

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

Гаврилюк Денис Вікторович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування вибору числа і потужності силових трансформаторів та електричних апаратів і перерізу провідників 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

Гаврилюк Д. В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Савченко Людмила Григорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.і.н., доцент кафедри електрифікації,

автоматизації виробництва та інженерної екології

(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Гаврилюк Д. В. Обґрунтування вибору числа і потужності силових трансформаторів та електричних апаратів і перерізу провідників 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.

Підсумком праці буде визначення навантаження на трансформатори, а також підбір відповідного трансформатора, враховуючи його потужність та ключові характеристики. Паралельно, передбачається вибір необхідних електричних апаратів та визначення перерізу провідників. З цією метою, були обчислені необхідні параметри для кожної лінії. На основі цих даних, здійснено вибір захисних апаратів, типу провідників та їх перерізу.

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

ABSTRACT

Gavrilyuk D. V. Justification of the choice of the number and power of power transformers and electrical devices and the cross-section of conductors of the 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 objective of the research is to optimize the electrical power supply system of the automated section of a metallurgical enterprise.

The result of the work performed is the determination of the load on the transformers, as well as the selection of the appropriate transformer, taking into

account its power and key characteristics. In parallel, the selection of the necessary electrical devices and the determination of the cross-section of the conductors is envisaged. For this purpose, the necessary parameters for each line were calculated. Based on these data, the selection of protective devices, the type of conductors and their cross-section was carried out.

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 ЧИСЛА І ПОТУЖНОСТІ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ	16
Вибір числа і потужності силових трансформаторів	16
Висновки по розділу 2	18
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ І ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ	19
Вибір електричних апаратів і перерізу провідників	19
Висновки по розділу 3	31
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	33

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 в побудові 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 силових трансформаторів, електричних апаратів і перерізу провідників.

Об'єктом дослідження є аналіз автоматизованого цеху, структура та склад електрообладнання розглядаємого цеху, вибір величин живлючих напруг.

Предметом дослідження є система електропостачання автоматизованого цеху з розрахунком силових трансформаторів та електричних апаратів.

Методи досліджень. При виконанні досліджень, використовувалися методи системного аналізу, методи математичного моделювання.

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 :

Гаврилюк Д. В. ВИБІР ЧИСЛА І ПОТУЖНОСТІ СИЛОВИХ
ТРАНСФОРМАТОРІВ.

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 114-116.

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

Наукові читання – 2025: збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками I-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.

Гаврилюк Д. В., Чуйко В.Р. 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).

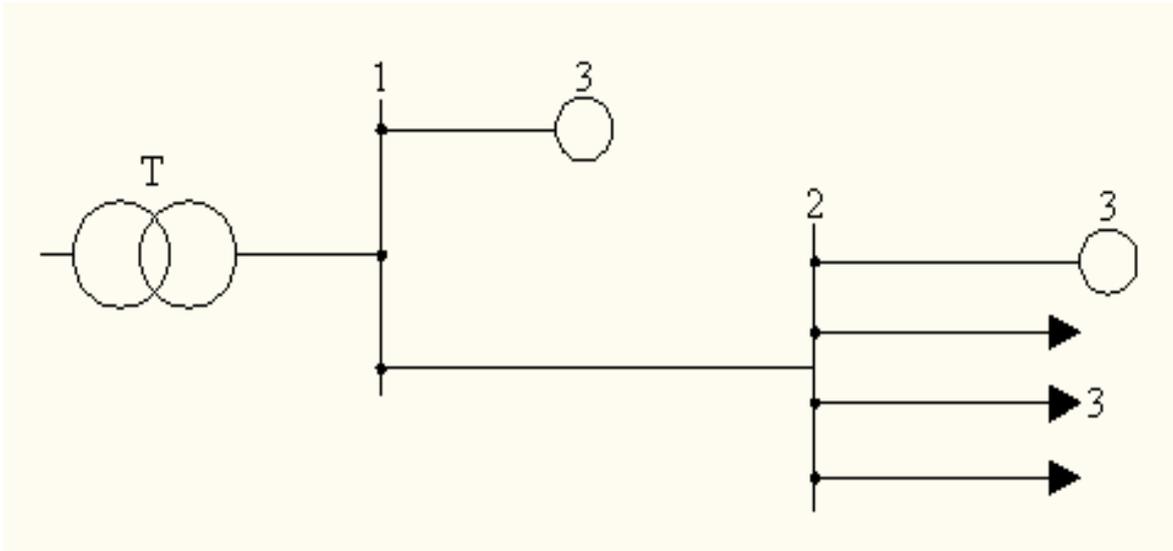


Рисунок 1.1 – Радіальна схема живлення електро приймачів при напрузі до 1 кВ: 1 - розподільний пристрій низької напруги (НН) цехової підстанції; 2 - силова розподільна шафа; 3 - електроприймачі.

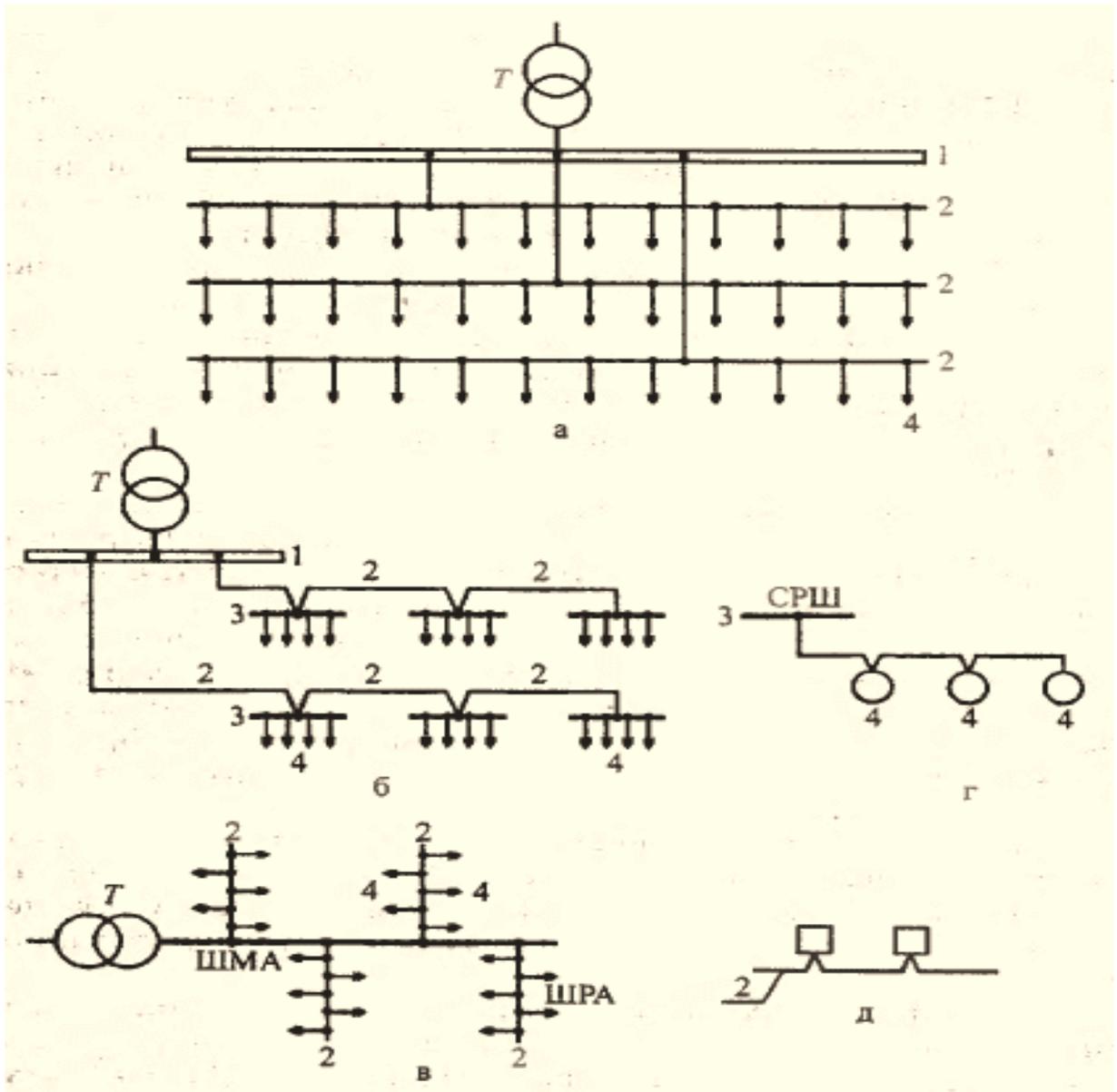


Рисунок 1.2 – Магістральні схеми живлення електроприймачів при напрузі до 1 кВ: а – з розподіленим навантаженням; б – з зосередженим навантаженням; в – блок “трансформатор-магістраль”; г - “ланцюжок; д – модульна; 1 - розподільний пристрій НН ЦТП; 2 – магістралі; 3 - силова розподільна шафа; 4 - електроприймачі.

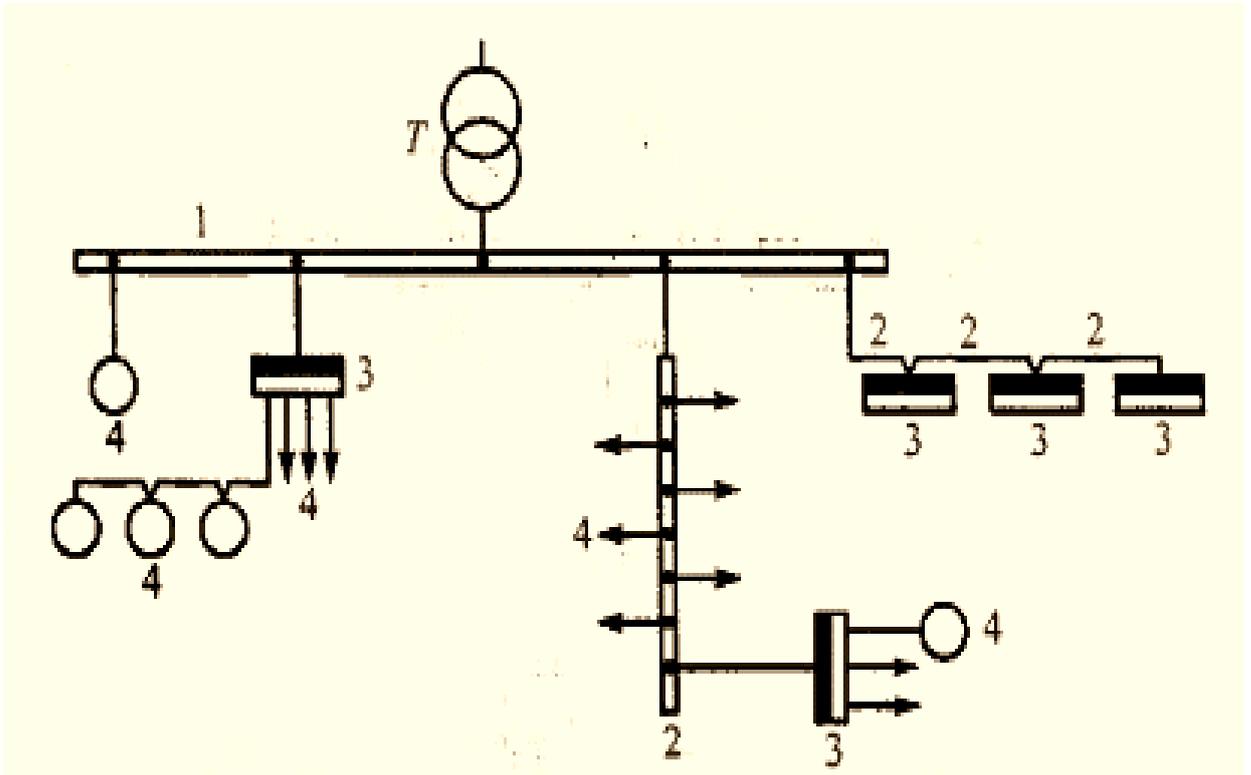


Рисунок 1.3 – Приклад змішаної схеми: 1 - розподільний пристрій НН ЦТП; 2 – магістралі; 3 - силова розподільна шафа; 4 - електроприймачі.

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.

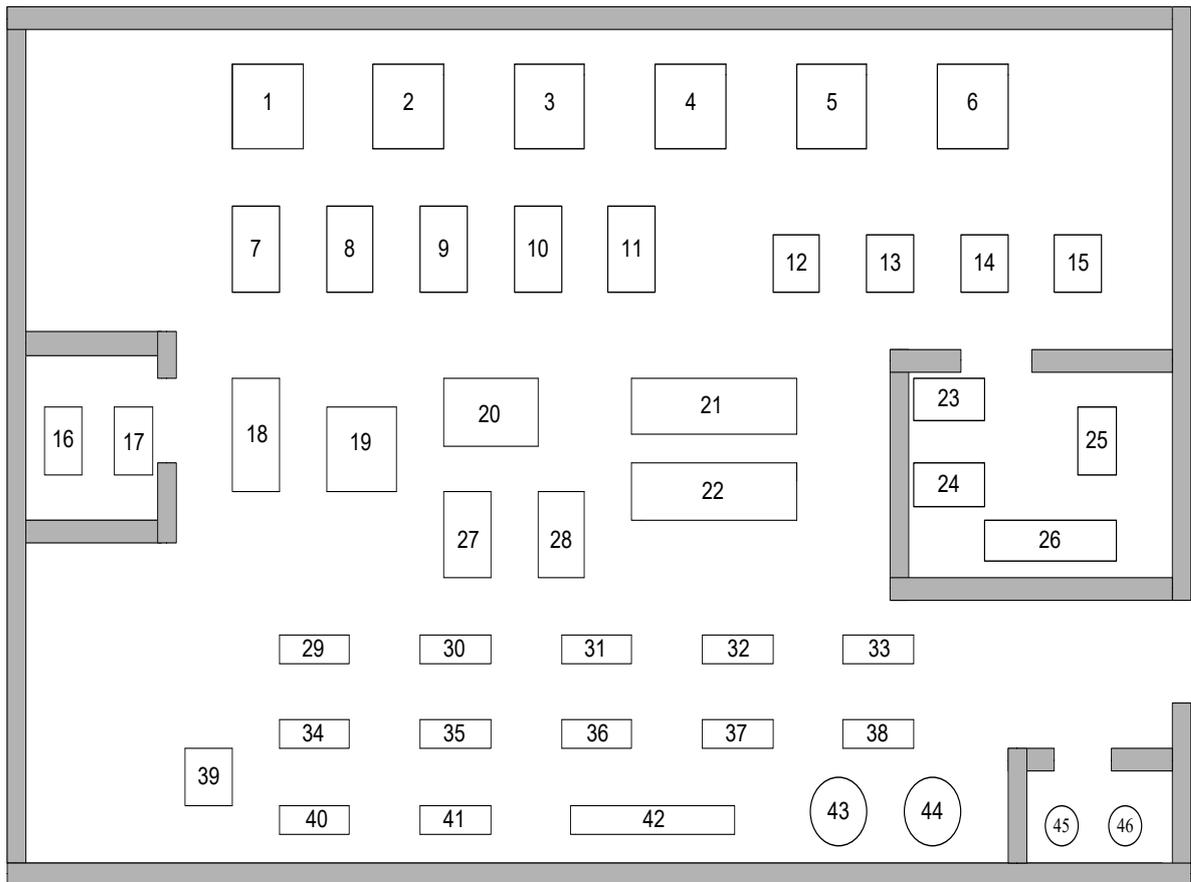


Рисунок 1.4–План розміщення технологічного обладнання автоматизованого цеху

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

ВИБІР ЧИСЛА І ПОТУЖНОСТІ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

2.1. Вибір числа і потужності силових трансформаторів

З огляду на переважання приймачів 3-ої категорії у цеху, для установки на цехову трансформаторну підстанцію обираємо 1 трансформатор потужністю $S_{нтр}=100$ кВА. З характеристиками: $\Delta P_{xx}=0,32$ кВт, $\Delta P_{кз}=1,97$ кВт, $I_{xx}=2,6\%$, $U_{кз} = 5,5\%$, $k_e = 0,12$

Визначимо коефіцієнт завантаження трансформаторів в нормальному і аварійному режимах [5]:

$$K_{з.нр} = \frac{S_p}{2 \cdot S_{нтр}} \leq 0,5 - 0,9, \quad (2.1)$$

$$K_{з.ар} = \frac{S_p}{S_{н.тр}} \leq 1,4. \quad (2.2)$$

де S_p – повна розрахункова потужність цеху, кВА;

$S_{н.тр}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА

$$K_{з.нр} = \frac{131}{2 \cdot 100} = 0,64,$$

$$K_{з.ар} = \frac{131}{100} = 1,31.$$

Втрати потужності в трансформаторах визначаються за виразами [5]:

$$\Delta P_{тр} = n \cdot (\Delta P_{xx} + k_e \cdot 0,01 \cdot I_{xx} \cdot S_{н.тр}) + \frac{\Delta P_{кз} + k_e \cdot 0,01 \cdot U_{кз} \cdot S_{нтр}}{n} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{н.тр}} \right)^2 \quad (2.3)$$

$$\Delta Q_{mp} = n \cdot 0,01 \cdot I_{xx} \cdot S_{н.тр} + \frac{U_{кз} \cdot S_p^2}{n \cdot 100 \cdot S_{н.тр}} \quad (2.4)$$

де ΔP_{mp} , ΔQ_{mp} – втрати активної і реактивної потужності в трансформаторах, кВт;

n – кількість трансформаторів, шт.;

ΔP_{xx} , $\Delta P_{кз}$ – втрати холостого ходу і короткого замикання, кВт;

I_{xx} , $I_{кз}$ – струм холостого ходу і короткого замикання у відсотках від номінальних значень;

k_e – економічний еквівалент реактивної потужності, кВт/квар.

Для трансформаторів напругою 6–10 кВ $k_e = 0,12$ [5].

$$\Delta P_{mp} = 1 \cdot (0,32 + 0,12 \cdot 0,01 \cdot 2,6 \cdot 100) + \frac{1,97 + 0,12 \cdot 0,01 \cdot 5,5 \cdot 100}{1} \cdot \left(\frac{131}{100}\right)^2 = 4,76 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{mp} = 1 \cdot 0,01 \cdot 2,6 \cdot 100 + \frac{5,5 \cdot 131^2}{1 \cdot 100 \cdot 100} = 11,26 \text{ квар}$$

Навантаження з врахуванням втрат [5]:

$$P^* = P_{p\Sigma} + \Delta P_{mp} = 86,64 + 4,76 = 91,4 \text{ кВт},$$

$$Q^* = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{mp} = 97,98 + 11,26 = 109,24 \text{ квар},$$

$$S^* = \sqrt{P^* + Q^*} = \sqrt{91,4^2 + 109,24^2} = 140 \text{ кВА}.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 Результати розрахунку навантаження трансформаторів

Розрахункове навантаження			К-ть	$S_{н.тр},$ кВА	$k_{з.нр}$	$k_{з.ар}$	Втрати в трасф – ах		Навантаження з урахуванням втрат		
$P_{p\Sigma},$ кВт	$Q_{p\Sigma},$ кВар	$S_p,$ кВА					$\Delta P,$ кВт	$\Delta Q,$ кВар	$P^*,$ кВт	$Q^*,$ кВар	$S^*,$ кВА
78,4	98	132	1	100	0,63	1,25	4,67	11,26	93,14	109,24	140

Висновки по другому розділу

Підсумком опрацювання цього розділу є проведений розрахунок навантаження трансформаторів. З огляду на переважання приймачів 3-ої категорії у цеху, для установки на цехову трансформаторну підстанцію обираємо 1 трансформатор потужністю $S_{нтр}=100$ кВА. З характеристиками: $\Delta P_{xx} = 0,32$ кВт, $\Delta P_{кз} = 1,97$ кВт, $I_{xx} = 2,6\%$, $U_{кз} = 5,5\%$, $k_e = 0,12$

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ І ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ

3.1. Вибір електричних апаратів і перерізу провідників

Високовольтні вимикачі вибираємо за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням післяаварійних режимів. При виборі мають виконуватися такі умови [3]:

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.мережі}, \quad (3.1)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{макс}, \quad (3.2)$$

де $U_{ном.в}$ – номінальна напруга вимикача, В;

$U_{ном.мережі}$ – номінальна напруга мережі, В;

$I_{ном.в}$ – номінальний струм вимикача, А;

$I_{макс}$ – максимальний струм, А.

Визначимо струми для нормального і післяаварійного режимів для ліній напругою 10 кВ і 0,4 кВ за виразами [3]:

$$I_{норм} = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3.3)$$

$$I_{н.ар} = 2 \cdot I_{норм}, \quad (3.4)$$

$$I_{норм_{10}} = \frac{125,47}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 3,6 \text{ А}$$

$$I_{н.ар_{10}} = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \text{ А}$$

$$I_{норм0,4} = \frac{125,47}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 90,55 \text{ A},$$

$$I_{н.ар0,4} = 2 \cdot 90,55 = 181,1 \text{ A}.$$

Для установки на стороні 10 кВ вибираємо масляні вимикачі типу ВМП - 10 з $I_{ном} = 630 \text{ A}$ та номінальним струмом розчеплення $I_{н.розч.} = 20 \text{ кА}$. Повний час відключення вимикача 0,14.

Для установки на стороні 0,4 кВ вибираємо автоматичні вимикачі АВМ-4, в яких номінальний струм $I_{ном} = 400 \text{ A}$ та номінальний струм розчеплення $I_{н.розч.} = 20 \text{ кА}$.

– Лінія ТП-РП1:

Розрахунковий максимальний струм[3]:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3.5)$$

де S_P - розрахункова повна потужність (з таблиці 3.1).

$$I_P = \frac{18}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 27,38 \text{ A}$$

Найбільший пусковий струм визначаємо за виразом:

$$I_{н.макс} = 5 \cdot I_{н.макс}, \quad (3.6)$$

де $I_{н.макс}$ - номінальний струм ЕП, пусковий струм, якого найбільший на даному РП.

$$I_{н.макс} = \frac{P_{н.макс}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi}, \quad (3.7)$$

де $P_{н.макс}$ – номінальна потужність електроприймача, потужність якого найбільша на даному РП.

$$I_{н.макс} = \frac{3}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 7,6 \text{ A},$$

$$I_{п.макс} = 5 \cdot 7,6 = 38 \text{ A}.$$

Піковий струм лінії знаходимо за виразом [3]:

$$I_n \approx I_p + I_{п.макс}, \quad (3.8)$$

$$I_n \approx 27,38 + 38 = 65,38 \text{ A}.$$

Вибираємо масляний вимикач ВА88-32 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 125 \text{ A}$,

номінальним струмом теплового розчіплювача $I_{т.розч.} = 125 \text{ A}$,

номінальним струмом електромагнітного розчіплювача $I_{е.розч.} = 1250 \text{ A}$.

Для ВА88-32 найбільша відключаюча здатність становить 25 кА.

Вибираємо кабель ААБГ (3x25 + 1x16).

– Лінія ТП-РП2:

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_p = \frac{35,44}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 53,9 \text{ A}.$$

$$I_{н.макс} = \frac{14}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 35,63 \text{ A},$$

$$I_{п.макс} = 5 \cdot 35,63 = 178,15 \text{ A}.$$

$$I_n \approx 53,9 + 178,15 = 232,05 \text{ A}.$$

Вибираємо масляний вимикач ВА51-35 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 250 \text{ A}$,

номінальним струмом теплового розчіплювача $I_{т.розч.} = 250 \text{ A}$.

Для ВА 51-35 найбільша відключаюча здатність становить 18 кА.

Вибираємо кабель ААБГ (3x70 + 1x35).

– Лінія ТП-РПЗ:

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_P = \frac{29,83}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 45,32 \text{ A}.$$

$$I_{н.макс} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 25,32 \text{ A},$$

$$I_{п.макс} = 5 \cdot 25,32 = 126,61 \text{ A}.$$

$$I_n \approx 45,32 + 126,61 = 171,93 \text{ A}.$$

Вибираємо масляний вимикач ВА88-35 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 250 \text{ A}$,

номінальним струмом теплового розчіплювача $I_{т.розч.} = 250 \text{ A}$,

номінальним струмом електромагнітного розчіплювача $I_{е.розч.} = 3000 \text{ A}$.

Для ВА88-35 найбільша відключаюча здатність становить 35 кА.

Вибираємо кабель ААБГ (3x35 + 1x25).

- Лінія ТП-РП4:

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_P = \frac{9,29}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 14,01 \text{ A}.$$

$$I_{n.макс} = 5 \cdot 14,7 = 73,5 \text{ A}.$$

$$I_{n.макс} = \frac{5,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 14,7 \text{ A},$$

$$I_n \approx 14,01 + 73,5 = 87,51 \text{ A}.$$

Вибираємо масляний вимикач ВА88-32 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 125 \text{ A}$,

номінальним струмом теплового розчіплювача $I_{т.розч} = 125 \text{ A}$,

номінальним струмом електромагнітного розчіплювача $I_{е.розч} = 1250 \text{ A}$.

Для ВА88-32 найбільша відключаюча здатність становить 25 кА.

Вибираємо кабель ААБГ (3х35+1х25).

Вибір провідників для кожного окремого ЕП:

ЕП 1-6:

Номінальний струм:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{2,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 5,14 \text{ A}.$$

Пусковий струм:

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 5,14 = 25,7 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-60 з номінальним струмом

$I_{ном.в} = 40 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 6 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3х4 + 4).

ЕП 7-11:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{3}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 7,02 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 7,02 = 35,1 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-60 з номінальним струмом $I_{НОМ.в} = 40 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 6 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x10+1x10).

ЕП 12-15:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{3}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 7,6 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 7,6 = 38 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-60 з номінальним струмом $I_{НОМ.в} = 40 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 6 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x10+1x10).

ЕП 16-17:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{14}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 32,7 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 32,7 = 163,5 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач АЕ2066 з номінальним струмом $I_{НОМ.в} = 200 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 6 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x70+1x35).

ВЕП 18:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 11,7 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 11,7 = 58,5 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-100 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 80 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 10 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x16+1x16).

ЕП 19:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 11,7 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 11,7 = 58,5 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-100 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 80 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 10 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x16+1x16).

ЕП 20:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 17,55 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 17,55 = 87,75 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-100 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 100 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 6 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x35+1x25).

ЕП 21-22:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 23,4 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 23,4 = 117 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА88-33 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 160 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 35 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x50+1x25).

ЕП 23-24:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 11,7 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 11,7 = 58,5 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-100 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 80 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 10 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x16+1x16).

ЕП 25:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{5,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,4} = 20,89 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 20,89 = 104,45 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА88-33 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 160 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 35 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x50+1x25).

ЕП 26:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \phi} = \frac{8,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 19,2 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 19,2 = 96 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-100 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 100 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 35 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3х35+1х25).

ЕП 27:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 23,37 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 23,37 = 116,85 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА88-33 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 160 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 35 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3х50+1х25).

ЕП 28:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{5,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 12,17 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 12,17 = 60,85 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-100 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 80 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 10 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3х16+1х16).

ЕП 29-38:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{1,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 3,05 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 3,05 = 15,25 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-60 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 16 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 6 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x4+1x4).

ЕП 39:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{5,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 12,17 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 12,17 = 60,85 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-100 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 80 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 10 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x16+1x16).

ЕП 40-41:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 3,51 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 3,51 = 17,55 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-60 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 25 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 6 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x4+1x4).

ЕП 42:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{5,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 13,57 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 13,57 = 67,85 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-100 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 80 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 6 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x16+1x16).

ЕП 43-44:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{0,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 1,87 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 1,87 = 9,35 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-60 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 16 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 6 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x4+1x4)

ЕП 45-46:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 11,7 \text{ A}.$$

$$I_n = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 11,7 = 58,5 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА47-100 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 80 \text{ A}$ і струмом розчеплення $I_{розч.} = 10 \text{ кА}$.

Вибираємо провід АПВ (3x16+1x16)

Результати розрахунків та вибору автоматів заносимо в таблицю 3.1

На основі вибраних ЕА складемо принципову схему електропостачання цеху (рис. 3.1)

Таблиця 3.1– Вибір захисних апаратів і провідників цехової мережі

<i>Лінія</i>	$I_p',$ <i>A</i>	$I_m',$ <i>A</i>	<i>Тип</i> <i>захисного</i> <i>апарата</i>	$I_{ном.в.},$ <i>A</i>	$I_{розч.},$ <i>кА</i>	<i>Тип</i> <i>провідника</i>	$S, \text{мм}^2$
<i>ГПП –</i> <i>ТП</i>	3,6	7,2	<i>ВМП – 10</i>	630	20	<i>ААБ</i>	3x16
<i>ТП –</i> <i>РП1</i>	27,38	65,38	<i>ВА88 – 32</i>	125	25	<i>ААБГ</i>	3x25 + 1x16
<i>ТП –</i> <i>РП2</i>	53,9	232,05	<i>ВА88 – 35</i>	250	35	<i>ААБГ</i>	3x70+1x35
<i>ТП –</i> <i>РП3</i>	45,32	171,93	<i>ВА88 – 35</i>	250	35	<i>ААБГ</i>	3x70+1x35
<i>ТП –</i> <i>РП4</i>	14,01	87,51	<i>ВА88 – 32</i>	125	25	<i>ААБГ</i>	3x25 + 1x25
<i>ЕП 1 – 6</i>	5,14	25,7	<i>ВА47 – 60</i>	40	6	<i>АПВ</i>	3x4+1x4
<i>ЕП 7 – 11</i>	7,02	35,1	<i>ВА47 – 60</i>	40	6	<i>АПВ</i>	3x10 + 1x10
<i>ЕП 12 – 15</i>	7,6	38	<i>ВА47 – 60</i>	40	6	<i>АПВ</i>	3x10 + 1x10
<i>ЕП 16 – 17</i>	32,7	163,5	<i>АЕ20 – 66</i>	200	25	<i>АПВ</i>	3x70+1x35
<i>ЕП 18</i>	11,7	58,5	<i>ВА47 – 100</i>	80	10	<i>АПВ</i>	3x16+1x16
<i>ЕП 19</i>	11,7	58,5	<i>ВА47 – 100</i>	80	10	<i>АПВ</i>	3x16+1x16

<i>ЕП 20</i>	17,55	87,75	<i>BA47 – 100</i>	100	10	<i>АПВ</i>	$3 \times 35 + 1 \times 25$
<i>ЕП 21 – 22</i>	23,4	117	<i>BA88 – 33</i>	160	35	<i>АПВ</i>	$3 \times 50 + 1 \times 25$
<i>ЕП 23 – 24</i>	11,7	58,5	<i>BA47 – 100</i>	80	10	<i>АПВ</i>	$3 \times 16 + 1 \times 16$
<i>ЕП 25</i>	20,89	104,45	<i>BA88 – 33</i>	160	35	<i>АПВ</i>	$3 \times 50 + 1 \times 25$
<i>ЕП 26</i>	19,2	96	<i>BA47 – 100</i>	100	10	<i>АПВ</i>	$3 \times 35 + 1 \times 25$
<i>ЕП 27</i>	23,37	116,85	<i>BA88 – 33</i>	160	35	<i>АПВ</i>	$3 \times 50 + 1 \times 25$
<i>ЕП 28</i>	12,17	60,85	<i>BA47 – 100</i>	100	10	<i>АПВ</i>	$3 \times 16 + 1 \times 16$
<i>ЕП 29 – 38</i>	3,05	15,25	<i>BA47 – 60</i>	16	6	<i>АПВ</i>	$3 \times 4 + 1 \times 4$
<i>ЕП 39</i>	12,17	60,85	<i>BA47 – 100</i>	80	10	<i>АПВ</i>	$3 \times 16 + 1 \times 16$
ЕП 40-41	3,51	17,55	<i>BA47 – 60</i>	25	6	<i>АПВ</i>	$3 \times 4 + 1 \times 4$
ЕП 42	13,57	67,85	<i>BA47 – 100</i>	80	10	<i>АПВ</i>	$3 \times 16 + 1 \times 16$
ЕП 43-44	1,87	9,35	<i>BA47 – 60</i>	16	6	<i>АПВ</i>	$3 \times 4 + 1 \times 4$
ЕП 45-46	11,7	58,5	<i>BA47 – 100</i>	80	10	<i>АПВ</i>	$3 \times 16 + 1 \times 16$

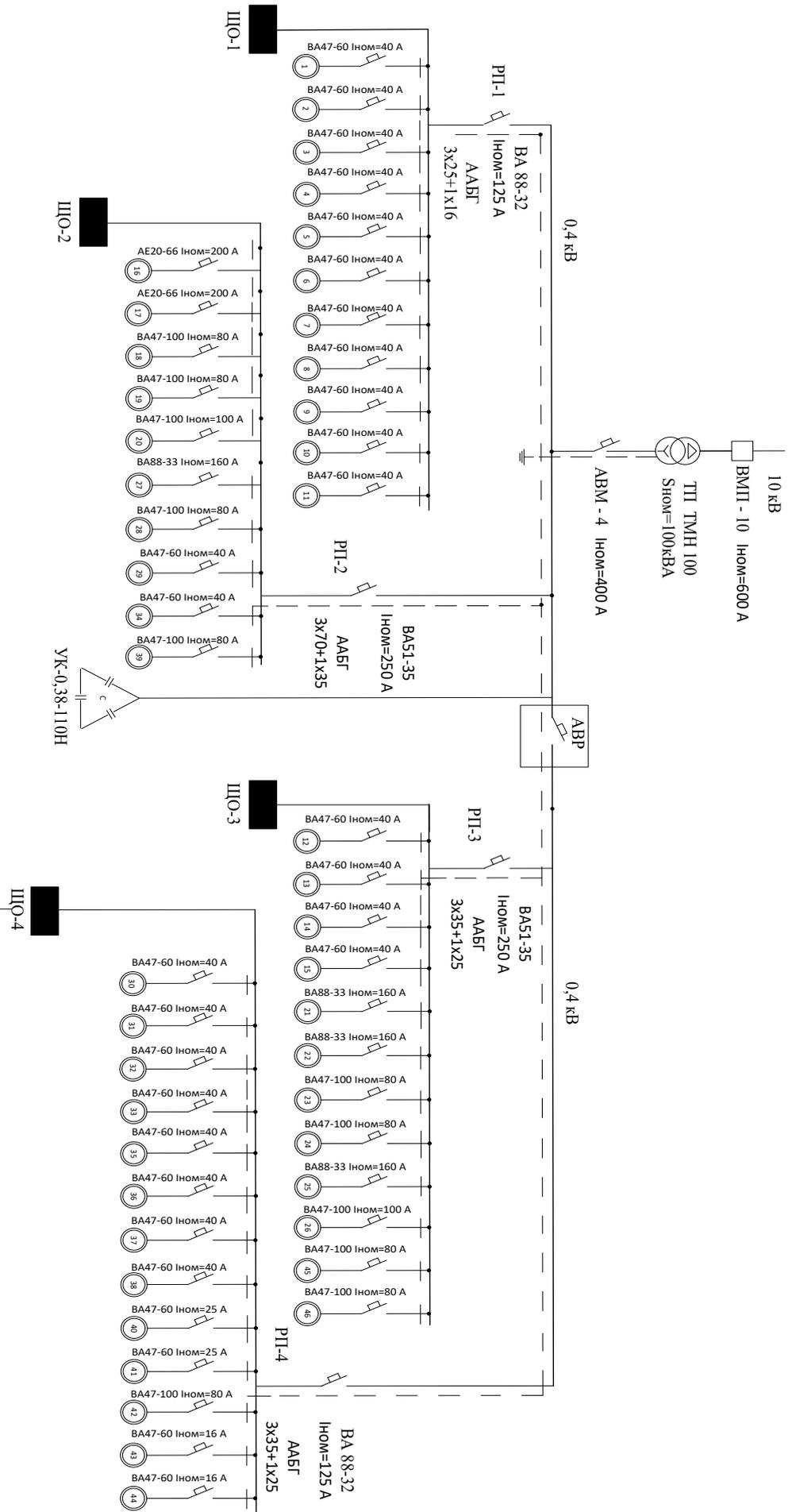


Рисунок 3.1 Принципова схема електропостачання цеху

Висновки по третьому розділу

В даному розділі був здійснений вибір електричних апаратів і перерізу провідників.

Розраховано значення струмів для нормального та післяаварійного режимів функціонування ліній з рівнями напруги 10 кВ та 0,4 кВ відповідно заданих математичних виразів. На стороні напруги 10 кВ рекомендовано встановлення масляних вимикачів типу ВМП-10. Для ліній з напругою 0,4 кВ пропонується використання автоматичних вимикачів типу АВМ-4.

Були розраховані для кожної лінії необхідні параметри та обрані захисні апарати, типи провідників та їх переріз.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було здійснено вибір числа і потужності силових трансформаторів та електричних апаратів і перерізу провідників 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.

В роботі був здійснений вибір електричних апаратів і перерізу провідників. Для цього були розраховані для кожної лінії необхідні параметри та обрані захисні апарати, типи провідників та їх переріз.

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