

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Мартинюк Андрій Ігорович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Аналіз та розробка захисного заземлення та блискавкозахисту цеху
механічної обробки деталей
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

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

Мартинюк А. І.

(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)

АНОТАЦІЯ

Мартинюк А.І. Аналіз та розробка захисного заземлення та блискавкозахисту цеху механічної обробки деталей. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Основне завдання цього завдання - збільшення енергетичної безпеки цеху механічної обробки деталей.

Результати роботи враховують обчислення супротиву ґрунту щодо горизонтальних та вертикальних пристроїв заземлення, кількості таких пристроїв, ступеню їх використання з врахуванням необхідних факторів (уточнений супротив, захист від впливу електромагнітного поля, тощо).

Ключові слова: захисне заземлення, захисне занулення, вертикальні та горизонтальні заземлювачі. опори розтікання, екранування, зони грозозахисту.

ABSTRACT

Martyniuk A.I. Analysis and development of protective grounding and lightning protection of the machining shop. Qualifying work for obtaining a bachelor's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The main task of this task is to increase the energy security of the machine processing of the parts.

The results of the work take into account the calculation of soil resistance to horizontal and vertical grounding devices, the number of such devices, the degree of their use, taking into account the necessary factors (refined resistance, protection against the influence of the electromagnetic field, etc.).

Keywords: protective grounding, protective zeroing, vertical and horizontal grounding devices. spreading supports, shielding, lightning protection zones.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ ТА СКЛАД ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЦЕХУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ	6
1.1. Електропостачання споживачів як підсистема енергетичної та технологічних систем	6
1.2. Склад електрообладнання цеху.	8
Висновки за 1 розділом	11
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ	12
Висновки за розділом 2	20
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЗАХИСТУ ВІД БЛИСКАВОК	21
Висновки за розділом 3	23
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	25

ВСТУП

Актуальність роботи. Захист людей від електричних ударів є необхідним і нагальним завданням, у випадку коли операції відбуваються в електричній установці. Метою захисних пристроїв є забезпечення захисту від електричних ударів, коли напруга виникає в металевій структурі електричного пристрою (наприклад, якщо ізоляція пошкоджена, через замикання на корпус) та торкання таких місць. Якщо зменшити до безпечних значень напруги кроку та дотику, можна досягти цього.

Суттєво підвищити електробезпеку можливо, якщо одночасно занулити та заземлити корпуси електропристроїв.

За таких обставин удосконалення систем захисту людей від електричних ударів є важливою задачею.

Метою роботи є покращення безпеки цеху.

Для цього розглядаються наступні задачі:

1. Дослідження структури та складу типового цеху.
2. Розробка системи захисту від блискавки, занулення і заземлення цеху механічної обробки деталей.

Об'єктом дослідження є споживачі електричної енергії, щодо вибору запобіжних пристроїв, відносно електричних ударів.

Предметом дослідження є система електропостачання з подальшим вибором системи захисту від блискавок та пристроїв захисту від електричних ударів.

Методи досліджень. Під час впровадження дослідження обирались компромісні рішення за допомогою методів аналізу систем, математичного моделювання та методів обчислення систем живлення.

Практична значимість результатів роботи:

Методологічні принципи, математичні моделі та принципи вибору систем захисту дають можливість ефективно реалізовувати такі практичні завдання:

1. Покращити вибір системи захисту від уражень блискавок та ударів електричного струму, враховуючи специфіку підприємства.

2. Надалі можна покращити системи захисту від блискавок та пристроїв захисту від електричних ударів.

Перелік публікацій автора за темою дослідження :

Мартинюк А.І. РОЗРАХУНОК БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ЦЕХУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Матеріали науково практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики «Студентські читання - 2024». 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. - С 51-54.

Мартинюк А. І., Олейніков А.О. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ
ОБСЛУГОВУВАННІ ТРАНСФОРМАТОРІВ

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. - С 56-59.

РОЗДІЛ 1

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ ТА СКЛАД ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЦЕХУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

1.1. Електропостачання споживачів як підсистема енергетичної та технологічних систем.

Система електропостачання промпідприємства є підсистемою енергосистеми, що забезпечує комплексне електропостачання промислових, транспортних, комунальних та сільськогосподарських споживачів цього району. У той самий час система електропостачання промпідприємства є підсистемою технологічної системи виробництва цього підприємства, що висуває певні вимоги до електропостачання [4].

Електропостачання - забезпечення споживачів електроенергією.

Приймач електроенергії (ЕП) - апарат, агрегат та ін, призначений для перетворення електроенергії в інший вид енергії [15].

- а) потребою в тепловій енергії для технологічних цілей та опалення та ефективністю попутного виробництва при цьому електричної енергії;
- б) необхідністю резервного живлення для відповідальних споживачів;
- в) велику віддаленість деяких підприємств від енергосистем.

Промислові об'єкти належать до галузей промисловості, які укрупнено можна поділити так [15]:

1. Гірничодобувна промисловість (вугільні шахти та копальні; кар'єри відкритого видобутку вугілля, руди та нерудних копалин; нафтопромисли; гірничо-збагачувальні комбінати та агломераційні фабрики).

2. Чорна металургія (коксохімічні цехи; установки доменних цехів; встановлення мартенівських та конверторних цехів; установки прокатних цехів).

3. Машинобудування та металообробка (металорізальні верстати;

ковальсько-штампувальні машини та преси; деревообробні верстати; електроінструмент).

4. Хімічна промисловість (азотна промисловість, виробництво соди, суперфосфату, сірчаної кислоти, карбіду кальцію, хлору, металевого натрію, гумових шин та технічних виробів, синтетичного каучуку тощо).

5. Нафтопереробна промисловість.

6. Паперово-целюлозна промисловість.

7. Текстильна та легка промисловість (прядильні та ткацькі фабрики бавовняних, сукняних та штучних тканин; взуттєві, галантерейні, хутряні та інші фабрики).

8. Промисловість будівельних матеріалів (цементні, скляні, цегельні, заводи залізобетонних виробів).

9. Харчова промисловість (елеватори, млини, круп'яні та комбікормові заводи, хлібозаводи, цукрові, молочні, спиртові та інші заводи).

На промислових підприємствах всіх галузей можна назвати велику групу загальнопромислових установок, які встановлюються [5]:

а) підйомно-транспортні машини (тельфери, кран-балки, мостові, консольні та козлові крани, підйомники, ліфти, маніпулятори та інші);

б) потоково-транспортні системи (конвеєри, перевантажувальні механізми, транспортери, шнеки, норії);

в) компресори, насоси, вентилятори.

Особливо слід виділити таку галузь промисловості як електротехнологія, до якої входять: а) електротермічні установки (ЕТУ); б) електрозварювальні установки; в) електролізні установки; г) встановлення електричного поля високої напруги тощо.

Найбільш поширеним споживачем електроенергії є електричне освітлення виробничих приміщень (лампи розжарювання, галогенні

лампи, люмінесцентні лампи, кварцові ртутні лампи, ксенонові і натрієві лампи).

На промислових підприємствах всіх галузей можна назвати велику групу загальнопромислових установок, які встановлюються [2]:

а) підйомно-транспортні машини (тельфери, кран-балки, мостові, консольні та козлові крани, підйомники, ліфти, маніпулятори та інші);

б) потоково-транспортні системи (конвеєри, перевантажувальні механізми, транспортери, шнеки, норії);

в) компресори, насоси, вентилятори.

Особливо слід виділити таку галузь промисловості як електротехнологія, до якої входять: а) електротермічні установки (ЕТУ); б) електрозварювальні установки; в) електролізні установки; г) встановлення електричного поля високої напруги тощо.

Найбільш поширеним споживачем електроенергії є електричне освітлення виробничих приміщень (лампи розжарювання, галогенні лампи, люмінесцентні лампи, кварцові ртутні лампи, ксенонові і натрієві лампи).

1.2. Склад електрообладнання типового цеху механічної обробки деталей

Цехові мережі цеху механічної обробки деталей розробляють на напругу до 1кВ (напруга 380 В є найпоширенішою) [2].

Схему розміщення технологічного обладнання цеху наведена на рис 1.1.

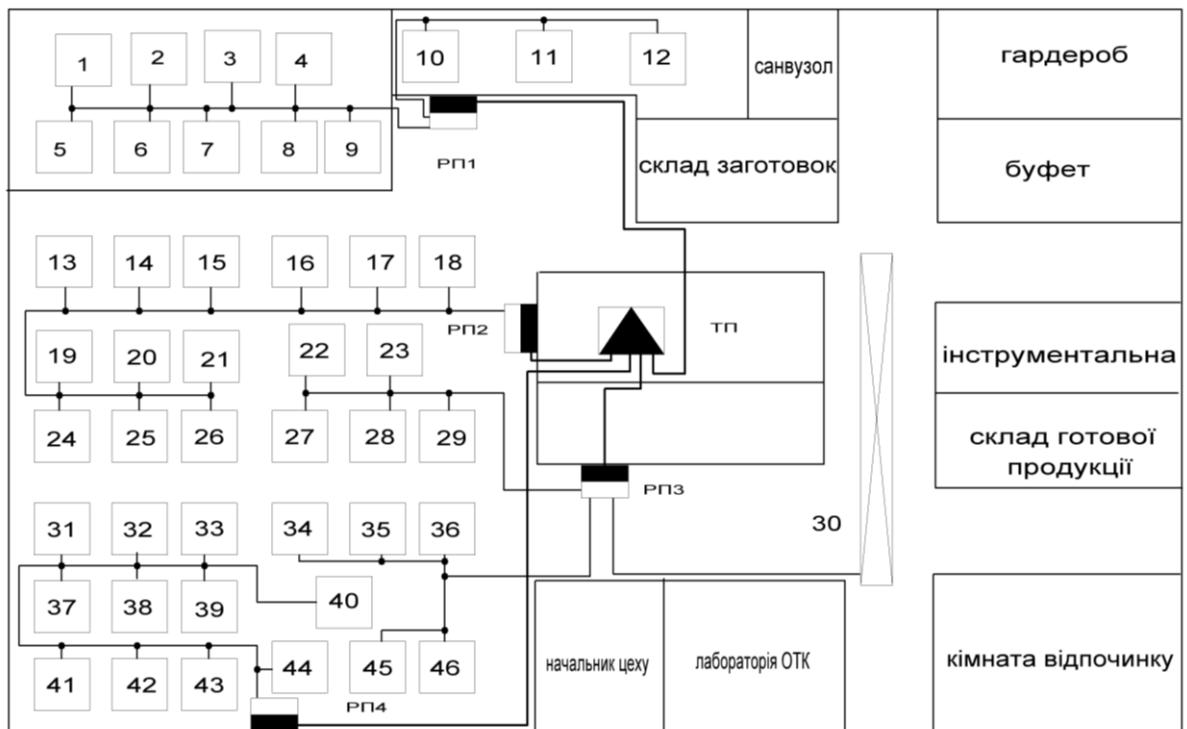


Рисунок 1.1– Розміщення технологічного обладнання цеху

Склад обладнання цеху механічної обробки деталей наведений у таблиці 1.1.

Номер	Назва	Кількість	P_n , кВт	$\cos\varphi / \tan\varphi$	K_s
21,37,38,39	Токарні напівавтомати	4	22	0,8 / 0,7	0,14
22,23	Балансувальні верстати	2	2,7	0,8 / 0,7	0,14
27,28,29	Вертикально – сверлильні верстати	3	4	0,8 / 0,7	0,14
30	Кран мостовий	1	30	0,8 / 0,7	0,1
31,32,33	Агрегатні верстати	3	12	0,8 / 0,7	0,14
40,41,42	Шпоночно – фрезерні верстати	3	7	0,8 / 0,7	0,14
1,13,15,16,34,35,36	Токарні спеціальні верстати	7	10	0,8 / 0,7	0,14
2,43,44	Алмазно – розточні верстати	3	2,2	0,8 / 0,7	0,14
3,24,25,26	Вертикально – фрезерні верстати	4	7,5	0,8 / 0,7	0,14

4,9	Наждачні верстати	2	2,4	0,8 / 0,7	0,14
5,6,17,18	Свердлильні верстати	4	8	0,8 / 0,7	0,14
7,8	Заточні верстати	2	1,5	0,8 / 0,7	0,14
10,11,12	Гартувальні установки	4	15	0,8 / 0,7	0,14
14,19,20	Круглошліфувальні верстати	3	6,5	0,8 / 0,7	0,14

Центри електричних навантажень і радіуси кругів навантаження для кожної ділянки цеху наведені на рисунку 1.2

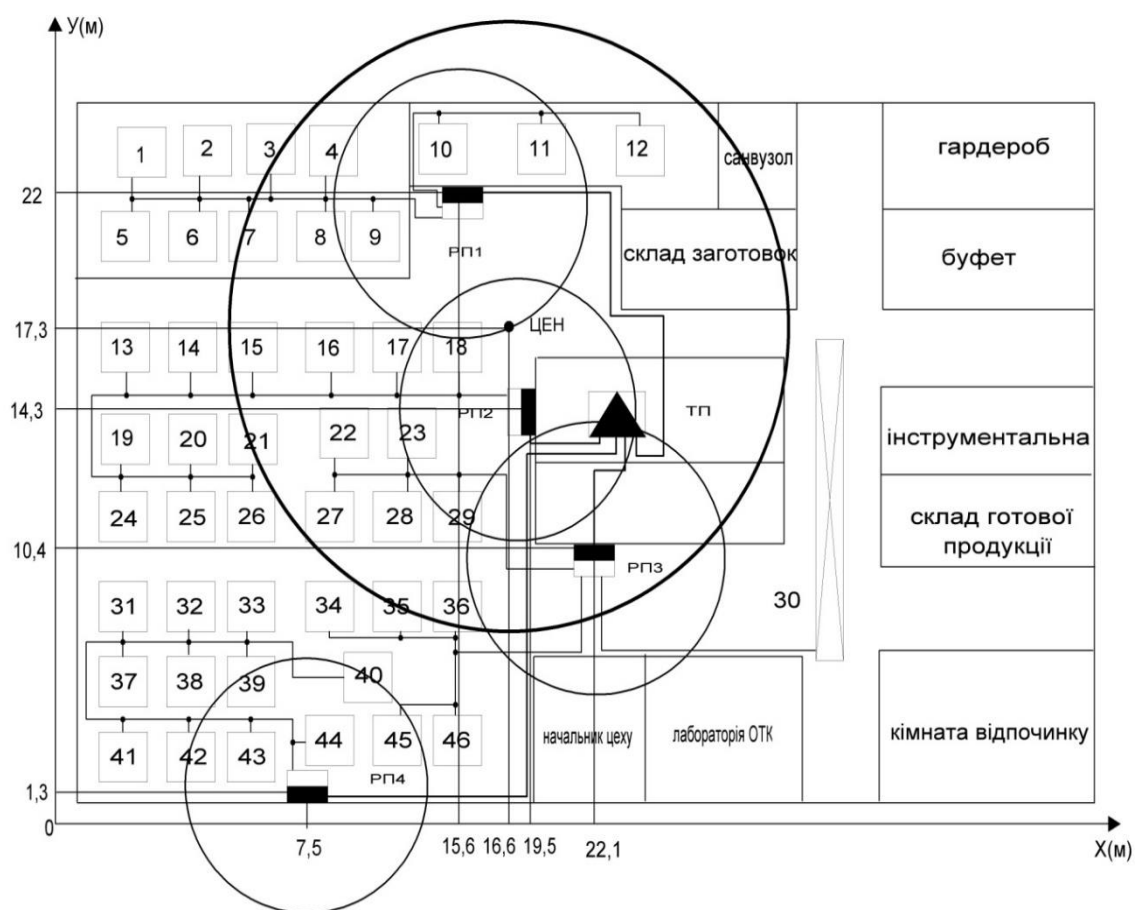


Рисунок 1.2 – Картограма електричних навантажень цеху

Структурна схема електропостачання цеху наведена на рис. 1.3.

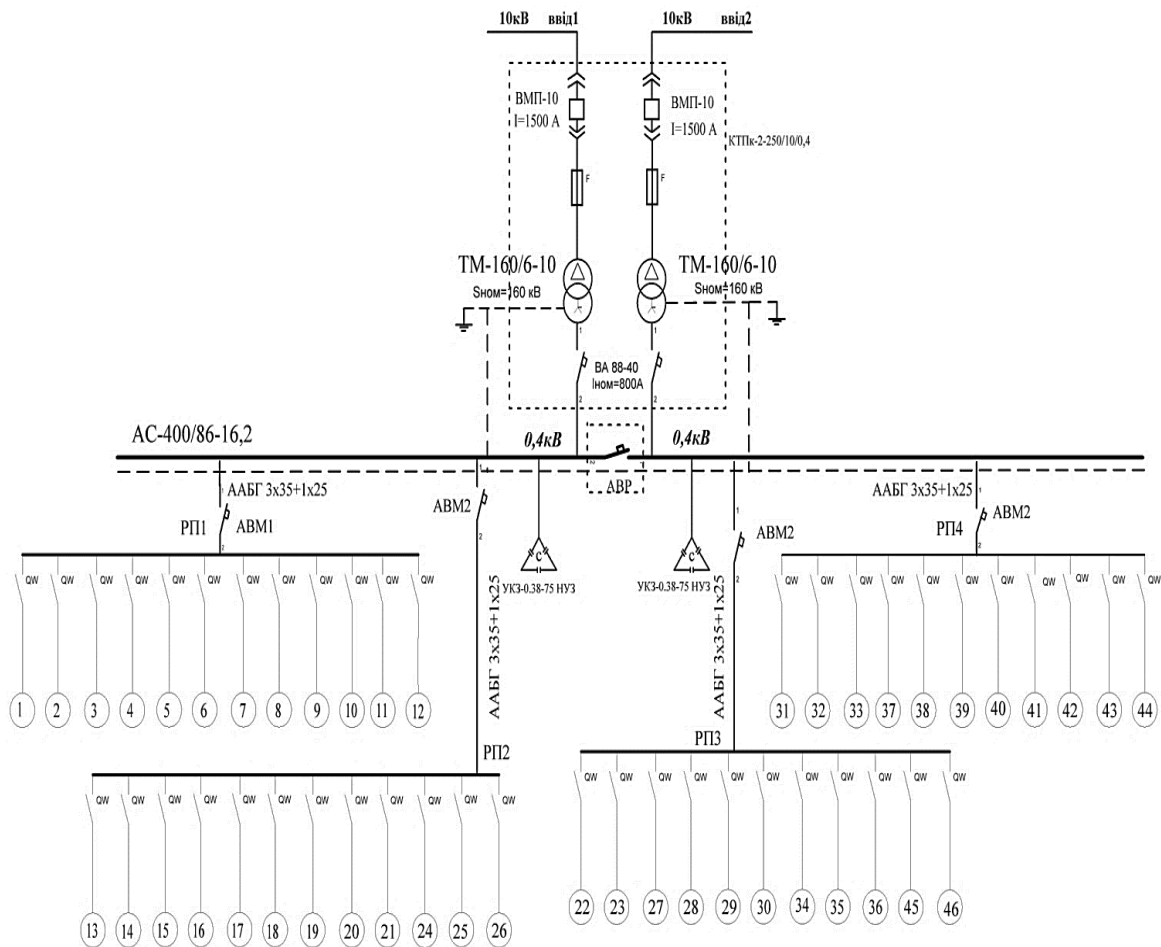


Рисунок 1.3 – Структурна схема електропостачання цеху.

ВИСНОВОК ЗА РОЗДІЛОМ 1

Система електропостачання промпідприємства є підсистемою енергосистеми, що забезпечує комплексне електропостачання промислових, транспортних, комунальних та сільськогосподарських споживачів. У той самий час система електропостачання промпідприємства є підсистемою технологічної системи виробництва цього підприємства, що висуває певні вимоги до електропостачання.

Розглядаємий в роботі цех механічної обробки деталей належить до 2-ї категорії.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ

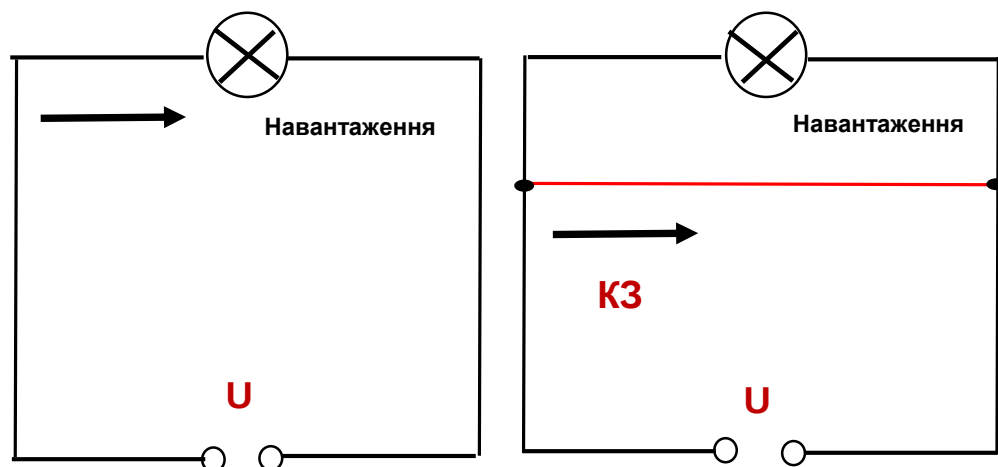
Коротке замикання (КЗ) – це небезпечне та неприємне явище, яке спричиняє пошкодження електричної системи підприємства, квартири чи приватного будинку та призводить до інших незворотних наслідків для користувачів. Нехтувати захистом від нього не слід, інакше це обернеться незрівнянними витратами на відновлення електрообладнання, електропроводки та ремонт техніки [15].

Визначення поняття коротке замикання

Коротке замикання – це з'єднання двох ділянок (точок) електроланцюжка з різними потенціалами (наприклад, фази і нуля, фази і землі або двох фаз), яке призводить до швидкого (стрибкоподібного) та критичного зростання сили струму в місці контакту (в 10-100 разів) та зниження напруги.

Саме слово "коротке" означає мінімальний шлях для проходження струму та різке збільшення його значення. Такий стан не передбачається штатним режимом роботи ланцюга та призводить до надмірного нагрівання проводів, оплавлення, а потім займання ізоляції та інших горючих матеріалів у місці стику. Найчастіше це закінчується пожежею [4].

Найпростіший приклад виникнення КЗ – коли оголена частина фазного дроту торкається відкритої частини нейтрального провідника.



На схемі видно, що зліва ланцюг замикається через навантаження - струм проходить через лампу. Праворуч відбувається з'єднання фази та нуля у непризначеному для цього місці (наприклад, усередині розетки). У цьому випадку виникає коротке замикання та електричний струм відразу починає проходити по провіднику з меншим опором в обхід навантаження з більш високим опором. Він є руйнівним для проводки.

Ознаками короткого замикання є вибивання автомата/пробки (якщо вони встановлені на лінії), утворення електричної дуги та поява іскор у місці зіткнення.

Види короткого замикання та його наслідки

Залежно від з'єднання типів провідників різняться такі види КЗ [5]:

- однофазні - коли фазний замикається з нульовим проводом або заземленням (розповсюджений випадок), при такому КЗ струм досягає найбільшої величини;
- двофазні - з'єднання будь-яких двох фаз у мережі 380 В, наприклад, А (L1) і В (L2);
- трифазні – замикання відбувається одразу між трьома фазними провідниками – А (L1), В(L2) та С(L3).

Короткі замикання можуть виникати на будь-якій ділянці ланцюга і мати глобальний (може постраждати вся проводка та обладнання) або локальний (пошкодження обладнання відбувається лише на одній ділянці лінії).

Розберемо, які дії та наслідки можуть надавати КЗ.

Вплив	Що відбувається?	Наслідки
Різка зміна напруги в мережі та посилення електромагнітного поля в місці з'єднання.	Некоректна робота або вимкнення електроприладів.	Вихід з ладу електротехніки (усієї на об'єкті без винятку – котла опалення, праски, чайника, електроплити, пральної машини та ін.).
	Електромотори можуть бути пошкоджені через порушення режиму обертання.	

Підвищення сили струму в мережі та зростання температури у місці стику.	Надмірне нагрівання проводів та внутрішніх компонентів у техніки, підключеної до мережі.	Займання електроприладів та ділянок ланцюга. Можливе ураження користувача струмом
	Оплавлення від високої температури запобіжника та/або відключення захисного автомата/пробки.	Знеструмлення мережі та навантаження, можливі пошкодження захисних елементів

Причини КЗ

Найпоширенішими причинами короткого замикання є порушення та пробої ізоляційного матеріалу проводів, несправність електроприладів та зовнішні дії.

Порушення ізоляції

Це основна передумова виникнення КЗ, яка може статися через [13]:

- неякісний монтаж. Наприклад, при неакуратному обрізанні ізоляції кабелю після з'єднання можуть залишитися оголені жили, які через деякий час починають торкатися один одного або до різних металевих поверхонь. Сюди можна зарахувати і неякісне обслуговування. Всі різьбові з'єднання з часом слабшають, якщо їх періодично не підкручувати, то в цих місцях виникатиме сильне нагрівання або іскріння. Також у місцях підключення кабелів, особливо поза приміщеннями, згодом осідають великі частинки пилу, у певний момент вони можуть стати провідником та викликати КЗ;

- перевантаження. При підключенні в мережу навантаження з перевищенням потужності, що споживається, також відбувається перегрів провідників, що провокує поступове руйнування їх ізолюючого матеріалу. Наприклад, більшість подовжувачів розрахована на струм 16 А (3,5 кВт). Якщо до нього підключати обладнання з великим споживанням, лінія

перегріватиметься. Це призведе до оплавлення та пробою ізоляції, а потім викличе КЗ;

- старіння. Згодом ізоляційний шар втрачає свій ресурс. Він розтріскується і відшаровується. Через це у будь-який момент може виникнути витік струму – причина дугового пробою;
- часті перенапруги. Зношування проводки прискорюється, з'являються аварійні ділянки (кращим засобом захисту від мережевих перепадів вважається установка стабілізатора напруги. Якщо ж у мережі відбуваються відключення електрики, то допоможе тільки ДБЖ).

Несправність електроприладів

КЗ часто зустрічається у несправних пристроях. Наприклад, якщо при підключенні до мережі електрообігрівача відразу вибиває автомат, значить десь усередині обігрівача перебиті дроти або некоректно функціонують його внутрішні компоненти. Коли пакетник вибиває, не можна повторно вмикати несправний пристрій у розетку. Інакше це виведе з ладу захисне обладнання та всю проводку на лінії [15].

Якщо автомат не встановлений, то визначити виникнення КЗ можна за зовнішніми ознаками – запахом горіння та тріском (іскрінням). В цьому випадку потрібно відразу ж знеструмити навантаження.

Зовнішні дії

До них відносяться [15]:

- механічні пошкодження ділянки ланцюга. Наприклад, при виконанні ремонтних робіт перфоратором було пошкоджено кабель, що призвело до пробою та виникнення непотрібного з'єднання провідників через електроінструмент. Нерідко гризуни можуть пошкодити ізоляційну оболонку кабелю, що викликає обриви або розтин струмопровідних частин;
- аварії на підстанціях. Це пошкодження обладнання або вплив електричної дуги, що утворилася;

- удари блискавок. Вони викликають багаторазові перенапруги на пошкоджених елементах та, відповідно, пробої електропроводки.

Як захиститись від короткого замикання?

Захиститись від такого небезпечного явища допоможе якісний монтаж електропроводки та встановлення комутаційних пристроїв, до яких належать автоматичні вимикачі, дифавтомати та УЗДП [5].

Автоматичні вимикачі. Основні побутові пристрої захисту від КЗ, які прийшли на зміну пробкам. Є комутаційними апаратами з модульною будовою. Призначені для кріплення на DIN-рейку у розподільчому щиті. Вони можуть встановлюватися на лінії перед входом на об'єкт (ввідний автомат) або перед певними споживачами (автомат групи), наприклад, освітленням у будинку. Основне їх завдання – захист проводки від перевантаження та струмів короткого замикання.

Усередині виробів розташований електромагнітний розчіплювач, який миттєво роз'єднує ланцюг при значному перевищенні значення струму, запобігаючи негативним наслідкам. При спрацьовуванні можуть вимагати заміни у разі обгорання внутрішніх елементів. Здебільшого це може статися у дешевих моделей без дугогасних камер.

УЗДП або УЗД. Пристрої захисту від дугового пробою та пристрої захисту від іскріння також встановлюються в електрощиті та призначені для недопущення виникнення пожежі. Вони автоматично розмикають ланцюг, заздалегідь попереджаючи виникнення КЗ, якщо лінії утворюється електродуга чи сильні іскріння.

Прилади мають схему роботи, що дозволяє їм миттєво визначати дуговий чи іскровий розряд, та переривати контур для запобігання виникнення небезпечних наслідків.

АВДТ. Автоматичний вимикач диференціального струму (скорочено – дифавтомат). Такі ж комутаційні пристрої, як і автомати захисту, але додатково включають пристрій захисного відключення (ПЗВ). Завдяки цьому

вони вміють захищати мережу ще й від струмів витоку – напруги, яка, наприклад, через несправність електроприладів може виникнути на їх металевих частинах.

АВДТ також встановлюють у розподільчому щиті. Підійдуть для комплексного захисту від проблем електромережі. Однак вони мають вищу ціну, ніж звичайні автоматичні вмикачі.

Плавкі запобіжники. Одноразові комутаційні пристрої, які розмикають ланцюг при нагріванні перевищення струму допустимого значення. При збільшенні його величини плавка ставка запобіжника розплавляється та відбувається розрив лінії.

Вони можуть бути внутрішньокорпусними (встановлені майже у всіх електроприладах) або зовнішніми (розміщуватися в електрощитах у вигляді модуля/вставки зі змінними патронами). У деяких моделей, крім плавкої вставки, є гасник дуги, яка може виникнути в момент плавлення. Після відпрацювання запобіжника потрібно його заміна, інакше замкнути ланцюг назад буде вже неможливо.

На відміну від інших приладів, запобіжники не миттєво роз'єднують ланцюг. На тривалість спрацювання впливає якість матеріалу вставки, стан контактів та температура навколишнього середовища. Тому такий захист вважається недостатньо надійним.

Запобіжні заходи проти КЗ

Від короткого замикання проводять і профілактичні заходи. Вони можуть повністю усунути ризик виникнення короткого замикання у будівлі. До таких дій належать [4]:

- Коректний підбір перерізу проводів або їх заміна відповідно до потужності навантаження, що підключається.
- Контроль підключення до мережі надмірно потужних приладів.
- Ретельне з'єднання контактів за допомогою відповідних за перерізом клем, обпресування, зварювання, паяння та ін.

- Заміна застарілих пристроїв захисту на сучасні моделі відповідно до струмового значення.
- Періодичні перевірки зовнішнього вигляду та болтових з'єднань захисних пристроїв (автоматів, дифавтоматів та ін.), проводів, розподільних коробок, розеток та вимикачів на предмет розхитування контактів.

Якщо КЗ все ж таки відбулося і відпрацював захист, необхідно визначити джерело проблеми. Для цього можна поетапно відключати обладнання, поки захисні пристрої не перестане вибивати. Якщо прилад знайти не вдалося, необхідно переглянути всі дроти та їх з'єднання. Іноді аварійне місце легко визначити за запахом горіння ізоляції та диму. У разі виявлення обгорання ізоляції потрібно, не відкладаючи, виконати своєчасний ремонт ділянок проводки та заміну зношених її елементів

Розрахункові питомі опори ґрунту для вертикальних і горизонтальних заземлювачів визначаються відповідно до [4]:

$$\rho_{pv} = K_v \rho, \quad (2.1)$$

$$\rho_{pz} = K_z \rho, \quad (2.2)$$

$$\rho_{pv} = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$\rho_{pz} = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

Визначається опір розтікання одного вертикального електрода діаметром $d = 18$ мм і довжиною $l_e = 5$ м при зануренні на глибину $t_e = 5,7$ м

$$R_{3e} = \frac{0,366\rho_{pe}}{l_e} \left(\lg \frac{2l_e}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_e + l_e}{4t_e - l_e} \right), \quad (2.3)$$

$$R_{3e} = \frac{0,366\rho_{pe}}{l_e} \left(\lg \frac{2l_e}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_e + l_e}{4t_e - l_e} \right) = \frac{0,366 \cdot 130}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 5,7 + 5}{4 \cdot 5,7 - 5} \right) = 27 \text{ Ом.}$$

Без урахування горизонтальних смуг при попередньо вибраній кількості електродів у контурі $n = 20$ шт. та відношення $l_e = 1$ вибирається коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування $K_{вве} = 0,47$.

Наближена кількість вертикальних заземлювачів обчислюється:

$$n = \frac{R_{3e}}{K_{вве} \cdot R_{з.норм}} = \frac{27,82}{0,47 \cdot 4} = 14,8 \text{ шт}$$

Приймається найближча більша ціла кількість вертикальних заземлювачів $n = 15$ шт.

Визначається опір розтікання горизонтального заземлювача зі сталевій смуги шириною b і висотою h :

$$R_{3z} = \frac{0,366\rho_{p.z.}}{l_z} \lg \frac{2l_z^2}{bt_z} = \frac{0,366 \cdot 250}{5 \cdot 15} \lg \frac{2(5 \cdot 15)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 6,84 \text{ Ом}$$

Опір розтікання горизонтального заземлювача з урахуванням екранування визначається так:

$$R_{32e} = \frac{R_{32}}{K_{62e}} = \frac{6,84}{0,3} = 22,8 \text{ Ом}$$

Визначається уточнений опір вертикальних електродів з урахуванням горизонтальної смуги :

$$R_{32e} = \frac{R_{32e} R_{3,норм}}{R_{32e} - R_{3,норм}} = \frac{22,8 \cdot 4}{22,8 - 4} = 3,85 \text{ Ом}$$

Уточнена кількість вертикальних електродів визначається з урахуванням $n = 15 \text{ шт.}$, $a / l_g = 1$, $K_{66e} = 0,5$

$$n_y = \frac{R_{32}}{K_{66e} \cdot R_{32e}} = \frac{27,82}{0,5 \cdot 3,85} = 11,5 \text{ шт}$$

Остаточно приймається 12 вертикальних електродів.

ВИСНОВОК ЗА РОЗДІЛОМ 2

З метою захисту працівників від небезпечного впливу електрики в разі їх дотику до ділянок, що знаходяться під напругою, в роботі були проведені розрахунки захисного заземлення. Якщо знизити значення напруги кроку та дотику до прийнятних значень, можна досягти цієї мети. Для цього в роботі був проведений розрахунок низки параметрів, таких, як: питомі опори ґрунту для вертикальних і горизонтальних заземлювачів, кількість вертикальних та горизонтальних електродів, їх розміри і тощо.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЗАХИСТУ ВІД БЛИСКАВОК

Блискавкозахист

Функціонування електричного господарства (електрики), як і робота будь-якої складної технічної системи, супроводжується появою від'ємного впливу на працюючий персонал і навколишнє середовище. Небезпечний виробничий фактор це фактор, вплив якого призводить до травм або до іншого різкого погіршення стану здоров'я працюючих або незворотнім негативним впливам на навколишнє середовище.

Безпека системи електропостачання- зберігати з деякою вірогідністю безпечний стан при виконанні заданих функцій в умовах встановлених нормативно-технічною документацією. Безпека - відсутність небезпеки, попередження небезпеки, можна розглядати в трьох аспектах: 1) як стан, при якому відсутні фактори небезпеки, що шкідливі для людей і навколишнього середовища; 2) як властивість не допускати з деякою ймовірністю ситуації, небезпечні і шкідливі для людей і навколишнього середовища тощо.

При протіканні скрізь живу тканини, електричний струм має термічну, електролітичну та біологічну дію. Зазвичай вищі два види уражень з електричним струмом: місцеві електричні травми і електричний удар. Місцеві електричні травми: опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, механічні пошкодження і електроофтальмія.

Заземлення електроустановок здійснюється навмисним електричним з'єднанням із заземлюючим пристроєм, яке являє собою сукупність заземлювача та заземлюючих провідників. Заземлюючим проводом називається провідник, що з'єднує заземлені частини заземлювача.

Розрізняють наступні види заземлень: захисне - для забезпечення електробезпеки; робоче - для забезпечення нормальних режимів роботи установки; блискавкозахисте - для захисту електроустаткування від

перенапруження і захисту будівель. Найчастіше одне й те саме заземлення включає кілька функцій одночасно.

Дія запобігання заснована на властивості блискавки вражати найбільш високі і добре заземлені металеві споруди. Завдяки тому будівля, що захищається, нижча в порівнянні з блискавковідведенням по висоті, практично не буде вражатися.

Розрахунок схеми таких пристроїв передбачає проведення кількісної оцінки ймовірності ураження блискавкою захищеного об'єкта.

Верхня межа зони захисту являє собою дугу радіусом R , яка з'єднує вершини громовідводів і точку, розташовану на перпендикулярі, що йде з середини відстані між громовідводів на висоті h_0 .

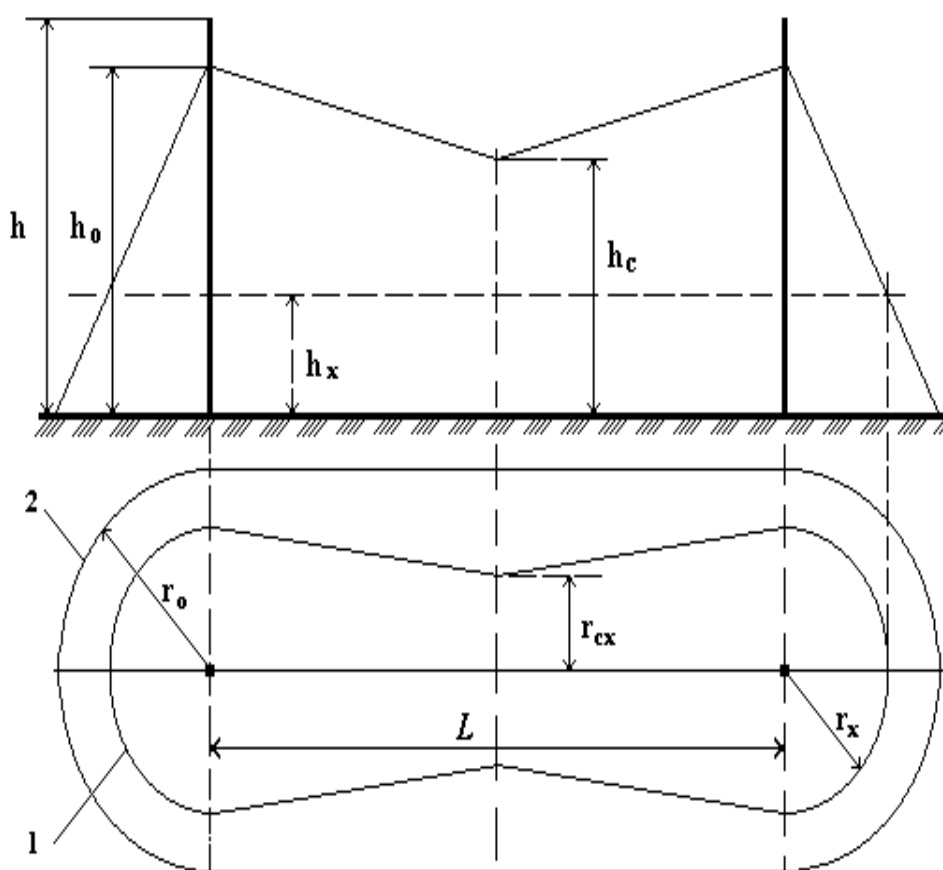


Рисунок 3.1 – Схема грозозахисту

Величина h_0 , в метрах, обчислюється за формулою [14].

$$h_0 = \frac{b_x + 3,75h_x}{3}, \quad (3.1)$$

$$h_0 = \frac{28 + 3,75 \cdot 9}{3} = 2 \text{ м.}$$

В тих випадках, коли величини h_0 і L відомі, оптимальну висоту громовідводів, знаходять за формулою [4]:

$$h_{on} = 0,571h_0 + \sqrt{0,183h_0^2 + 0,0357L^2}, \quad (3.2)$$

$$h_{on} = 0,571 \cdot 21 + \sqrt{0,183 \cdot 21^2 + 0,0357 \cdot 48^2} = 25 \text{ м.}$$

ВИСНОВОК ЗА РОЗДІЛОМ 3

Дія захисту заснована на властивості блискавки вражати найбільш високі і добре заземлення металеві споруди. Завдяки тому будівля, що захищається, нижча в порівнянні з блискавковідведенням по висоті, практично не буде вражатися.

Навіть вторинні прояви впливу блискавки можуть призвести до суттєвого збільшення дії електромагнітної і електростатичної індукції.

В даному розділі було здійснені відповідні розрахунки та запропонована схема грозозахисту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

З метою захисту працівників від небезпечного впливу електрики в разі їх дотику до ділянок, що знаходяться під напругою, в роботі були проведені розрахунки захисного заземлення. Для цього в роботі був проведений розрахунок низки необхідних параметрів.

Блискавковідвід являє собою спеціальний пристрій, який служить для захисту будівель та споруд від впливу на них блискавки. Навіть вторинні прояви впливу блискавки можуть призвести до суттєвого збільшення дії електромагнітної і електростатичної індукції.

В даному розділі було здійснені відповідні розрахунки та запропонована схема грозозахисту.

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. Монтик 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. 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

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