук'яненко [та др.]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 111 с.: рис. - Бібліогр.: с.111.

15. Денисюк А.Ю., Хливнюк М.Г., Шестак І.М. Комп'ютерна електроніка: Навч. Посіб. - Житомир: ЖВІ, 2017. - с. 33-44.

16. Електричні мережі систем електропостачання [Текст] : навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Г. Г. Півняк [та ін.]; ред. Г. Г. Півняк; Національний гірничий ун-т. - Д.: НГУ, 2003. - 316 с.: рис. - Бібліогр.: с. 311. - ISBN 966-8271-45-9