

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

Колесник Дмитро Олександрович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Аналіз та розробка варіанту захисного заземлення та компенсації
реактивної потужності виробничого цеху деревообробного підприємства

(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

Колесник Д.О.

(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 – 2024

АНОТАЦІЯ

Колесник Д.О. Аналіз та розробка захисного заземлення та компенсації реактивної потужності виробничого цеху деревообробного підприємства. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Основною метою роботи є компенсації реактивної потужності виробничого цеху деревообробного підприємства.

Результатом роботи є розрахунок пристроїв та їх параметрів, що визначають електробезпеку.

Ключові слова: конденсаторна установка, штучний, заземлювач, допустима напруга дотику, електричний потенціал.

ABSTRACT

Kolesnyk D.O. Analysis and development of protective grounding and reactive power compensation of the production shop of the woodworking enterprise. Qualifying work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The main purpose of the work is compensation of the reactive power of the production shop of the woodworking enterprise.

The result of the work is the calculation of devices and their parameters, which mean electrical safety.

Keywords: capacitor installation, artificial, grounding device, permissible contact voltage, electric potential.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. СХЕМА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА.	6
Висновки	10
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ ТА КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ЦЕХУ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА	11
2.1. Розрахунок компенсації реактивної потужності	11
2.2. Розрахунок заземлення	16
Висновки по розділу 2	24
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	25
3.1. Загальні положення	25
3.2. Заходи щодо техніки безпеки при роботі в цеху	26
Висновки по розділу 3	28
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30

ВСТУП

Актуальність роботи. Призначення захисного заземлення полягає в тому, щоб у випадку появи напруги на металевих конструктивних частинах електроустановки забезпечити захист людини від ураження електричним струмом при її доторканні до таких частин.

Метою роботи є підвищення електробезпеки виробничого цеху деревообробного підприємства

Задачі, що вирішуються при цьому:

1. Дослідження структури типового цеху.
2. Розробка системи захисного заземлення цеху.

Об'єктом дослідження є аналіз споживачів, щодо вибору системи захисного заземлення.

Предметом дослідження є система електропостачання виробничого цеху, щодо реалізації системи захисного заземлення цеху.

Методи досліджень. При виконанні досліджень, використовувалися методи всебічного аналізу, моделювання, оптимальних рішень.

Практична значимість результатів роботи:

Здійснено обґрунтування вибору системи електробезпеки об'єкту, щодо вирішення таких практичних завдань:

1. Обрати найбільш доцільний варіант системи захисного заземлення об'єкту.
2. У перспективі реалізувати можливість вдосконалення системи захисного заземлення при нарощуванні виробництва.

Перелік публікацій автора за темою дослідження :

Колесник Д.О. РОЗРАХУНОК КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ЦЕХУ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2024» 31 жовтня 2024 року. Житомир: Поліський національний університет, 2024.- С 156-157.

Колесник Д.О., Грищенко І.О. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2024» 31 жовтня 2024 року. Житомир: Поліський національний університет, 2024.- С 181-182.

Колесник Д.О., Грищенко І.О. ВИБІР ВЕЛИЧИН НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2024» 31 жовтня 2024 року. Житомир: Поліський національний університет, 2024.- С 179-180.

РОЗДІЛ 1
СКЛАД СХЕМИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЦЕХУ
ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА.

Склад та розташування виробничого цеху деревообробного підприємства

Виробничий цех деревообробного підприємства [3] виготовляє каркаси для таких промислових будівель: логістичних центрів; спортивних споруд; торгівельно-офісних та розважальних комплексів; станцій технічного обслуговування тощо.

До складу підприємства входять:

- котельна;
- виробничий корпус;
- корпус адміністрації;
- склад;
- ділянка з ремонту.

Склад електрообладнання цеху

Досліджуване товариство використовує наступне електрообладнання для виготовлення продукції:

Найменування обладнання	Потужність, кВт
преси марки "И-1334"	30
преси марки "КД-2128"	8,3
гільйотини фірми "XRL"	45
гідравлічний прес "РОНІМ"	11
трьохмостові крани потужністю	75
свердлувальні верстати марки 2М55	13
свердлувальні верстати марки 2П53	11

Розміщення технологічного обладнання цеху, картограма електричних навантажень та розміщення основних елементів електропостачання цеху і схема електропостачання цеху наведені на рисунках 1.1, 1.2, 1.3.

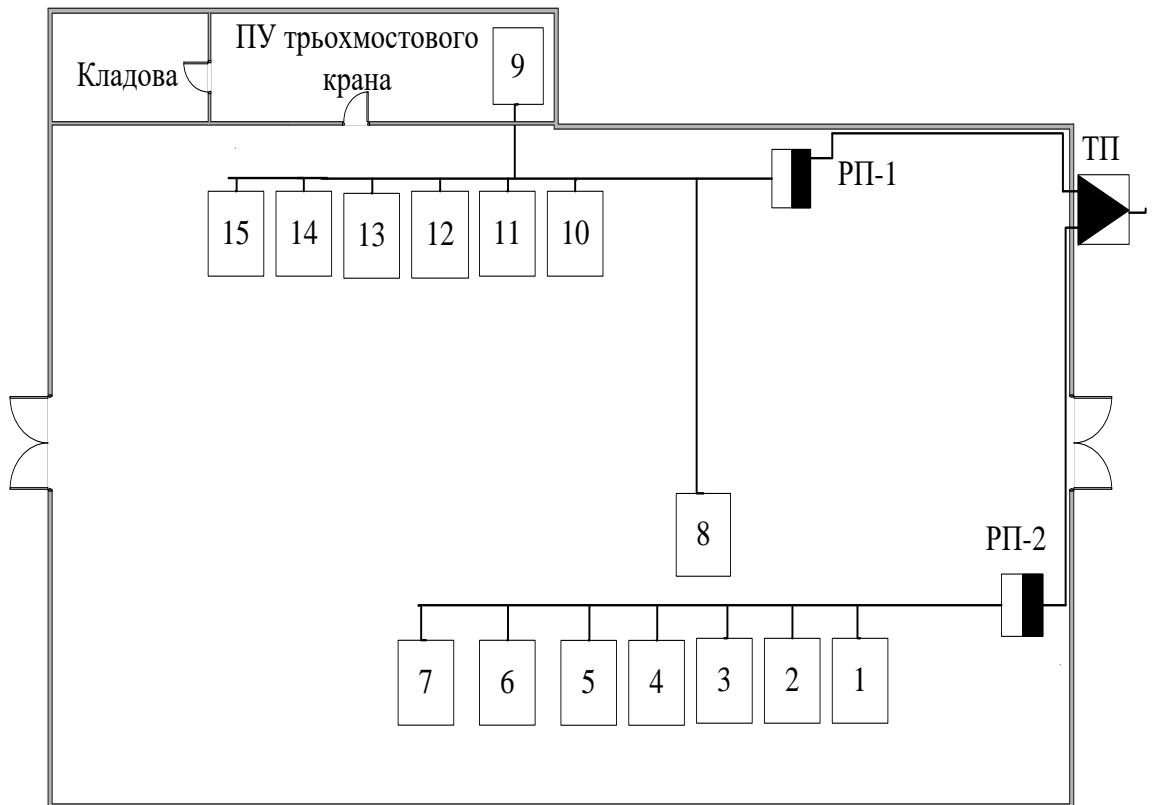


Рисунок 1.1 – Розташування цехового обладнання

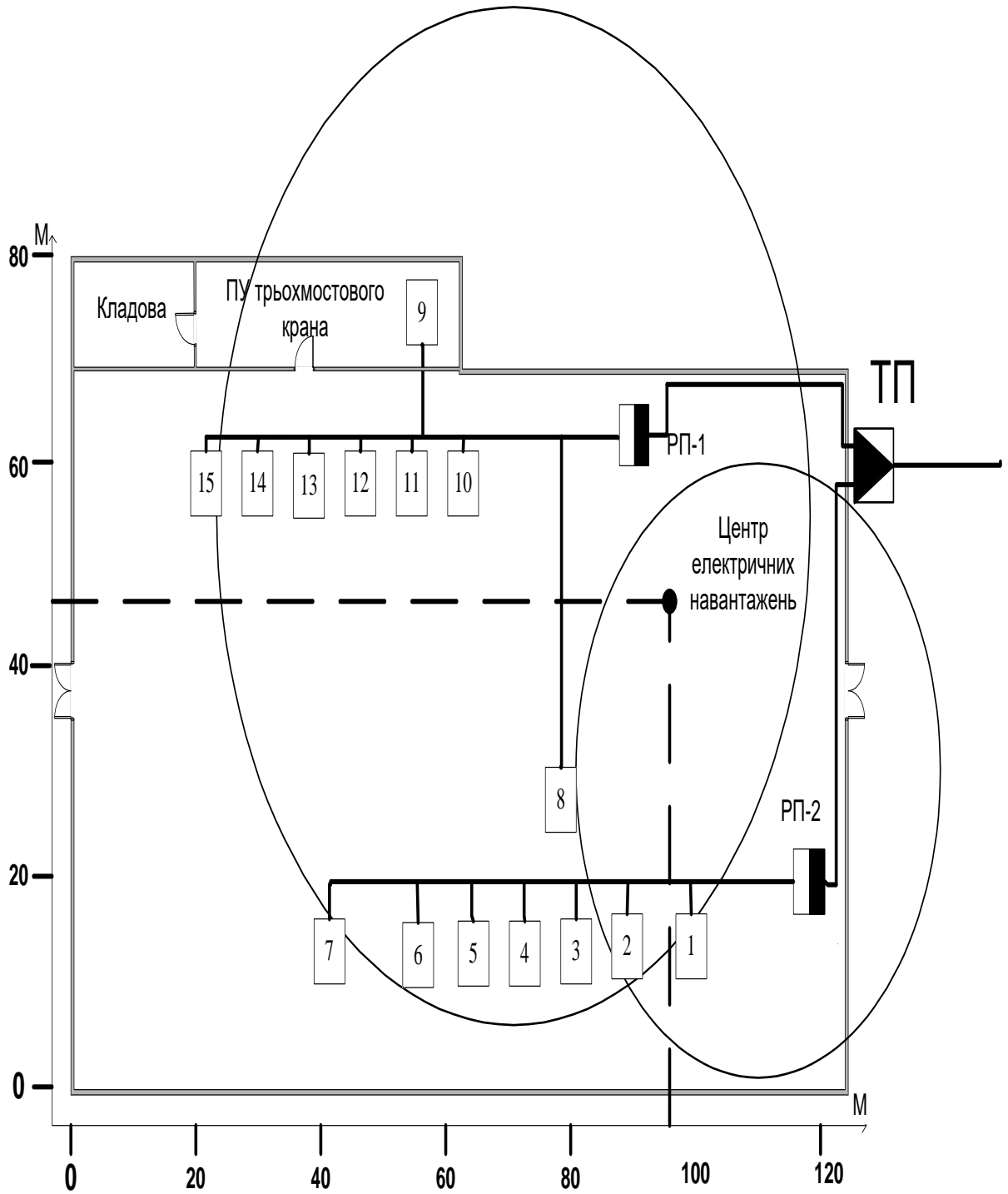


Рисунок 1.2 – Картограма електричних навантажень та розміщення основних елементів електропостачання цеху

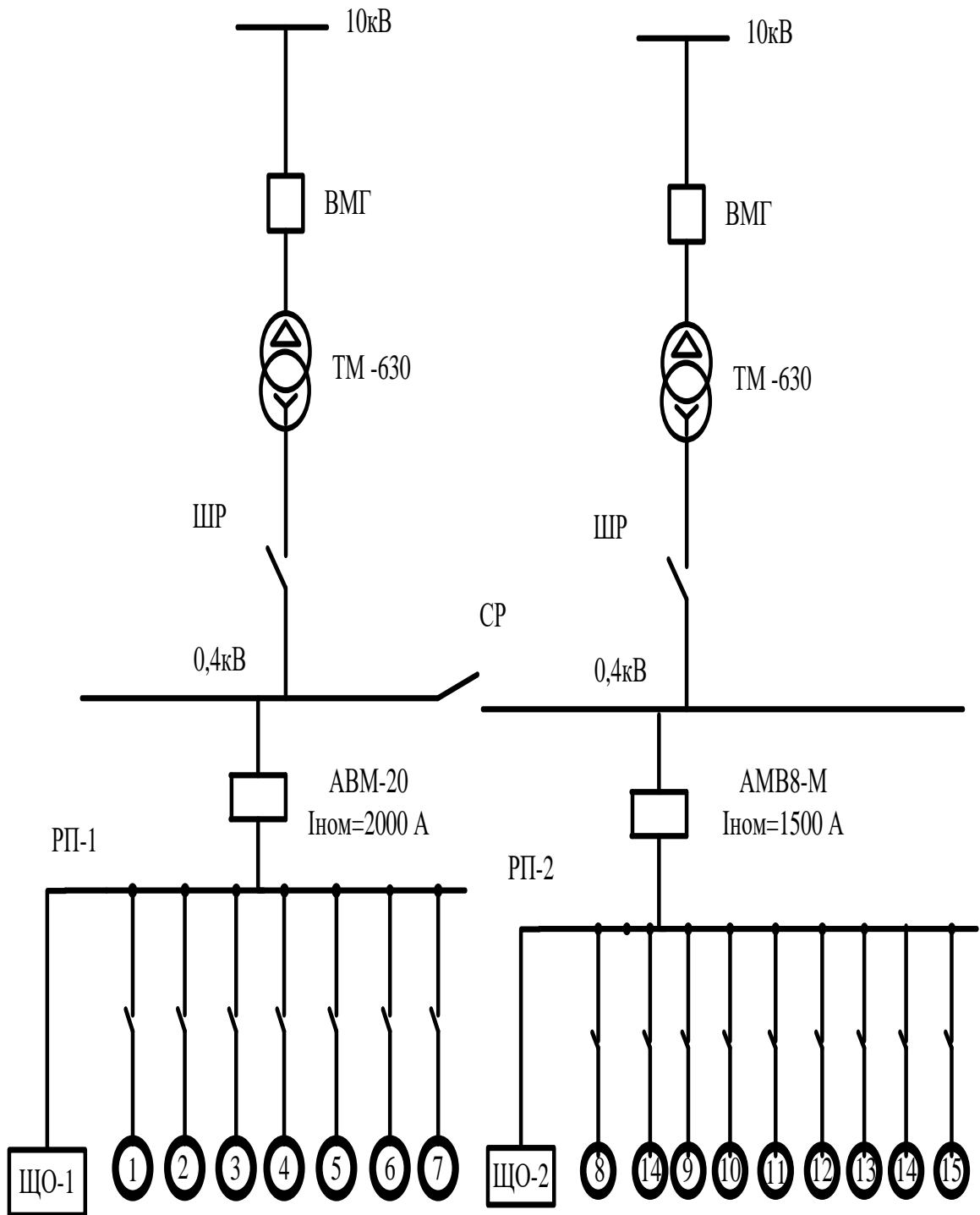


Рис. 1.3 – Живлення цеху.

Висновки

Приведено склад електрообладнання цеху, варіант розташування технологічного обладнання цеху, картограма електричних навантажень та розміщення основних елементів електропостачання цеху.

2 РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ ТА КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ЦЕХУ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок компенсації реактивної потужності

Схема електропостачання цеху наведена на рис.1.3.

Компенсація реактивної потужності досягається конденсаторною установкою [4].

$$N_0 = \frac{P_{p\Sigma}}{\beta_{н.тр} \cdot S_{н.тр}}, \quad (2.1)$$

де $\beta_{н.тр}$ – нормативний коефіцієнт завантаження трансформатора, який становить [6] 0,5...0,95;

$S_{н.тр}$ – номінальна потужність одного трансформатора, МВА;

N_0 – мінімально необхідне число трансформаторів;

$P_{p,\Sigma}$ – сумарна середня активна потужність, кВт;

$$Q_B = \sqrt{(N_0 \cdot \beta_{н.тр} \cdot S_{н.тр})^2 - P_{p\Sigma}^2}. \quad (2.2)$$

Вихідні дані:

- $P_{p\Sigma} = 397$ кВт,

- $Q_{p\Sigma} = 73$ кВар.

- оберемо два трансформатора з $P_H = 630$ кВА, 630 кВА кожний, (робочий та резервний).

Перевірка:

$$N_o = \frac{397}{0,9 \cdot 630} = 0,700.$$

$N_o = 1$ (мінімально необхідне число трансформаторів).

Тоді:

$$Q_b = \sqrt{(1 \cdot 0,6 \cdot 630)^2 - 369^2} = 65 \text{кВар}.$$

Визначим $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності [5]:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p\Sigma}}{S} = \frac{397}{\sqrt{369^2 + 73^2}} = 0,8.$$

Цього замало. Треба збільшити потужність батарей конденсаторів, щоб отримати [3] $\cos \varphi = 0,85 \dots 0,98$.

Треба компенсувати [2]:

$$Q_{\text{бк}} = (Q_{p\Sigma} - Q_b) = 73 - 65 = 8 \text{кВар}.$$

Результати, щодо вибору установки конденсаторів (див.табл.2.1)

Табл. 2.1

<i>Найменування</i>	$P_{p\Sigma},$ кВт	$Q_{p\Sigma},$ кВар	$Q_{\sigma},$ кВар	$Q_{\sigma k},$ кВар	<i>Тип конденсаторн. установ.</i>	<i>Ном.потужність, кВар</i>	<i>Число регул.ступенів, кВар</i>
<i>ТП</i>	397	73	65	8	<i>УДК -0,38-110Н</i>	110	1×110



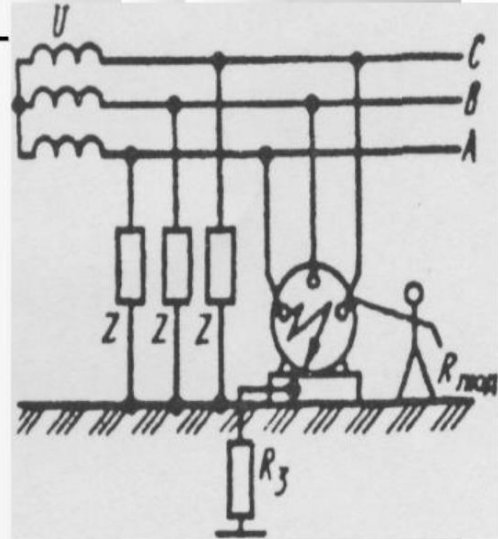




2.2 Розрахунок заземлення

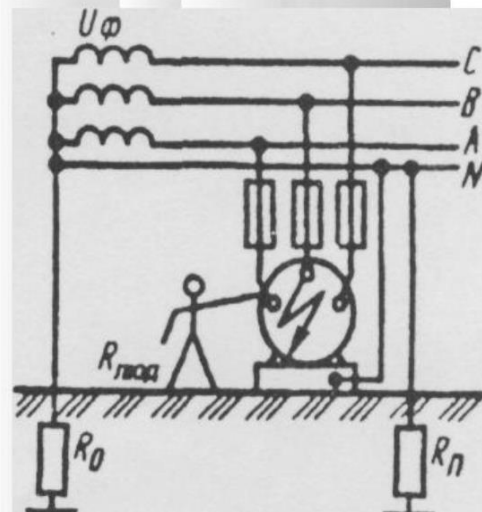
Заземлення

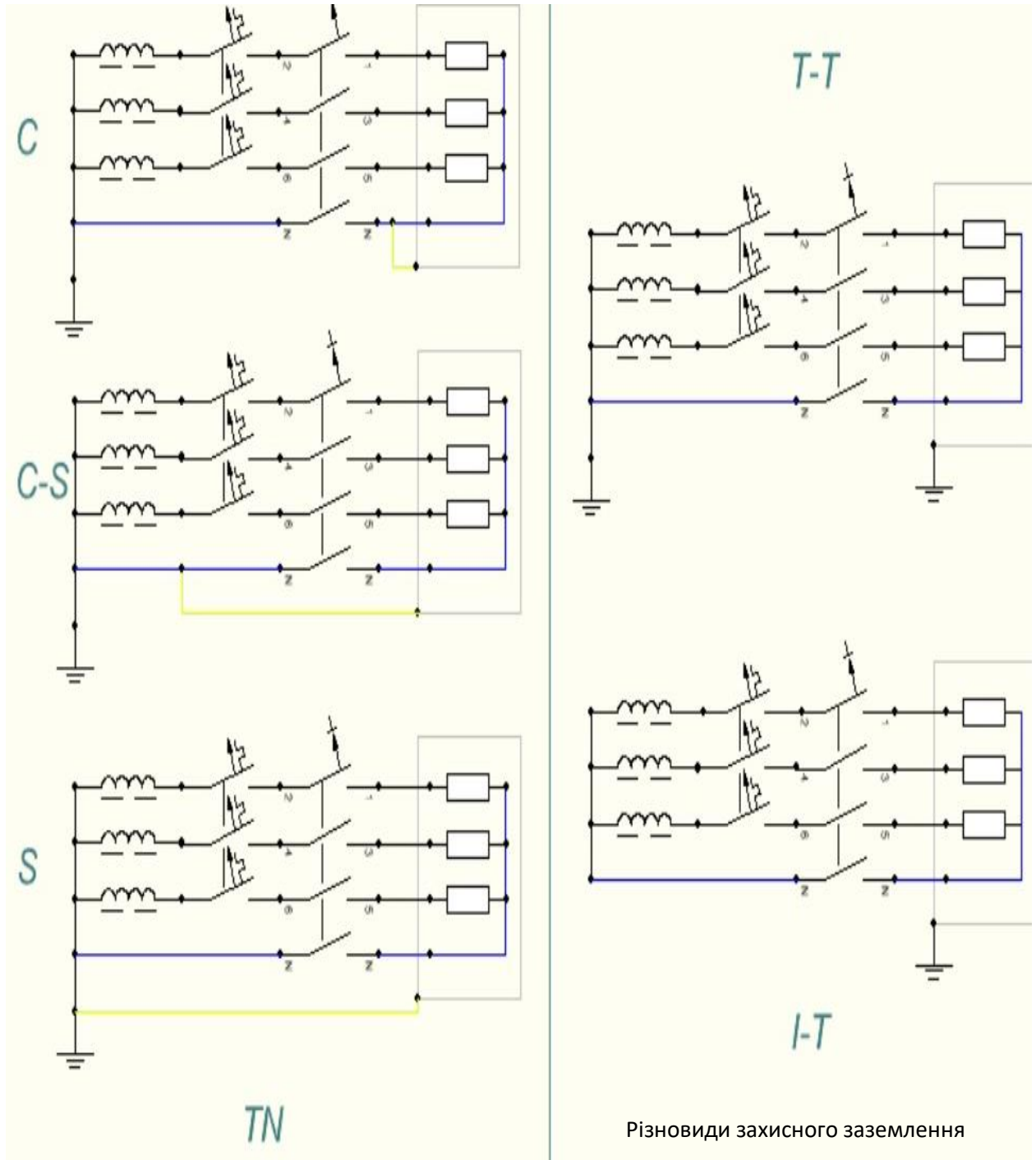
Захисне заземлення — навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих струмопровідних частин, що можуть опинитися під напругою.



ЗАНУЛЕННЯ

- **Занулення** — це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих струмонепровідних частин, які можуть опинитися під напругою (корпуси електроустановки, кабельні конструкції, сталеві труби тощо).





В якості штучних заземлювачів застосовуються металеві стрижні, смуги, занурені в ґрунт для надійного контакту з землею. Кількість заземлювачів визначається розрахунком в залежності від необхідного опору або допустимої напруги дотику. Розміщення штучних заземлювачів проводиться таким чином, щоб досягти рівномірного розподілу електричного потенціалу на

площі, зайнятої електрообладнанням. Для цієї мети на території ВРП прокладаються заземлюючі смуги на глибині 0,5 - 0,7 м уздовж рядів устаткування і в поперечному напрямку, утворюючи заземлювальну сітку, до якої приєднується заземлююче обладнання [2].

Визначимо необхідний опір штучного заземлювача $R_{ш}$:

$$R_{ш} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3}, \quad (2.3)$$

де R_e – опір розтікання природнього заземлювача, Ом; де

R_3 – необхідний опір заземлюючого пристрою, Ом;

$R_{ш}$ – необхідний опір штучного заземлювача, Ом;

Визначимо кількість вертикальних і довжину горизонтальних електродів :

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{S}}{a^l}, \quad (2.4)$$

де n – кількість вертикальних електродів, штук;

S – площа цеху, m^2 ;

a^l – задана відстань між електродами, м.

$$l_r = 2a + 2b, \quad (2.5)$$

де l_r – сумарна довжина горизонтальних електродів, м;

a – ширина сторони цеху, м;

b – довжина сторони цеху, м;.

Визначимо опори розтікання вертикального R_B та горизонтального R_Γ електродів:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{роз.в}}}{2 \cdot \pi \cdot l_B} \left(\ln \frac{2l_B}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_B}{4t - l_B} \right), \quad (2.6)$$

де $\rho_{\text{роз.в}}$ – розрахунковий питомий опір землі для вертикального електрода, Ом·м;

l_B – довжина вертикального електрода, м;

d – діаметр електрода, мм;

t – глибина занурення у землю верхнього кінця електрода, м.

$$R_\Gamma = \frac{\rho_{\text{роз.г}}}{2 \cdot \pi \cdot l_\Gamma} \cdot \ln \frac{2l_\Gamma}{0,5 \cdot b \cdot t}, \quad (2.7)$$

де $\rho_{\text{роз.г}}$ – розрахунковий питомий опір землі для горизонтального електрода, Ом·м;

l_Γ – довжина горизонтальних електродів, м.

Визначимо розрахунковий опір заземлювачів (див.табл.2.2,2.3):

$$R = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot \eta_B \cdot n}, \quad (2.8)$$

Початкові дані для розрахунку заземлювача :

- $S = 9000 \text{ м}^2$ з ГПП 10/0,4 кВ, $l_B = 5 \text{ м}$, $d = 12 \text{ мм}$, $a^l = 5 \text{ м}$,
- горизонтальні електроди (сталеві смуга з перетином $4 \times 400 \text{ мм}^2$) на глибині 0,8 м,
- коефіцієнти прокладки $K_B = 1,3$, $K_G = 2,5$.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти використання вертикальних η_e електродів групового заземлення без урахування смуги зв'язку [16]

Відношення відстаней між вертикальними електродами до їх довжини a/l	Число заземлювачів							
	2	4	6	10	20	40	60	100
<i>Електроди розміщені по контуру</i>								
1	-	0,69	0,61	0,56	0,47	0,41	0,39	0,36
2	-	0,78	0,73	0,68	0,63	0,58	0,55	0,52
3	-	0,85	0,81	0,76	0,71	0,66	0,64	0,62

Таблиця 2.3 – Коефіцієнти використання горизонтальних η_e електродів смугового електрода, з'єднаного вертикальні електроди групового заземлення [16]

Відношення відстаней між вертикальними електродами до їх довжини a/l	Число заземлювачів							
	2	4	6	10	20	40	60	100
<i>Вертикальні електроди розміщені по контуру</i>								
1	-	0,45	0,40	0,34	0,28	0,22	0,20	0,19
2	-	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	-	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

Визначимо розрахункові опори ґрунту для вертикальних та горизонтальних заземлювачів:

$$\rho_{\text{роз.в}} = K_{\text{в}} \cdot \rho, \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (2.9)$$

$$\rho_{\text{роз.г}} = K_{\text{г}} \cdot \rho, \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (2.10)$$

Таким чином, для чернозему:

$$\rho_{\text{роз.в}} = 1,3 \cdot 20 = 26, \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\rho_{\text{розг}} = 2,5 \cdot 20 = 50, \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

Візьмемо $R_e = 15 \text{ Ом}$, а згідно ПУЕ [5] необхідний опір заземлюючого пристрою складає $R_e = 4 \text{ Ом}$.

Визначимо необхідний опір штучного заземлювача $R_{\text{ш}}$ (формула 2.3):

$$R_{\text{ш}} = \frac{15 \cdot 4}{15 - 4} = 5,5 \text{ Ом};$$

Визначимо кількість вертикальних і довжину горизонтальних електродів:

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{9000}}{5} = 76 \text{ штук},$$

$$l_{\Gamma} = 2 \cdot 80 + 2 \cdot 120 = 400 \text{ м};$$

Визначимо опори розтікання вертикального R_e та горизонтального R_e електродів:

$$R_B = \frac{26}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 5,7 \text{ Ом};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 400} \cdot \ln \frac{2 \cdot 400}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,8} = 0,4 \text{ Ом};$$

За табл. 2.2, 2.3 обираємо $\eta_B = 0,4, \eta_{\Gamma} = 0,21$.

Визначимо розрахунковий опір заземлювачів (див.табл.2.2,2.3):

$$R = \frac{5,7 \cdot 0,4}{5,7 \cdot 0,21 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 76} = 0,26 \text{ Ом.}$$

Таким чином,проектований заземлювач є контурним, складається з 56 вертикальних стрижневих електродів довжиною 5 м і діаметром 12 мм та горизонтального електрода у вигляді сталеві смуги довжиною 400 м, перетином $4 \times 400 \text{ мм}^2$ занурених у землю на 0,8 м.

Висновки по другому розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи було розраховано компенсацію реактивної потужності, яка досягається використанням конденсаторної установки.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1. Загальні положення

Система заходів та засобів, які направлені на збереження працездатності, здоров'я та життя людини у процесі її праці – це те, що являє собою охорона праці [4].

У таблиці 3.1 наведені [16] гранично припустимі значення струмів залежно від часу протікання їх через тіло людини для шляхів «рука - рука», «рука - ноги».

Таблиця 3.1 – Гранично припустимі значення струмів частотою 50 Гц

<i>t, c</i>	0,01–0,08	0,01	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1
Для промислових електроустановок												
<i>I, mA</i>	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Для побутових електроустановок												
<i>I, mA</i>	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2

З урахуванням зазначених вище факторів можливі такі види дії електричного струму на організм людини [4]:

- біологічна – ураження таких систем життєдіяльності, як нервова, серцева та дихання;
- теплова – опіки;
- механічна – розриви тканин тіла.

Згідно з класифікацією приміщень [1] даний виробничий цех відносимо до приміщення з підвищеною небезпекою, адже в цеху є можлива небезпека ураження струмом через струмопровідну металеву підлогу, а також дотику до гострих елементів станків, які обертаються.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що працівники які перебувають в тому чи іншому підприємстві, установі, повинні керуватися певними правилами, ці ж правила і закладені в документах [1] з охорони праці.

3.2. Заходи щодо техніки безпеки при роботі в цеху

3.2.1. Загальні вимоги безпеки

Згідно вимог, що встановлені в досліджуваному цеху [1]:

- допускаються до самостійної роботи особи віком не молодші вісімнадцяти років, які пройшли попередній медогляд, попереднє професійне навчання і контроль знань з питань охорони праці, пройшли вступний інструктаж та первинний інструктаж по охороні праці на робочому місці.

Виконання вимог безпеки передбачає виключення:

- дотикання до робочого інструменту верстата;
- виліт з верстата різального інструменту або його частин, а також заготовок і деталей, що обробляються;
- попадання у верстатника або інших осіб, що знаходяться поруч з верстатом, ошурків і зрізків матеріалу, що обробляється;
- травмування при встановленні і заміні різальних інструментів;
- доторкання до механізмів, що рухаються, електроприладів і інструменту, що обертаються.

3.2.2. Вимоги безпеки, щодо аварійних ситуацій.

У разі виникнення аварійних ситуацій [2]:

- при заклинюванні деталі, що оброблюється, треба спочатку вимкнути та знеструмити обладнання, а потім витягнути деталь;
- вимкнути верстат у випадку припинення подавання електроенергії або після його автоматичного вимикання запобіжним пристроєм;

- у всіх випадках аварії з обладнанням або отриманням робітником травми вимкнути верстат, травмованому робітнику надати першу допомогу, в разі потреби викликати лікаря. Зберегти обставини пригоди недоторканими і повідомити про випадок майстра.

Висновки по третьому розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто:

- загальні положення з охорони праці;
- заходи щодо техніки безпеки при роботі в цеху;
- пропозиції щодо безпеки перед початком роботи;
- пропозиції щодо безпеки в аварійних ситуаціях.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було розраховано компенсацію реактивної потужності, яка досягається використанням конденсаторної установки.

При розрахунку захисного заземлення були визначенні основні параметри.

Було розраховане захисне заземлення.

Були також розглянуті:

- загальні положення з охорони праці;
- заходи щодо техніки безпеки при роботі в цеху;
- пропозиції щодо безпеки перед початком роботи;
- пропозиції щодо безпеки в аварійних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Улаштування електроустановок./ Наказ Міністерства енергетики 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.: Каменярь, 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