

**Кафедра автоматичних систем безпеки та електроустановок
Національного університету цивільного захисту України**

ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Методичні вказівки

до виконання курсового проєкту

для здобувачів вищої освіти

за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр»

в галузі знань 26 "Цивільна безпека"

спеціальність – 261 "Пожежна безпека"

Черкаси 2025

УДК 621.3; 614.841.3

Рекомендовано до друку кафедрою
автоматичних систем безпеки та
електротехніки навчально-наукового
інституту пожежної та техногенної
безпеки НУЦЗ України
Протокол від 25.08.25 № 1

Укладачі: О.В. Кулаков, О.М. Землянський, Я.Ю. Кальченко, О.В. Борсук,
О.М. Зобенко

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент К.А. Афанасенко, заступник
начальника кафедри пожежної та техногенної безпеки об'єктів та
технологій НУЦЗУ

Пожежна профілактика електроустановок. Методичні вказівки до
виконання курсового проєкту / Укладачі: О.В. Кулаков, О.М.
Землянський, Я.Ю. Кальченко, О.В. Борсук, О.М. Зобенко. – Черкаси.:
НУЦЗУ, 2025. – 59 с.

Методичні вказівки призначені для здобувачів вищої освіти
відповідно до програми підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного
рівня "бакалавр" в галузі знань 26 "Цивільна безпека" спеціальності 261
"Пожежна безпека".

Відповідальний за випуск Я.Ю. Кальченко

© О.В. Кулаков,
О.М. Землянський
Я.Ю. Кальченко,
О.В. Борсук,
О.О. Зобенко, 2025
© НУЦЗУ, 2025

ЗМІСТ

1 Загальні вказівки	5
2 Основні теоретичні положення	9
2.1 Визначення класу зони простору	9
2.2 Проект силової мережі	9
2.3 Проект освітлювальної мережі	11
2.4 Проект штучного заземлювача	198
3 Приклад виконання курсового проекту	21
3.1 Визначення класу зони простору	222
3.2 Проект силової мережі	222
3.3 Проект освітлювальної мережі	26
3.4 Проект штучного заземлювача	344
Література	3839
Додатки	3940
Додаток 1. Зразки оформлення титульного аркуша	3940
Додаток 2. Завдання на виконання курсового проекту з дисципліни	4041
Додаток 3. Вихідні дані, що визначаються за першою літерою прізвища здобувача вищої освіти	42
Додаток 4. Вихідні дані, що визначаються за двома останніми цифрами порядкового номеру залікової книжки здобувача вищої освіти	45
Додаток 5. Технічні дані асинхронних двигунів серії АИР (ступінь захисту оболонки IP54, 1500 об./хв.)	46
Додаток 6. Технічні дані асинхронних двигунів серії В (марка вибухозахисту 1ExdII BT4, 1500 об./хв.)	46
Додаток 7. Технічні дані асинхронних двигунів серії АИМ (марка вибухозахисту 1ExdII BT5/2ExdII CT5, 1500 об./хв.)	47
Додаток 8. Технічні характеристики магнітних пускатів на напругу 380 В	47
Додаток 9. Технічні дані кнопочних постів керування (номінальна напруга 380 В, номінальний струм до 2 А)	49
Додаток 10. Відгалужувальні (з'єднуювальні) коробки	49
Додаток 11. Розподільчі пристрої	49
Додаток 12. Електропроводки і способи їх прокладання залежно від класу зони простору	50
Додаток 13. Технічні дані світильників	50
Додаток 14. Технічні дані однополюсних та триполюсних автоматичних вимикачів	52
Додаток 15. Технічні дані плавких запобіжників напругою до 1000 В	53
Додаток 16. Коефіцієнт запасу K_z	52
Додаток 17. Світлові параметри електричних ламп при напрузі 220 В ..	5254
Додаток 18. Коефіцієнт використання світлового потоку η	5355
Додаток 19. Питомі опори та коефіцієнти сезонності ґрунтів	5456

Додаток 20. Коефіцієнт використання вертикальних електродів	5456
Додаток 21. Коефіцієнт використання горизонтального електроду	5557
Додаток 22. Умовні позначення деяких електротехнічних виробів на схемах	5557
Додаток 23. Умовні позначення деяких електротехнічних виробів на планах	5658
Додаток 24. Категорії та групи газо- пароповітряних сумішей за ГОСТ 12.1.011	57

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Мета курсового проекту. Курсовий проект (КП) складається з наступних розділів: визначення класу зони простору, проект силової електричної мережі, проект освітлювальної електричної мережі, проект штучного заземлювача та проект блискавкозахисту.

Проектні рішення повинні забезпечити:

по-перше, зниження імовірності виникнення джерела запалювання електричного походження, тобто запобігання виникненню вибуху або пожежі у виробничому приміщенні з обертанням легкозаймистих та горючих речовин та матеріалів;

по-друге, належну надійність електропостачання споживачів електричної енергії;

по-третє, електробезпеку персоналу.

Усі розрахунки повинні мати посилання на нормативну й довідкову літературу.

Для виконання КП необхідно використовувати дані методичні вказівки, Правила [1, 2]. Додатково можуть бути використані нормативні документи [3-5]. Теоретичний матеріал викладений у підручнику [6]. Необхідні літературні джерела є в електронній бібліотеці НУЦЗУ. Довідкові дані, мінімально необхідні для виконання КП, наведені у додатках до даних методичних вказівок. Можливе використання іншої нормативної, навчальної та довідкової літератури.

Оформлення курсового проекту. КП складається з розрахунково-пояснювальної записки (РПЗ) та графічної частини (ГЧ).

Зразок оформлення титульного аркуша РПЗ КП наведений в Додатку 1 до методичних вказівок.

РПЗ повинна мати об'єм 15-25 аркушів формату А4 (210х297 мм) зі стандартними рамками. На усіх сторінках РПЗ проставляється шифр КП з вказівкою назви вищого навчального закладу, номеру залікової книжки, назви предмету, номеру тому.

Приклад шифру в штампі РПЗ для здобувачів вищої освіти, які вивчають навчальну дисципліну «Пожежна профілактика електроустановок»: **НУЦЗУ.23.04.14.ППЕ.РПЗ-01.**

Всі одиниці виміру фізичних величин повинні відповідати міжнародній системі одиниць СІ. Їх слід проставляти після результатів усіх виконаних розрахунків. При посиланні на нормативну або довідкову літературу потрібно вказати в квадратних дужках порядковий номер зі списку використаної літератури. В тексті РПЗ необхідно викреслити наступні рисунки: розрахункова однолінійна схема електропостачання, розрахункова однолінійна схема освітлювальної мережі, однолінійна схема для розрахунку опору кола однофазного короткого замикання (КЗ).

ГЧ виконується на креслярському папері формату А3 (297х420 мм). ГЧ підписується виконавцем авторучкою, проставляється дата підпису.

ГЧ, як правило, складається з трьох аркушів:

1-й аркуш: План розташування силового обладнання. Заземлення.

2-й аркуш: План розташування освітлювального обладнання.

На кожному аркуші виконується стандартний основний напис, в якому проставляється шифр ГЧ з вказівкою назви вищого навчального закладу, номеру залікової книжки, назви предмету, номеру креслення.

Приклад шифру в штампі першого аркушу ГЧ для здобувачів вищої освіти, які вивчають навчальну дисципліну «Пожежна профілактика електроустановок»: **НУЦЗУ.23.04.14.ППЕ.ГЧ-01.**

Виправлення (підчистки, коректування тощо) у штампах РПЗ та ГЧ не допускаються. РПЗ та ГЧ зшиваються в єдину папку. РПЗ та ГЧ КП зберігаються у вищому навчальному закладі після захисту КП протягом встановленого терміну.

Вказівки до вибору варіанту. КП виконується у відповідності з особистим варіантом завдання.

На виконання КП видається бланк завдання, якій самостійно заповнюється здобувачем вищої освіти та перевіряється (підписується) науково-педагогічним працівником-керівником КП. Заповнений бланк завдання є другим аркушем РПЗ. Зразок бланку завдання наведений у додатку 2.

Вихідні дані для виконання КП обираються з таблиць Додатку 3 (за першою літерою прізвища здобувача вищої освіти) і Додатку 4 (за двома останніми цифрами порядкового номеру залікової книжки здобувача вищої освіти).

З таблиці Додатку 3 слід вибрати дані, розташовані у рядку, який відповідає першій літері прізвища здобувача вищої освіти.

З таблиці Додатку 4 потрібно вибрати потужність лампи світильника, потужність двигунів системи вентиляції (або аспірації) і двигунів електропривода технологічного обладнання (всі значення наведені в кВт).

Потужність двигунів вказана в чисельнику: перше число – потужність двигуна приводу технологічного обладнання, друге число – потужність двигуна системи вентиляції (або аспірації). Наявність зірки означає, що двигуни системи вентиляції (або аспірації) встановлені ззовні приміщення, відсутність зірки – двигуни системи вентиляції (або аспірації) встановлені у приміщенні.

Потужність лампи світильника вказана в знаменнику. Якщо величина потужності лампи світильника складає 0,04 або 0,08 кВт, то це люмінесцентні лампи (ЛЛ). Якщо потужність лампи 0,075 або 0,095кВт, то це лампи розжарювання (ЛР). Якщо потужність лампи 0,25; 0,4 або 1,0 кВт це дугові ртутні люмінесцентні лампи (ДРЛ). Якщо потужність лампи 0,03; 0,06; 0,1 кВт, то це світлодіодні лампи (СДЛ).

Виправлення (підчистки, коректування тощо) у бланку завдання не допускаються.

Захист курсового проекту. Здобувач вищої освіти повинен заздалегідь (не пізніше ніж за два тижні до дати захисту) загрузити на перевірку КП в форматі pdf у віртуальний клас Google Classroom. Керівник КП зобов'язаний перевірити КП та написати відповідь з висновком про можливість допуску до захисту.

До захисту допускається КП, який відповідає індивідуальному завданню, виконаний у повному обсязі та не має суттєвих недоліків. Під суттєвим недоліком розуміються помилки, що призводять до неправильного виконання одного з розділів КП.

Захист КП проводиться особисто кожним здобувачем вищої освіти перед комісією з двох науково-педагогічних працівників, один з яких є керівником КП. Як правило, при захисті КП здобувачу вищої освіти з метою перевірки рівня його знань задаються 2-3 питання за темою КП.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки: визначення класу зони простору, проект силової мережі, проект освітлювальної мережі, проект штучного заземлювача.

Визначення класу зони простору. На основі аналізу фізико-хімічних властивостей речовин і матеріалів, що використовуються в заданому технологічному процесі, визначити й обґрунтувати клас зони простору у приміщенні, в місцях розташування вентиляторів та іншого електричного обладнання згідно [1, 2].

При визначенні класу зони простору, в якому обертаються горючі гази (ГГ) та легкозаймисті рідини (ЛЗР) слід вважати, що при розрахунковій аварії розвивається надлишковий тиск вибуху $\Delta P > 5 \text{ кПа}$ [5]. Якщо в приміщенні може знаходитися горючий пил або волокна для яких нижня концентраційна межа поширення полум'я (НКМПП) не перевищує 65 г/м^3 , то слід вважати, що при вибуху цього пилу або волокон розвивається надлишковий тиск вибуху $\Delta P > 5 \text{ кПа}$ [5]. Якщо значення НКМПП горючого пилу або волокон дорівнює або перевищує 65 г/м^3 , то слід вважати, що надлишковий тиск вибуху пилу становить $\Delta P < 5 \text{ кПа}$

При визначенні класу зони простору, в якому обертаються горючі рідини (ГР), слід вважати, що вони не є перегрітими.

Проект силової мережі повинен містити:

1) обґрунтування марки вибухозахисту або ступеню захисту оболонки за ПУЕ (НПАОП 40.1-1.32) [1, 2] усіх видів силового електричного обладнання: електродвигунів, магнітних пускачів, кнопок керування, відгалужувальних (з'єднувальних) коробок, шаф керування;

2) типи усіх видів силового електричного обладнання: електродвигунів, магнітних пускачів, кнопок керування, відгалужувальних (з'єднувальних) коробок, шаф керування (виходячи зі значення заданої потужності), які можуть обиратися як з таблиць додатків до даних методичних вказівок та й з інших джерел;

3) марки проводів (кабелів) відгалужень до силових приймачів і способи їх прокладання можуть обиратися з додатку 12 або з інших джерел;

4) тепловий розрахунок відгалужень до силових приймачів: визначення типів та номінальних параметрів апаратів захисту (таблиця додатків 14 та 15), типів та номінальних параметрів магнітних пускачів (таблиця додатку 8), площі перерізу жил кабельної продукції (таблиці глави 1.3 [1]).

Проект освітлювальної мережі повинен містити:

1) обґрунтування марки вибухозахисту або ступеню захисту оболонки за ПУЕ (НПАОП 40.1-1.32) [1, 2] усіх видів освітлювального електричного обладнання: світильників, вимикачів, відгалужувальних (з'єднувальних) коробок, освітлювальних щитків;

2) типи усіх видів освітлювального електричного обладнання: світильників, вимикачів, відгалужувальних (з'єднувальних) коробок, освітлювальних щитків (виходячи зі значення заданої потужності), які обираються або з таблиць додатків 10, 11, 13 або з інших джерел;

3) розрахунок кількості світильників та розміщення їх на плані приміщення;

4) марки проводів (кабелів) групової та розподільної освітлювальної мереж і способи їх прокладання (додаток 12);

5) тепловий розрахунок освітлювальної мережі: визначення типів та номінальних параметрів апаратів захисту (таблиця додатків 14 та 15), площі перерізу жил кабельної продукції (таблиці глави 1.3 [1]).

6) обґрунтування правильності вибору провідності фазних і нейтральних провідників за умовою забезпечення автоматичного відключення аварійної ділянки мережі при короткому замиканні (КЗ) в кінці найбільш віддаленої від розподільного пристрою лінії, яка захищається.

Проект штучного заземлювача. Заземлювач звичайно виконується сумісним для захисного та функціонального заземлень. При цьому штучний заземлювач розраховується за найбільш жорстких умов – для захисного заземлення [1].

Розділ повинен містити розрахунок кількості вертикальних електродів, порядок їх розташування.

Графічна частина:

1-е креслення: план виробничого приміщення з нанесеним на нього електрообладнанням силової мережі та штучним заземлювальним пристроєм;

2-е креслення: план виробничого приміщення з нанесеним на нього електрообладнанням освітлювальної мережі;

Креслення ГЧ виконуються у масштабі. Рекомендується використовувати масштаби 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400 (залежно від геометричних розмірів приміщень відповідно до завдання).

На аркушах креслень поруч з планами розміщення електрообладнання слід розмістити специфікації нанесеного електрообладнання. Також на аркушах можуть бути примітки, що містять текстову інформацію, яка пояснить і доповнить креслення.

2 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1 Визначення класу зони простору

Простір всередині технологічного обладнання, всередині приміщення і поза приміщенням, в якому, хоча б тимчасово, можуть створюватися вибухонебезпечні суміші ГГ, парів ЛЗР або вибухонебезпечного пилу з окислювачем, класифікований на вибухонебезпечні зони. Простори поділяються на 6 класів: 0, 1, 2, 20, 21, 22 [1, 2]. Розміри вибухонебезпечної зони визначаються виходячи з величини надлишкового тиску вибуху ΔP при виникненні розрахункової аварії

Простір всередині і поза приміщенням, в якому, хоча б тимчасово, можуть знаходитися ГР, горючий пил або тверді горючі матеріали (ТГМ) класифікований на пожежонебезпечні зони. Простори поділяються на 4 класи: П-I, П-II, П-IIa, П-III [1, 2].

2.2 Проект силової мережі

Спочатку необхідно вибрати місце розміщення головного розподільчого щиту (ГРЩ) та апаратів керування. ГРЩ, як правило, виноситься за межі вибухо- або пожежонебезпечного простору (розташовується у електрощитовій).

Далі обираються марки вибухозахисту або ступені захисту оболонок та типи щитів, електродвигунів (виходячи з потужності), магнітних пускачів, кнопок керування, марки і способи прокладки проводів та кабелів.

Далі виконується розрахункова схема електричної мережі. Вона повинна містити відомості про кількість і потужності двигунів, марку і спосіб прокладки кабелів (проводів), тип апаратів захисту, тип магнітного пускача.

Після цього приступають до *теплого розрахунку* відгалужень до силових приймачів електричної енергії (електродвигунів).

Розрахунок для відгалужень силової мережі виконується окремо для кожного електродвигуна, потужність якого відрізняється.

Для електродвигунів однакової потужності визначаємо робочий струм, що протікає по провідникам відгалуження при роботі двигуна в номінальному режимі:

$$I_p^i = \frac{P_n^i \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi_i \cdot \eta_i}, \text{ A}, \quad (2.1)$$

де I_p^i – робочий струм і-го електродвигуна, А;

P_n^i – номінальна потужність і-го електродвигуна, кВт (визначається з вихідних даних);

$U_{л} = 380 \text{ В}$ – лінійна напруга;

$\cos \varphi_i$ – коефіцієнт потужності і-го електродвигуна;

η_i – коефіцієнт корисної дії i -го електродвигуна, в частках одиниці.

Далі вибирається вид апарату захисту i -го електродвигуна від короткого замикання (КЗ): автоматичний вимикач або плавкий запобіжник (таблиця додатків 14, 15). Вид апарату захисту повинен відповідати типу розподільчого щита, який обраний раніше.

За умов використання автоматичних вимикачів визначаємо номінальні струми та струми спрацьовування їх електромагнітних розчіплювачів, що захищають електродвигуни від КЗ за умовою (п.3.1.4 [1]):

$$\begin{cases} I_{\text{ном.ел.м}}^i \geq I_p^i \\ I_{\text{сп.ел.м}}^i \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}}^i \end{cases}, \quad (2.2)$$

де $I_{\text{ном.ел.м}}^i$ – номінальний струм електромагнітного розчіплювача, А;

$I_{\text{сп.ел.м}}^i$ – струм спрацьовування електромагнітного розчіплювача автоматичного вимикача, А;

$I_{\text{пуск}}^i$ – найбільший струм короточасного перевантаження в мережі, що виникає при пуску i -го двигуна, А.

$$I_{\text{пуск}}^i = I_p^i \cdot K_{\text{п}}^i, \text{ А}, \quad (2.3)$$

де $K_{\text{п}}^i$ – кратність пускового струму i -го електродвигуна (визначається з довідкових даних).

За умов використання безінерційних плавких запобіжників вибір номінального струму плавкої вставки ($I_{\text{ном.вст}}^i$) повинен виконуватися за такими умовами (п.5.3.56 [1]):

$$\begin{cases} I_{\text{ном.вст}}^i \geq I_p^i \\ I_{\text{ном.вст}}^i \geq \frac{I_{\text{пуск}}^i}{1,6} \end{cases}. \quad (2.4)$$

Далі визначаємо номінальні струми нагрівальних елементів теплових реле магнітних пускачів, що захищають електродвигуни від перевантаження за наступною умовою:

$$I_{\text{ном.нагр}}^i = (1,05 \div 1,2) \cdot I_p^i, \text{ А}. \quad (2.5)$$

Розраховуємо площу перерізу жил кабелю (проводу), яким підключаються електродвигуни. Припустимий струм для жили визначається з умови (п.3.1.12 [1]):

$$I_{\text{прип}}^i \geq 1,25 \cdot I_p^i \quad (2.6)$$

Коефіцієнт 1,25 вводиться для вибухонебезпечних зон (п.4.8.7 [2]). Для інших випадків він дорівнює 1,0.

Далі, враховуючи конструкцію і способи прокладки кабелю (проводу), вибирається необхідна таблиця з глави 1.3 [1], по якій визначається припустимий струм $I_{\text{прип}}^i$ та площа перерізу струмопровідної жили.

Визначений за умовою (2.5) припустимий струм $I_{\text{прип}}^i$ для обраного кабелю або проводу перевіряється за умовою (п.3.1.11 [1]):
для вибухонебезпечних зон:

$$0,8 \cdot I_{\text{прип}}^i \geq I_{\text{ном.нагр}}^i, \quad (2.7)$$

для невибухонебезпечних зон:

$$I_{\text{прип}}^i \geq I_{\text{ном.нагр}}^i \quad (2.8)$$

та за необхідності збільшується до найближчого стандартного значення.

2.3 Проект освітлювальної мережі

Спочатку методом коефіцієнтів використання світлового потоку розраховують кількість ламп заданої потужності, мінімально необхідну для створення нормативної освітленості на робочому місці:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot K_3}{\Phi \cdot \eta}, \quad (2.9)$$

де E – нормативна освітленість поверхні, лк;

S – площа поверхні освітлення, м²;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості (для ламп розжарювання, СДЛ та ДРЛ $z=1,15$, для люмінесцентних ламп $z=1,1$);

K_3 – коефіцієнт запасу (визначається з таблиці Додатку 16, виходячи зі ступеню запиленості приміщення);

Φ – світловий потік джерела світла (лампи), [лм] (визначається за таблицею додатку 17, виходячи з типу та потужності лампи);

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Значення коефіцієнту використання η визначаємо по таблиці Додатку 18 після визначення індексу приміщення i :

$$i = \frac{S}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (2.10)$$

де H_p – розрахункова висота (відстань по вертикалі від світильника до робочої поверхні), м;

A та B – відповідно, довжина та ширина приміщення, м.

Далі, як і для силової мережі, спочатку обирається місце розміщення освітлювального щита (як правило виноситься за межі вибухо- або пожежонебезпечного простору) та вимикачів. Потім визначаються марки вибухозахисту або ступені захисту оболонок та типи освітлювальних щитів, світильників (виходячи з потужності за завданням), вимикачів, марки і способи прокладки проводів та кабелів. При виборі світильників, якщо джерелом світла є СДЛ, можливо вибрати світильник, розрахований на застосування ЛР.

Після визначення загальної кількості світильників вони розподіляються на групи в залежності від максимальної кількості груп у вибраному освітлювальному щитку та максимально припустимої кількості ламп (на кожну фазу не більше 20 ЛР або ДРЛ; не більше 60 ЛЛ потужністю 0,08 кВт; не більше 75 ЛЛ потужністю 0,04 кВт. Світильники з світлодіодними або іншими лампами, які приєднані до однієї групової лінії із захисним апаратом, не повинні викликати хибне спрацьовування захисного апарату від дії пускових струмів у разі їх одночасного вмикання (п. 6.2.10 [1]). Викреслюється розрахункова схема освітлювальної мережі. Вона містить відомості про кількість і потужності світильників в груповій лінії, марку і спосіб прокладання проводу (кабелю) від апаратів захисту.

Після цього приступають до *теплого розрахунку групової освітлювальної мережі*.

Розрахунок починаємо з розрахунку робочого струму в одній груповій лінії освітлення :

$$I_{p.гр}^k = \frac{P_{ном.гр}^k \cdot 10^3}{U_{\phi} \cdot \cos \phi_k}, \text{ А}, \quad (2.11)$$

де $P_{ном.гр}^k = \sum_{p=1}^P P_{ном.св}^p$ – сума номінальних потужностей світильників в одній

групі, кВт;

P – кількість світильників у одній групі;

$P_{ном.св}^p$ – номінальна потужність ламп одного світильника (слід звернути увагу, що в одному світильники може бути встановлено декілька ламп), кВт;

$U_{\phi} = 220 \text{ В}$ – номінальна напруга світильника;

$\cos \phi_k$ – коефіцієнт потужності (залежить від типу джерела світла: згідно ДБН В.2.5-23:2010 для ЛР – $\cos \phi = 1,0$, ДРЛ – $\cos \phi = 0,85$, ЛЛ – $\cos \phi = 0,92$, СДЛ потужністю від 8 до 20 Вт включно – $\cos \phi = 0,85$, СДЛ потужністю більше 20 Вт – $\cos \phi = 0,9$).

Далі обираються апарати захисту групових ліній від КЗ та струмових перевантажень. Від струмів КЗ захищаються всі електричні мережі (п.3.1.8 [1]). Від перевантаження захищаються наступні види мереж (п.3.1.10 [1]):

- всередині приміщень, виконані відкрито прокладеними проводами з горючою ізоляцією;
- житлових, громадських, торгових, службово-побутових приміщеннях при будь-якому способі прокладки;
- у вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зонах.

Якщо захист групової мережі від КЗ здійснюється автоматичним вимикачем з електромагнітним розчіплювачем, вибираємо з таблиці Додатку 14 його струм $I_{\text{ном.ел.м.гр}}^k$ за умовою (п.3.1.4 [1]):

$$I_{\text{ном.ел.м.гр}}^k \geq I_{\text{р.гр}}^k, \text{ А.} \quad (2.12)$$

Якщо захист групової мережі від перевантаження здійснюється автоматичним вимикачем з тепловим розчіплювачем вибираємо з таблиці Додатку 14 його струм $I_{\text{ном.тепл.гр}}^k$ за умовою (п.3.1.4 [1]):

$$I_{\text{ном.тепл.гр}}^k \geq I_{\text{р.гр}}^k, \text{ А.} \quad (2.13)$$

Якщо захист групової мережі від КЗ та перевантаження здійснюється плавким запобіжником, вибираємо з таблиці Додатку 15 номінальний струм його плавкої вставки $I_{\text{ном.вст.гр}}^k$ за умовою (п.3.1.4 [1]):

$$I_{\text{ном.вст.гр}}^k \geq I_{\text{р.гр}}^k. \quad (2.14)$$

Далі вибираємо площу перерізу жил проводів або кабелів за умовою:

$$I_{\text{прип.гр}}^k \geq I_{\text{р.гр}}^k, \quad (2.15)$$

де $I_{\text{прип.гр}}^k$ – струм, припустимий протягом тривалого часу для проводів або кабелів, який визначається разом з відповідним перерізом струмопровідної жили з таблиць глави 1.3 [1].

Припустимий струм $I_{\text{прип.гр}}^k$ для обраного кабелю або проводу перевіряється за умов (п.3.1.11 [1]):
для вибухонебезпечних зон:

$$0,8 \cdot I_{\text{прип.гр}}^k \geq I_{\text{ном.тепл.гр}}^k \text{ або } 0,8 \cdot I_{\text{прип.гр}}^k \geq I_{\text{ном.вст.гр}}^k, \quad (2.16)$$

для невибухонебезпечних зон:

$$I_{\text{прип.гр}}^k \geq I_{\text{ном.теп.гр}}^k \text{ або } I_{\text{прип.гр}}^k \geq I_{\text{ном.вст.гр}}^k \quad (2.17)$$

та за необхідності збільшується до найближчого стандартного значення.

Далі розраховується розподільна освітлювальна мережа.

Розподільна освітлювальна мережа захищається тільки від КЗ (пп.3.1.8, 3.1.10 [1]).

Якщо живлення освітлювального щита здійснюється однофазним струмом, то для визначення робочого струму в розподільній освітлювальній мережі застосовується формула:

$$I_{\text{р}}^{\text{ЩО}} = \sum_{k=1}^K I_{\text{р.гр}}^k, \text{ А}, \quad (2.18)$$

де K – кількість групових ліній освітлювальної мережі

Якщо живлення освітлювального щита здійснюється трифазним струмом, то струм $I_{\text{р}}^{\text{ЩО}}$ необхідно визначити за формулою:

$$I_{\text{р(3Ф)}}^{\text{ЩО}} = I_{\text{р.гр}}^k \cdot K_{3\text{ф}}, \text{ А}; \quad (2.19)$$

де коефіцієнт $K_{3\text{ф}}$ – найближче більше ціле число від числа $\frac{K}{3}$.

Захист від КЗ здійснюється автоматичними вимикачами або плавкими запобіжниками.

Автоматичний вимикач, що захищає розподільну освітлювальну мережу від КЗ, вибирається з таким електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ЩО}}$, для якого виконується умова (п.3.1.4 [1]):

$$I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ЩО}} \geq I_{\text{р(3Ф)}}^{\text{ЩО}}. \quad (2.20)$$

Автоматичний вимикач вибирається з таблиці Додатку 14.

Плавкий запобіжник, що захищає електричну розподільну освітлювальну мережу від КЗ, вибирається з такою плавкою вставкою, для якої виконується умова (п.3.1.4 [1]):

$$I_{\text{ном.вст}}^{\text{ЩО}} \geq I_{\text{р(3Ф)}}^{\text{ЩО}}. \quad (2.21)$$

Плавкий запобіжник вибирається з таблиці Додатку 15.

При цьому необхідно забезпечення виконання *вимоги селективності* (п.3.1.8 [1]) роботи апаратів захисту у груповій та в розподільній лініях:

- при захисті мережі автоматичними вимикачами – номінальні струми розчіплювачів суміжних автоматичних вимикачів повинні відрізнятися один від одного не менше ніж на один крок за шкалою номінальних струмів;
- при захисті плавкими запобіжниками за умовою:

$$\frac{I_{\text{НОМ.ВСТ}}^{\text{РЩ}}}{I_{\text{НОМ.ВСТ}}^i} \geq 1,6. \quad (2.22)$$

Далі вибираємо площу перерізу жил проводів або кабелів розподільної освітлювальної мережі за умовою (п.3.1.12 [1]):

$$I_{\text{прип}}^{\text{ЩО}} \geq I_{\text{р(3Ф)}}^{\text{ЩО}}, \quad (2.23)$$

де $I_{\text{прип}}^{\text{ЩО}}$ – припустимий протягом тривалого часу струм для проводів або кабелів, який визначається разом з відповідним перерізом струмопровідної жили з таблиць глави 1.3, А [1].

Після вибору площі перерізу жил проводів або кабелів необхідно перевірити відповідність її параметрам апарату захисту. Так як захист здійснюється тільки від КЗ застосовуються наступні умови (п.3.1.9 [1]):

- при захисті мережі автоматичними вимикачами:

$$I_{\text{сп.ел.м}}^{\text{ЩО}} \leq 4,5 \cdot I_{\text{прип}}^{\text{ЩО}}; \quad (2.24)$$

- при захисті плавкими запобіжниками:

$$I_{\text{НОМ.ВСТ}}^{\text{ЩО}} \leq 3 \cdot I_{\text{прип}}^{\text{ЩО}}. \quad (2.25)$$

При невиконання умов (2.24) або (2.25) необхідно з таблиць глави 1.3 [1] обрати провід або кабель з більшим стандартним перерізом.

Далі виконується розрахунок мережі живлення, який починається з визначення розрахункового струму в ній:

$$I_{\text{р}}^{\text{ГРЩ}} = K_{\text{с}} \cdot \sum_{i=1}^n I_{\text{р}}^i + I_{\text{р(3Ф)}}^{\text{ЩО}}, \text{ А}, \quad (2.26)$$

де $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт попиту, що характеризує імовірність одночасної роботи всіх двигунів (визначається з таблиці 2.1).

Таблиця 2.1 – Величина коефіцієнту попиту електродвигунів

Кількість підключених електродвигунів	2	3	4	5	6	8	10	20
Коефіцієнт попиту, K_c	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

Максимальний струм в мережі живлення визначається за формулою:

$$I_{\max}^{\text{ГРЩ}} = K_c \cdot \sum_{i=1}^{n-1} I_p^i + I_{\text{пуск}}^{\text{найб}} + I_{\text{р(3ф)}}^{\text{ЩО}}, \text{ А.} \quad (2.27)$$

Мережа живлення захищається тільки від КЗ. Захист від КЗ, як правило, здійснюється автоматичними вимикачами або плавкими запобіжниками.

Автоматичний вимикач, що захищає мережу живлення від КЗ, вибирається з таким електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ГРЩ}}$, для якого виконується умова (п.3.1.4 [1]):

$$\begin{cases} I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ГРЩ}} \geq I_p^{\text{ГРЩ}} \\ I_{\text{сп.ел.м}}^{\text{ГРЩ}} \geq 1,25 \cdot I_{\max}^{\text{ГРЩ}} \end{cases} \quad (2.28)$$

Плавкий запобіжник, що захищає мережу живлення від КЗ, вибирається з такою плавкою вставкою, для якої виконується умова:

$$\begin{cases} I_{\text{ном.вст}}^{\text{ГРЩ}} \geq I_p^{\text{ГРЩ}} \\ I_{\text{ном.вст}}^{\text{ГРЩ}} \geq \frac{I_{\max}^{\text{ГРЩ}}}{1,6} \end{cases} \quad (2.29)$$

З додатків 14 та 15 обираємо номінальні параметри автоматичного вимикача або плавкого запобіжника.

При цьому необхідно забезпечення виконання *вимоги селективності* (п.3.1.8 [1]) роботи апаратів захисту у відгалуженнях до силового приймача, розподільній освітлювальній та мережі живлення.

Визначаємо переріз жили кабелю мережі живлення за умовою (п.3.1.12 [1]):

$$I_{\text{прип}}^{\text{ГРЩ}} \geq I_p^{\text{ГРЩ}} \quad (2.30)$$

та обираємо його за таблицями глави 1.3 [1].

Після вибору перерізу необхідно перевірити відповідність його параметрам апарату захисту. Так як захист здійснюється тільки від КЗ застосовуються наступні умови (п.3.1.9 [1]):

- при захисті мережі автоматичними вимикачами:

$$I_{\text{сп.ел.м}}^{\text{ГРЩ}} \leq 4,5 \cdot I_{\text{прип}}^{\text{ГРЩ}}; \quad (2.31)$$

- при захисті плавкими запобіжниками:

$$I_{\text{ном.вст}}^{\text{ГРЩ}} \leq 3 \cdot I_{\text{прип}}^{\text{ГРЩ}}. \quad (2.32)$$

При невиконання умов (2.30) або (2.31) необхідно з таблиць глави 1.3 [1] обрати провід або кабель з більшим стандартним перерізом.

Виконуємо перевіірочний розрахунок на надійність відключення від джерел електричного живлення при виникненні КЗ наприкінці лінії, що захищається.

Надійне відключення забезпечується, якщо виконуються наступні умови (п. 3.1.8 [1]):

$$- \frac{I_{\text{кз}}^{\text{L-N}}}{I_{\text{ном.ел.м.гр}}} \geq 1,25 (1,4) \quad - \quad \text{для автоматичних вимикачів з}$$

електромагнітним розчіплювачем, де 1,25 – для автоматичних вимикачів на номінальні струми вище 100 А, 1,4 – для автоматичних вимикачів на номінальні струми до 100 А;

$$- \frac{I_{\text{кз}}^{\text{L-N}}}{I_{\text{ном.вст.гр.}}} \geq 3(4) \quad - \quad \text{для плавких запобіжників (цифра в дужках}$$

відноситься до електромереж у вибухонебезпечних зонах);

$$- \frac{I_{\text{кз}}^{\text{L-N}}}{I_{\text{ном.тепл.гр}}} \geq 3(6) \quad - \quad \text{для автоматичних вимикачів з тепловим}$$

розчіплювачем або магнітних пускачів з тепловим реле (цифра в дужках відноситься до електромереж у вибухонебезпечних зонах).

Розраховуємо струм КЗ між фазним і нейтральним провідниками в кінці відгалуження, яке має найбільшу довжину проводів:

$$I_{\text{кз}}^{\text{L-N}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{L-N}}}, \text{ А}, \quad (2.33)$$

де $U_{\text{ф}}$ – фазна напруга в мережі, В;

$Z_{\text{L-N}}$ – повний сумарний опір послідовно з'єднаних елементів кола КЗ, Ом.

Для розрахунку повного сумарного опору в колі КЗ необхідно накреслити розрахункову схему, яка будується на основі розрахункової схеми електропостачання з вказівкою найбільшої довжини групової лінії від освітлювального щита до світильника, розподільної освітлювальної мережі від освітлювального щита до ГРШ і мережі живлення від ГРЩ до трансформаторної підстанції (ТП).

Повний опір кола КЗ між фазним та нейтральним провідниками $Z_{\text{L-N}}$ визначається за формулою:

$$Z_{L-N} \approx \sqrt{(\sum R_L + \sum R_N + \sum R_K)^2 + (\sum X_L + \sum X_N)^2} + Z_T, [\text{Ом}], \quad (2.34)$$

де $R_L = \rho_L \cdot \frac{\ell}{S_L}$; $X_L = a_L \cdot \ell$ – відповідно активний і індуктивний опір ділянки фазного кола, протягом якої провідник має однаковий переріз і марку, Ом;

$$R_N = \rho_N \cdot \frac{\ell}{S_N}; X_N = a_N \cdot \ell \text{ – те ж, але для нейтрального провідника, Ом;}$$

S_L та S_N – переріз жил фазного і нейтрального провідників, відповідно, мм²;

$\rho = 32 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$ – питомий опір матеріалу провідника (алюміній);

$\rho = 19 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$ – питомий опір матеріалу провідника (мідь);

ℓ – довжина ділянки з однаковим перерізом жил і однакою маркою провідника, км;

$a_{L,N}$ – середнє значення індуктивного опору ділянки провідника (для кабелю $a_{L,N} = 0,07 \text{ Ом} \cdot \text{км}$, для проводу $a_{L,N} = 0,09 \text{ Ом} \cdot \text{км}$);

R_K – перехідний опір контактних з'єднань, Ом:

$R_K = 0,015 \text{ Ом}$ – для РЩ на підстанції,

$R_K = 0,020 \text{ Ом}$ – для розподільних щитків, підключених від підстанції,

$R_K = 0,025 \text{ Ом}$ – для вторинних розподільних щитків і на затискачах апаратів, підключених від первинних цехових щитків,

$R_K = 0,03 \text{ Ом}$ – для апаратури, установленної безпосередньо перед електричними приймачами (вимикачі, контактори, пускачі), підключеною від вторинних розподільних щитків;

Z_T – приведений опір трансформатора струму КЗ – визначається з вихідних даних, Ом.

Довжина ділянки від ТП до головного (первинного) РЩ визначається з вихідних даних, довжина ділянки від первинного РЩ до освітлювального щитка приймається рівною 5 м, а довжина найдовшого відгалуження від освітлювального щитка визначається за формулою

$$\ell_0 = A + B + H, \text{ м}, \quad (2.35)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

H – висота приміщення, м.

При невиконанні умови надійності необхідно або зменшити кількість світильників у групі (тобто зменшити струм групової освітлювальної мережі) або збільшити переріз жил кабельних виробів, або замінити кабельні вироби з алюмінієвими жилами на кабельні вироби з мідними жилами та повторити тепловий розрахунок.

2.4 Проект штучного заземлювача

Метою розрахунку штучного заземлювального пристрою є визначення такої конструкції заземлювача, при якій його фактичний опір розтіканню струмів в ґрунті не перевищує нормативну величину.

Для розрахунку заземлення використовуємо *метод коефіцієнтів використання*.

Спочатку визначаємо допустимий нормативний опір заземлювача. Для електромережі з лінійною напругою 380 В нормативний опір заземлювача захисного заземлення дорівнює $R_n = 4 \text{ Ом}$ (п. 1.7.92 [1]).

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho_{\text{гр}} \cdot \psi, \quad (2.36)$$

де $\rho_{\text{гр}}$ – питомий опір ґрунту, [Ом·м];

ψ – кліматичний коефіцієнт опору ґрунту, що враховує можливе підвищення опору ґрунту протягом року у порівнянні з заданим значенням $\rho_{\text{гр}}$ (таблиця Додатку 19).

В якості вертикальних електродів дозволяється використання сталевого кола діаметром не менше 16 мм. Для заданого у вихідних даних діаметру вертикального електроду визначаємо опір розтікання струму одного електрода (рисунок 2.1):

$$R_1 = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot \ell} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + \ell}{4 \cdot H - \ell} \right); \quad (2.37)$$

(при $H_0 \geq 0,5 \text{ м}$ та $\ell > d$).

Запропонував довільно кількість вертикальних електродів, розмістив їх на власний розсуд на плані (у ряд або контур), визначив відношення відстані між електродами a до їх довжини ℓ (звичайно $\frac{a}{\ell}$ дорівнює 1, 2 або 3), визначаємо коефіцієнт використання вертикальних електродів η_b (таблиця Додатку 20).

Після цього розраховується опір горизонтального електроду R_r^1 за однією з формул:

- якщо електрод – сталевий штаб в ґрунті:

$$R_r^1 = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot H_1} \quad \text{при} \quad \frac{L}{H_1} \geq 5; \quad (2.38)$$

- якщо електрод – сталеве коло:

$$R_r^1 = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{L^2}{d \cdot H_1} \quad \text{при} \quad \frac{L}{H_1} \geq 5. \quad (2.39)$$

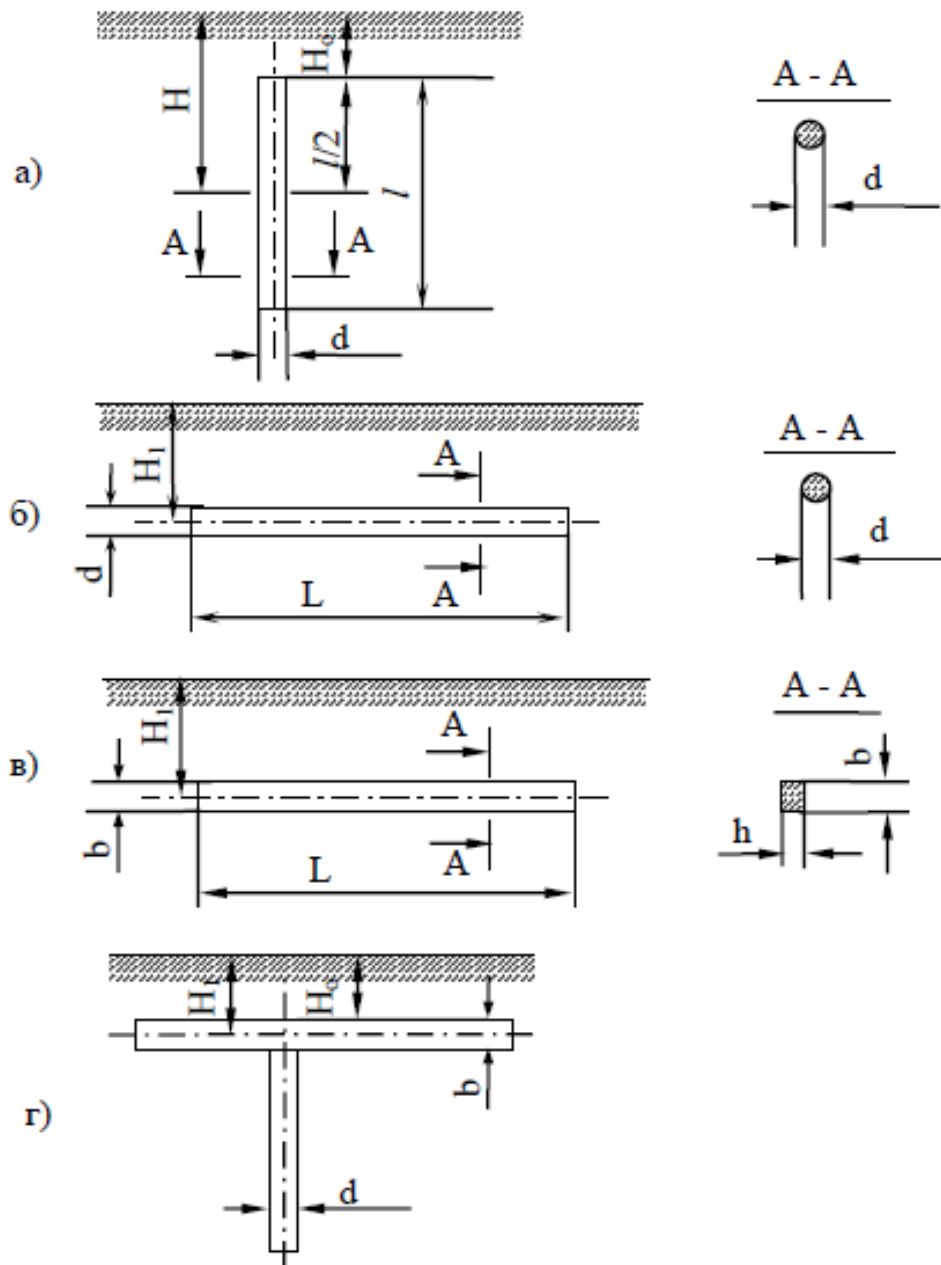


Рис. 2.1 – Елементи штучного заземлювача:

а) – круглий вертикальний електрод, б) – круглий горизонтальний електрод, в) – горизонтальний електрод з прямокутної штаби, г) – з'єднання вертикального електроду з горизонтальним електродом, виготовленим з прямокутної штаби

Сумарна довжина горизонтального електроду L визначається виходячи з відстані між вертикальними електродами a та їх кількості n :

- при розташуванні вертикальних електродів по контуру:

$$L = 1,05 \cdot a \cdot n, \text{ м} \quad (2.40)$$

- при розташуванні вертикальних електродів в ряд:

$$L = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1), \text{ м.} \quad (2.41)$$

Уточнюємо величину опору горизонтального електрода з урахуванням його коефіцієнта використання η_r (таблиця Додатку 21):

$$R_r = \frac{R_r^1}{\eta_r}, \text{ Ом.} \quad (2.42)$$

Визначаємо максимально допустимий опір вертикальних електродів:

$$R_b = \frac{R_r \cdot R_n}{R_r - R_n}, \text{ Ом.} \quad (2.43)$$

Після цього, враховуючи величину коефіцієнта використання вертикальних електродів, визначаємо їх розраховану кількість:

$$n = \frac{R_1}{\eta_b \cdot R_b}. \quad (2.44)$$

Приймаємо найближче більше ціле значення n .

Розрахунок вважається правильним, якщо запропонована кількість вертикальних електродів не є меншою від розрахованої.

План заземлювального пристрою приводиться в графічній частині проекту. Також там приводиться специфікація матеріалів, які використовуються в конструкції заземлювального пристрою.

3 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Вихідні дані:

- найменування виробничого приміщення: шліфувальна дільниця меблевої фабрики;
- приведений опір трансформатору – 0,112 Ом;
- питомий опір ґрунту – 20 Ом·м;
- нормативна освітленість поверхні – 100 лк;
- довжина магістралі (від ТП до ГРЩ) – 100 м;
- розміри приміщення – 18×12×4 м³;
- вид вертикального заземлювача – сталеве коло діаметром 38 мм;
- кількість двигунів: приводу вентиляторів – 2; приводу технологічного обладнання – 4;
- освітлювальна мережа: висота світильників над підлогою – 0,7 м, коефіцієнт відбиття стелі – 50%, коефіцієнт відбиття стін – 30%;

- потужність: двигунів системи вентиляції (аспірації) – 1,5 кВт, двигунів приводу технологічного обладнання – 7,5 кВт, ламп світильників – 0,095 кВт;
- місце установки двигунів вентиляторів – у приміщенні.

3.1 Визначення класу зони простору

Найбільш небезпечною речовиною, що обертається у приміщенні шліфувальної дільниці меблевої фабрики є пил деревини. Дерев'яний пил (сосна) – дрібнодисперсна горюча речовина, НКМПП=34 г/м³. У відповідності до п. 4.2.23 [2] горючий пил – пил, суміш повітря з яким у визначених пропорціях при нормальному атмосферному тиску та температурі створює вибухонебезпечне пилоповітряне середовище. У відповідності до п. 4.2.6 [2] горючий пил або волокна вважаються вибухонебезпечними, якщо в разі їх мимовільного загоряння в установці за визначеною нижньою концентраційною його межею за ГОСТ 12.1.044 виникає надмірний тиск газів як мінімум 5 кПа. Вважаємо пил деревини вибухонебезпечним пилом.

Шліфувальна дільниця обладнана примусовою системою аспірації, тому вважаємо, що вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а може утворитися тільки у разі аварії системи аспірації. Припускаючи найгірший випадок $\Delta P > 5$ кПа, робимо висновок, що у приміщенні має місце вибухонебезпечна зона класу 22 – простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися не часто й існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії (згідно з пунктом 4.5.7 [2]).

3.2 Проект силової мережі

За виконанням, згідно з класом зони в приміщенні дільниці (22), ступінь захисту оболонки, що допускається для електричного обладнання, визначається за [2].

Двигуни приводу системи аспірації та приводу технологічного обладнання повинні бути без засобів вибухозахисту. Ступінь захисту не менше IP54 (таблиця 4.7 [2]).

Електричні апарати та прилади (кнопки керування, магнітні пускачі, розподільні пристрої) повинні бути без засобів вибухозахисту. Ступінь захисту не менше IP54 (таблиця 4.8 [2]).

У відповідності з п. 4.8.3 [2] у вибухонебезпечних зонах будь-якого класу можуть застосовуватися:

- а) проводи з гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією;
- б) кабелі з гумовою, полівінілхлоридною та паперовою ізоляцією в гумовій, полівінілхлоридній та металевій оболонках.

Забороняється застосування проводів і кабелів з поліетиленовою ізоляцією або оболонкою у вибухонебезпечних зонах будь-якого класу.

У вибухонебезпечних зонах допускається прокладка ізольованих проводів в сталевих трубах (таблиця 4.12 [2]).

Для встановлення приймаємо електродвигуни серії АІР:

- для приводів технологічного обладнання – АІР132S4 (потужність 7,5 кВт, $\eta=87,5\%$, $\cos\varphi=0,86$, $K_n=7,5$);
- для приводів системи аспірації – АІР80В4 (потужність 1,5 кВт, $\eta=78,5\%$, $\cos\varphi=0,80$, $K_n=5,3$).

Двигуни зі ступенем захисту оболонки ІР54 (додаток 5).

Розподілення електроенергії до двигунів приймаємо через головний розподільчий щит (ГРЩ) – силовий блок РУС 8100 зі ступенем захисту оболонки ІР44 (додаток 11). Встановлюємо його у щитовій. Силовий блок РУС 8100 комплектується триполюсними автоматичними вимикачами серії АЕ2000, кількість АЗ – до 12 (додаток 11). 2 триполюсних автоматичних вимикача – захист відгалужень до двигунів вентиляторів, 4 триполюсних автоматичних вимикача – захист відгалужень до двигунів приводу технологічного обладнання, 1 триполюсний автоматичний вимикач – захист розподільної мережі до щитка освітлення, решта автоматичних вимикачів – резерв.

Мережа живлення (від трансформаторної підстанції (ТП) до ГРЩ) виконується кабелем з алюмінієвою жилою, з паперовою ізоляцією в свинцевій оболонці, броньованим, який прокладений в землі – вибираємо кабель марки АСРБ.

Двигуни підключаємо безпосередньо до ГРЩ кабелем марки ВВГ, прокладеним відкрито на скобах (п.4.8.1 [2]). Для з'єднань застосовуємо з'єднувальні коробки У409 зі ступенем захисту оболонки ІР65 (Додаток 10).

Для керування електродвигунами приймаємо кнопочні пости ПКЕ-222. Ступінь захисту оболонки ІР54 (додаток 9). Кнопки встановлюємо у приміщенні.

Починаємо креслити розрахункову однолінійну схему електропостачання (рис. 3.1). Схему будемо заповнювати по мірі виконання розрахунків.

Розраховуємо відгалуження до двигунів. Визначаємо розрахункові струми відгалужень.

Двигуни приводу технологічного обладнання:

$$I_p^{1-4} = \frac{P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,875 \cdot 0,86} \approx 15,1 \text{ А}.$$

Двигуни приводу системи аспірації:

$$I_p^{5-6} = \frac{P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,785 \cdot 0,8} \approx 3,6 \text{ А}.$$

Визначаємо пускові струми:

$$I_{\text{пуск}}^i = I_p^i \cdot K_{\text{п}}^i, \text{ A},$$

де $K_{\text{п}}^i$ – кратність пускового струму i -го електродвигуна.

$$I_{\text{пуск}}^{1-4} = 15,1 \cdot 7,5 \approx 113 \text{ A}.$$

$$I_{\text{пуск}}^{5-6} = 3,6 \cdot 5,3 \approx 19 \text{ A}.$$

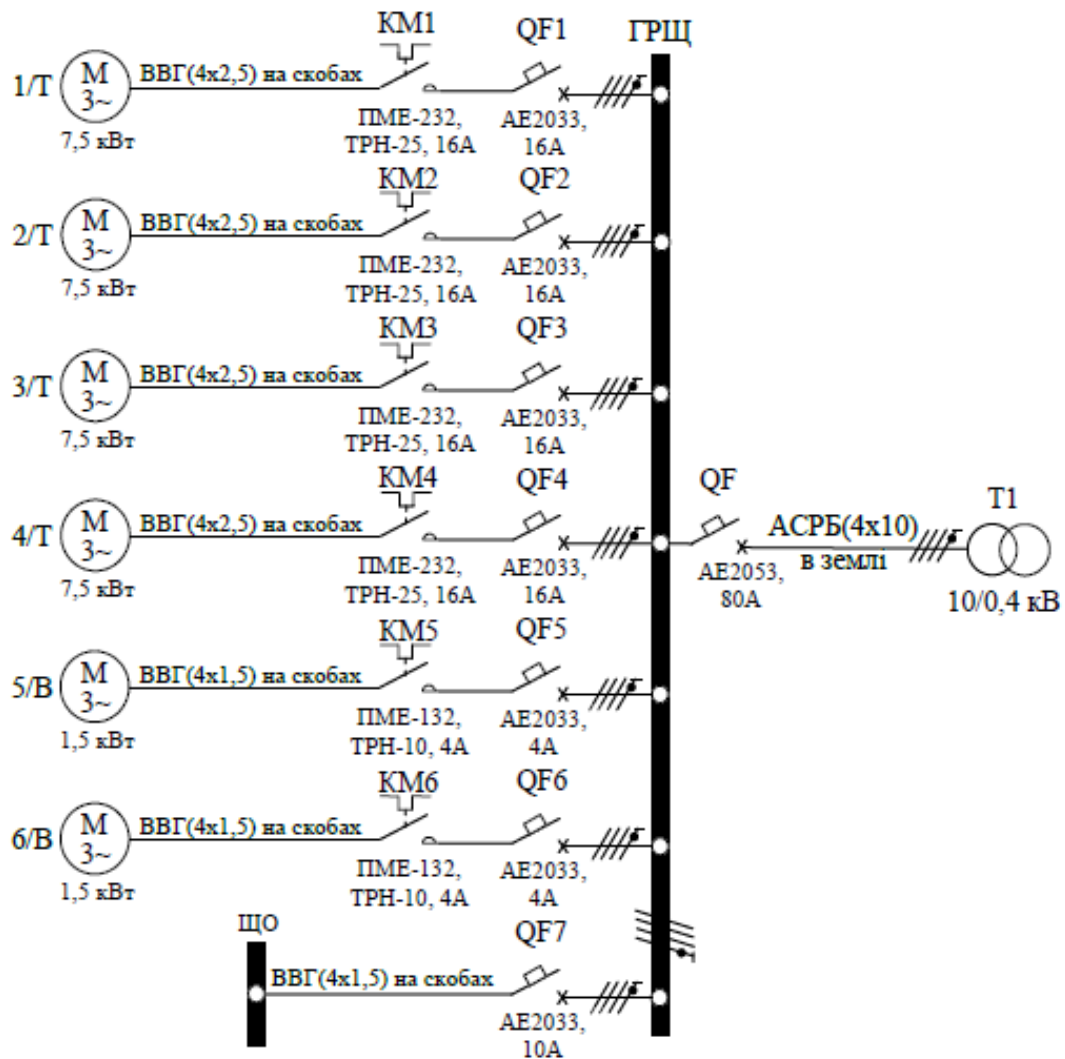


Рис. 3.1 – Розрахункова однолінійна схема електропостачання

Визначаємо номінальні струми електромагнітних розчіплювачів автоматичних вимикачів, що захищають електродвигуни від КЗ, за умовою (п.3.1.4 [1]):

$$\begin{cases} I_{\text{ном.ел.м}}^i \geq I_p^i \\ I_{\text{сп.ел.м}}^i \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}}^i \end{cases},$$

де $I_{\text{ном.ел.м}}^i$ – номінальний струм електромагнітного розчіплювача, А;

$I_{\text{сп.ел.м}}^i$ – струм спрацьовування електромагнітного розчіплювача автоматичного вимикача, А.

$$\begin{cases} I_{\text{ном.ел.м}}^{1-4} \geq I_p^{1-4} = 15,1 \text{ А} \\ I_{\text{сп.ел.м}}^{1-4} \geq 1,25 \cdot K_{\text{п}}^{1-4} \cdot I_p^{1-4} = 1,25 \cdot 113 \approx 141 \text{ А} \end{cases},$$

$$\begin{cases} I_{\text{ном.ел.м}}^{5-6} \geq I_p^{5-6} = 3,6 \text{ А} \\ I_{\text{сп.ел.м}}^{5-6} \geq 1,25 \cdot K_{\text{п}}^{5-6} \cdot I_p^{5-6} = 1,25 \cdot 19 \approx 24 \text{ А} \end{cases}.$$

З додатку 14 приймаємо автоматичні вимикачі:

- для двигунів приводу технологічного обладнання – трифазний триполюсний автоматичний вимикач АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем з параметрами: $I_{\text{ном.роз}}^{1-4} = 16 \text{ А};$

$$I_{\text{сп.ел.м}}^{1-4} = 12 \cdot I_{\text{ном.роз}}^{1-4} = 12 \cdot 16 = 192 \text{ А};$$

- для двигунів приводу системи аспірації – трифазний триполюсний автоматичний вимикач АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем з параметрами: $I_{\text{ном.роз}}^{5-6} = 4 \text{ А}; I_{\text{сп.ел.м}}^{5-6} = 12 \cdot I_{\text{ном.роз}}^{5-6} = 12 \cdot 4 = 48 \text{ А}.$

Для запуску та захисту від перевантажень електродвигунів приймаємо нереверсивні магнітні пускачі серії ПМЕ. Ступінь захисту оболонки IP54 (додаток 8). Магнітні пускачі встановлюємо у приміщенні.

Для двигунів приводу технологічного обладнання обираємо магнітний пускач 2-ї величини – марка ПМЕ-232.

Для двигунів приводу системи аспірації обираємо магнітний пускач 1-ї величини – марка ПМЕ-132.

Визначаємо номінальні струми нагрівальних елементів теплових реле магнітних пускачів ПМЕ, що захищають електродвигуни від перевантажень, за умови:

$$I_{\text{ном.нагр}}^i = (1,05 \div 1,2) \cdot I_p^i, \text{ А}.$$

$$I_{\text{ном.нагр}}^{1-4} = (1,05 \div 1,2) \cdot 15,1 = 15,9 \div 18,1 \text{ А}.$$

$$I_{\text{ном.нагр}}^{5-6} = (1,05 \div 1,2) \cdot 3,6 = 3,8 \div 4,3 \text{ А}.$$

За таблицею додатку 8, згідно з отриманими результатами підбираємо наступні реле:

- для двигунів приводу обладнання – ТРН-25 з параметрами:
 $I_{\text{ном.нагр}}^{1-4} = 16 \text{ А};$

- для двигунів приводу системи аспірації – ТРН-10 з параметрами:
 $I_{\text{ном.нагр}}^{5-6} = 4,0 \text{ А}.$

Розраховуємо переріз жил кабелю, яким живляться електродвигуни, за умови (п. 3.1.12 [1]):

$$I_{\text{прип}}^i \geq 1,25 \cdot I_p^i, \text{ А}$$

та перевіряємо за умовою (п.3.1.11 [1]):

$$0,8 \cdot I_{\text{прип}}^i \geq I_{\text{ном.нагр}}^i.$$

Згідно з попередніми висновками приймаємо кабель марки ВВГ, прокладений відкрито на скобах (табл. 1.3.6 [1] з урахуванням вимоги п.4.8.2 [2]):

- для двигунів приводу обладнання за умовою

$$\begin{cases} I_{\text{прип}}^{1-4} \geq 1,25 \cdot 15,1 \approx 19 \text{ А} \\ I_{\text{прип}}^{1-4} \geq \frac{16}{0,8} = 20 \text{ А} \end{cases} \quad \text{– кабель ВВГ}(4 \times 2,5), I_{\text{прип.}} = 25 \text{ А};$$

- для двигунів приводу системи аспірації за умовою

$$\begin{cases} I_{\text{прип}}^{5-6} \geq 1,25 \cdot 3,6 \approx 5 \text{ А} \\ I_{\text{прип}}^{5-6} \geq \frac{4}{0,8} = 5 \text{ А} \end{cases} \quad \text{– кабель ВВГ}(4 \times 1,5), I_{\text{прип.}} = 19 \text{ А}.$$

3.3 Проект освітлювальної мережі

Електричні світильники можуть бути без засобів вибухозахисту. Ступінь захисту не менше IP54 (таблиця 4.9 [2]).

Електричні апарати та прилади (вимикачі, розподільні коробки) повинні бути без засобів вибухозахисту. Ступінь захисту не менше IP54 (таблиця 4.8 [2]).

Живлення освітлювальної мережі повинно виконуватися від групового освітлювального щитка ЩО, який живиться через ГРЩ.

В якості групового освітлювального щита приймаємо щиток, обладнаний DIN-рейкою та розрахований на встановлення такої кількості однополюсних автоматичних вимикачів, що не менша ніж розрахована кількість груп освітлювальної мережі.

Освітлювальний щиток встановлюємо у щитовій. Керування освітленням приймаємо від ЩО.

Згідно п.4.10.2 [2] у вибухонебезпечних зонах кабелі та проводи освітлювальних мереж повинні бути захищені від КЗ та перевантажень.

Захист групових ліній від КЗ та перевантажень виконують однополюсні автоматичні вимикачі з комбінованим розчіплювачем фірми Legrand.

Розподільна мережа від ГРЩ до ЩО виконана кабелем марки АВВГ, що прокладений відкрито на скобах.

В якості приладів освітлення вибираємо однолампові світильники з лампами розжарювання типу НСП01-100 зі ступенем захисту оболонки IP54 з лампою розжарювання БК 220-95 потужністю 95 Вт (додаток 13).

Розраховуємо мінімальну потрібну кількість світильників для освітлення приміщення.

Нормативна освітленість поверхні складає $E=100$ лк. Коефіцієнт відбиття стелі – 50%, коефіцієнт відбиття стін – 30%, потужність ламп – 0,095 кВт.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{18 \cdot 12}{0,7 \cdot 4 \cdot (12 + 18)} = 2,6.$$

де S – площа поверхні, m^2 ;

H_p – розрахункова висота (відстань по вертикалі від світильника до робочої поверхні), м;

A та B – відповідно, довжина та ширина приміщення, м.

Коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,5$ (додаток 18).

За завданням приймаємо лампи розжарювання БК 220-95 потужністю 0,095 кВт, світловий потік даної лампи складає $\Phi=1145$ лм (додаток 17).

Визначаємо величину світлового потоку:

$$N \cdot \Phi = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot K_z}{\eta} = \frac{100 \cdot 18 \cdot 12 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{0,5} = 74520 \text{ лм.}$$

де E – нормативна освітленість поверхні, лк;

S – площа поверхні, m^2 ,

z – коефіцієнт мінімальної освітленості (для ламп розжарювання, СДЛ та ДРЛ $z=1,15$, для люмінесцентних ламп $z=1,1$);

K_z – коефіцієнт запасу (визначається за таблицею додатку 16 виходячи зі ступеню запиленості приміщення), приймаємо $K_z = 1,5$;

Φ – світловий потік джерела світла (лампи), лм;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Згідно з отриманою величиною світлового потоку визначаємо кількість світильників (у кожному світильнику 1 лампа), які б забезпечували нормальне освітлення:

$$N = \frac{74520}{1145} \approx 65 \text{ ламп (світильників).}$$

На одну групову лінію не повинно бути більше 20 ламп розжарювання (пп. 6.2.10 [1]). Розбиваємо мережу на 6 груп, в кожній по 11 світильників, всього – 66 світильників (з запасом).

Визначаємо суму номінальних потужностей світильників в одній групі:

$$P_{\text{ном.гр}}^k = \sum_{p=1}^p P_{\text{ном.св}}^p = 11 \cdot 0,095 = 1,05 \text{ кВт}.$$

Визначаємо робочий струм в кожній з групових ліній:

$$I_{\text{р.гр}}^k = \frac{P_{\text{ном.гр}}^k \cdot 10^3}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi_k} = \frac{1,05 \cdot 10^3}{220 \cdot 1} = 4,5 \text{ А}.$$

У вибухонебезпечній зоні групова освітлювальна мережа повинна мати захист від КЗ та від перевантажень (п. 4.10.2 [2]). Прилади захисту – однополюсні автоматичні вимикачі з комбінованим розчіплювачем фірми Legrand. Номінальний струм комбінованого розчіплювача цього автоматичного вимикача приймаємо за умови:

$$I_{\text{ном.ел.м.гр}}^k \geq I_{\text{р.гр}}^k$$

$$I_{\text{ном.тепл.гр}}^k \geq I_{\text{р.гр}}^k$$

З додатку 14 обираємо автоматичний вимикач з комбінованим розчіплювачем на $I_{\text{ном.комб.гр}}^k = 6 \text{ А}$, тип В (тому що пусковий струм співпадає з робочим).

Перевіряємо правильність вибору: $6 \text{ А} \geq 4,5 \text{ А}$ – умова виконується.

Визначимо марку та спосіб прокладки проводів (кабелів). Приймаємо кабель марки ВВГ, прокладений відкрито на скобах. Переріз жил приймаємо за умови:

$$I_{\text{прип.гр}}^k \geq I_{\text{р.гр}}^k.$$

За таблицею № 1.3.6 [1] з урахуванням вимоги п.4.8.2 [2] підбираємо для групової лінії кабель ВВГ(3х1,5), для якого $I_{\text{прип.гр}}^k = 19 \text{ А}$. Припустимий струм $I_{\text{прип.гр}}^k$ перевіряється за умовою (п.3.1.11 [1]):

$$0,8 \cdot I_{\text{прип.гр}}^k \geq I_{\text{ном.тепл.гр}}^k$$

$$0,8 \cdot 19 = 15,2 \text{ А} \geq 6 \text{ А} \text{ — умова виконується.}$$

Далі розраховуємо розподільну освітлювальну мережу.

Захист розподільної освітлювальної мережі (від щита ГРЩ до ЩО) від КЗ здійснюється триполюсним автоматичним вимикачем АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем. Кількість груп – 6. Тому:

$$I_{p(3\Phi)}^{\text{ЩО}} = I_{p,гр}^k \cdot K_{3\Phi} = 4,5 \cdot 2 = 9 \text{ А}.$$

За таблицею додатку 14 з умови

$$I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ЩО}} \geq I_{p(3\Phi)}^{\text{ЩО}}$$

приймаємо автоматичний вимикач з електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ЩО}} = 10 \text{ А}$.

Вимога селективності (п.3.1.8 [1]) виконується: захист розподільної освітлювальної мережі здійснюється триполюсним автоматичним вимикачем з розчіплювачем $I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ЩО}} = 10 \text{ А}$; захист групової освітлювальної мережі здійснюється однополюсним автоматичним вимикачем з розчіплювачем на $I_{\text{ном.комб.гр}}^k = 6 \text{ А}$; $10\text{А} > 6\text{А}$.

Далі вибираємо площу перерізу жил проводів або кабелів розподільної освітлювальної мережі за умовою:

$$I_{\text{прип}}^{\text{ЩО}} \geq I_{p(3\Phi)}^{\text{ЩО}}.$$

За таблицею 1.3.6 [1] підбираємо для розподільної освітлювальної мережі кабель марки ВВГ(4х1,5) з площею перерізу жил $1,5 \text{ мм}^2$, для якого $I_{\text{прип}}^{\text{ЩО}} = 19 \text{ А}$.

Перевіримо правильність вибору площу перерізу жил з умови (п.3.1.9 [1]):

$$I_{\text{сп.ел.м}}^{\text{ЩО}} \leq 4,5 \cdot I_{\text{прип}}^{\text{ЩО}}.$$

Триполюсний автоматичний вимикач АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ЩО}} = 10 \text{ А}$ має струм спрацьовування $I_{\text{сп.ел.м}}^{\text{ЩО}} = 3 \cdot I_{\text{ном.роз}} = 3 \cdot 10 = 30 \text{ А}$. Підставляємо:

$$30 \text{ А} \leq 4,5 \cdot 19 = 85,5 \text{ А} - \text{умова виконується.}$$

Розрахункова однолінійна схема освітлювальної мережі приведена на рис.3.2.

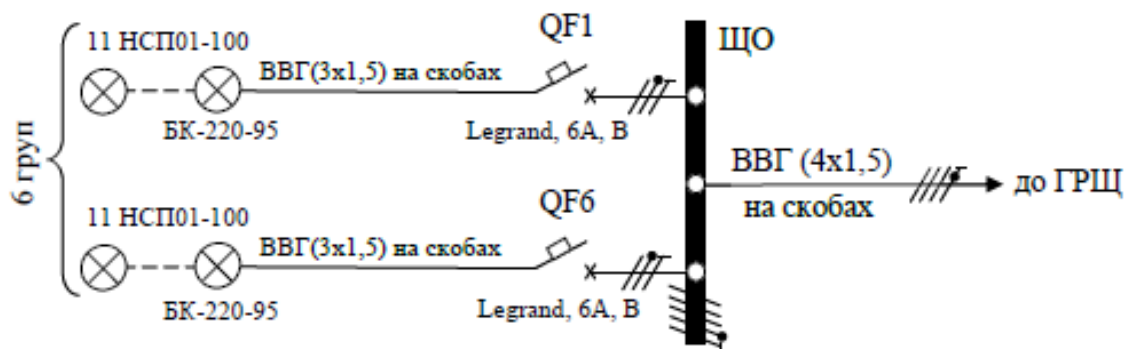


Рис. 3.2 – Розрахункова однолінійна схема освітлювальної мережі

Виконаємо розрахунок мережі живлення (від ТП до ГРЩ).
Випишемо робочі струми, які споживаються через магістральну лінію.

$$I_p^{1-4} = 15,1 \text{ А.}$$

$$I_p^{5-6} = 3,6 \text{ А.}$$

$$I_{p(3\Phi)}^{\text{ЩО}} = 9 \text{ А.}$$

Також випишемо пускові струми:

$$I_{\text{пуск}}^{1-4} = 113 \text{ А;}$$

$$I_{\text{пуск}}^{5-6} = 19 \text{ А;}$$

для освітлювального щита пусковий струм не визначається.

Визначаємо розрахунковий та максимально можливий струми в мережі живлення. Від силового щита підключено освітлювальний щит, тому формула для визначення робочого струму набуває вигляду:

$$I_p^{\text{ГРЩ}} = K_c \cdot \sum_{i=1}^n I_p^i + I_{p(3\Phi)}^{\text{ЩО}}, \text{ А,}$$

формула для визначення максимального струму короткочасного перевантаження:

$$I_{\text{мах}}^{\text{ГРЩ}} = K_c \cdot \sum_{i=1}^{n-1} I_p^i + I_{\text{пуск}}^{\text{найб}} + I_{p(3\Phi)}^{\text{ЩО}}, \text{ А.}$$

Коефіцієнт попиту електродвигунів K_c визначається за таблицею 2.1.

Підставляємо:

$$I_p^{ГРЩ} = K_c \cdot \sum_{i=1}^n I_p^i + I_{p(3\phi)}^{ШО} = 0,6 \cdot (4 \cdot 15,1 + 2 \cdot 3,6) + 9 \approx 50 \text{ А},$$

$$I_{\max}^{ГРЩ} = K_c \cdot \sum_{i=1}^{n-1} I_p^i + I_{\text{пуск}}^{\text{найб}} + I_{p(3\phi)}^{ШО} = 0,6 \cdot (3 \cdot 15,1 + 2 \cdot 3,6) + 113 + 9 \approx 154 \text{ А}.$$

Мережа живлення захищається тільки від КЗ. Захист від КЗ здійснюється автоматичним вимикачем.

Автоматичний вимикач, що захищає мережу живлення від КЗ, вибирається з таким електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{ном.ел.м}}^{ГРЩ}$, для якого виконується умова:

$$\begin{cases} I_{\text{ном.ел.м}}^{ГРЩ} \geq I_p^{ГРЩ} = 50 \text{ А} \\ I_{\text{сп.ел.м}}^{ГРЩ} \geq 1,25 \cdot I_{\max}^{ГРЩ} = 1,25 \cdot 154 \approx 193 \text{ А} \end{cases}.$$

За таблицею додатку 14 обираємо автоматичний вимикач АЕ2053 з електромагнітним розчіплювачем з параметрами $I_{\text{ном.ел.м}}^{ГРЩ} = 63 \text{ А}$ для якого $I_{\text{сп.ел.м}}^{ГРЩ} = 3 \cdot I_{\text{н.ел.м}}^{ГРЩ} = 3 \cdot 63 = 189 \text{ А}.$

Умова

$$189 \text{ А} = I_{\text{сп.ел.м}}^{ГРЩ} \geq 1,25 \cdot I_{\max}^{ГРЩ} = 1,25 \cdot 154 = 193 \text{ А}$$

не виконується.

Тому за таблицею додатку 14 обираємо автоматичний вимикач АЕ2053 з електромагнітним розчіплювачем з параметрами $I_{\text{ном.ел.м}}^{ГРЩ} = 80 \text{ А}$ для якого $I_{\text{сп.ел.м}}^{ГРЩ} = 3 \cdot I_{\text{н.ел.м}}^{ГРЩ} = 3 \cdot 80 = 240 \text{ А}.$

Вимога селективності (п.3.1.8 [1]) виконується:

захист мережі живлення здійснюється триполюсним автоматичним вимикачем АЕ2053 з електромагнітним розчіплювачем з $I_{\text{ном.ел.м}}^{ГРЩ} = 80 \text{ А};$

захист відгалуження до двигунів приводу обладнання здійснюється триполюсним автоматичним вимикачем АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{ном.роз}}^{1-4} = 16 \text{ А} (80 \text{ А} > 16 \text{ А});$

захист відгалуження до двигунів приводу вентиляторів здійснюється триполюсним автоматичним вимикачем АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{ном.роз}}^{5-6} = 4 \text{ А} (80 \text{ А} > 4 \text{ А});$

захист розподільної освітлювальної мережі здійснюється триполюсним автоматичним вимикачем АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ЩО}} = 10\text{А}$ ($80\text{А} > 10\text{А}$).

Визначаємо переріз жили кабелю мережі живлення за умовою (п.3.1.12 [1]):

$$I_{\text{прип}}^{\text{ГРЩ}} \geq I_{\text{р}}^{\text{ГРЩ}} = 50 \text{ А}.$$

Вибираємо згідно з таблицею додатку 12 кабель з алюмінієвою жилою, з паперовою ізоляцією в свинцевій оболонці, броньований, чотирижильний (марка АСРБ), прокладений в землі. Обираємо переріз жили з таблиці 1.3.20 [1]: АСРБ(4×10), $I_{\text{прип}}^{\text{ГРЩ}} = 60 \text{ А}$ ($60\text{А} \geq 50\text{А}$ – умова виконується).

Після вибору перерізу перевіряємо відповідність його параметрам апарату захисту. Так як захист здійснюється автоматичним вимикачем тільки від КЗ застосовується наступна умова (п.3.1.9 [1]):

$$I_{\text{сп.ел.м}}^{\text{ГРЩ}} \leq 4,5 \cdot I_{\text{прип}}^{\text{ГРЩ}}.$$

Перевіряємо:

$$240\text{А} \leq 4,5 \cdot 60 = 270\text{А} \text{ – умова виконується.}$$

Виконуємо перевірочний розрахунок на надійність відключення від джерел електричного живлення при виникненні КЗ наприкінці лінії, що захищається (п. 3.1.8 [1]).

Надійне відключення забезпечується, якщо виконується наступна умова (п.4.10.3 [2]) - для автоматичного вимикача з електромагнітним розчіплювачем до 100 А):

$$\frac{I_{\text{КЗ}}^{\text{L-N}}}{I_{\text{н.роз}}} \geq 1,4,$$

де
$$I_{\text{КЗ}}^{\text{L-N}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{L-N}}}.$$

Розрахунок опору кола однофазного КЗ виконується для схеми, яка зображена на рис. 3.3.

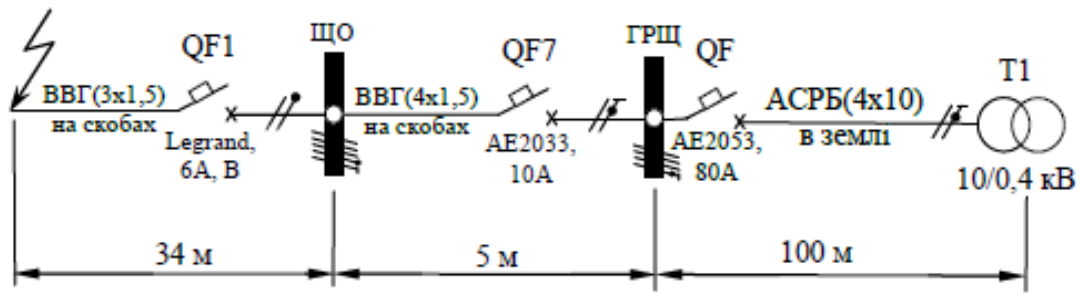


Рис. 3.3 – Однолінійна схема для розрахунку опору кола однофазного КЗ

Значення Z_{L-N} визначається за формулою:

$$Z_{L-N} \approx \sqrt{(\sum R_L + \sum R_N + \sum R_K)^2 + (\sum X_L + \sum X_N)^2} + Z_T, [\text{Ом}],$$

де $R_L = \rho_L \cdot \frac{\ell}{S_L}$; $X_L = a_L \cdot \ell$, [Ом] – відповідно активний і індуктивний опір ділянки фазного кола, протягом якої провідник має однаковий переріз і марку;

$$R_N = \rho_N \cdot \frac{\ell}{S_N}; X_N = a_N \cdot \ell, [\text{Ом}] \text{ – те ж, але для нейтрального провідника;}$$

S_L та S_N , [мм²] – переріз жил фазного і нейтрального провідників, відповідно;

$\rho_{L,N}=32 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$ – питомий опір матеріалу провідника (алюміній);

$\rho_{L,N}=19 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$ – питомий опір матеріалу провідника (мідь);

ℓ , [км] – довжина ділянки з однаковим перерізом жил і однакою маркою провідника;

$a_{L,N}$ – середнє значення індуктивного опору ділянки провідника (для кабелю $a_{L,N} = 0,07 \text{ Ом} \cdot \text{км}$, для проводу $a_{L,N} = 0,09 \text{ Ом} \cdot \text{км}$);

R_K , [Ом] - перехідний опір контактних з'єднань:

$R_K = 0,015 \text{ Ом}$ – для РЩ на підстанції,

$R_K = 0,020 \text{ Ом}$ – для розподільних щитків, підключених від підстанції,

$R_K = 0,025 \text{ Ом}$ – для вторинних розподільних щитків і на затискачах апаратів, підключених від первинних цехових щитків,

$R_K = 0,03 \text{ Ом}$ – для апаратури, установлені безпосередньо перед електричними приймачами (вимикачі, контактори, пускачі), підключеною від вторинних розподільних щитів;

$Z_T = 0,112 \text{ Ом}$ – приведений опір трансформатора струму КЗ.

Підставляємо:

$$\sum R_L = \sum \rho_L \cdot \frac{\ell}{S_L} = 32 \cdot \frac{0,1}{10} + 19 \cdot \left(\frac{0,005}{1,5} + \frac{0,012 + 0,018 + 0,004}{1,5} \right) \approx 0,814 \text{ Ом},$$

$$\sum R_N = \sum \rho_N \cdot \frac{\ell}{S_N} = 32 \cdot \frac{0,1}{10} + 19 \cdot \left(\frac{0,005}{1,5} + \frac{0,012 + 0,018 + 0,004}{1,5} \right) \approx 0,814 \text{ Ом},$$

$$\sum R_k = 0,015 + 0,020 + 0,025 + 0,03 = 0,09 \text{ Ом},$$

$$\sum X_L = \sum a_L \cdot \ell = 0,07 \cdot (0,1 + 0,005 + 0,034) \approx 0,01 \text{ Ом},$$

$$\sum X_N = \sum a_N \cdot \ell = 0,07 \cdot (0,1 + 0,005 + 0,034) \approx 0,01 \text{ Ом},$$

$$\begin{aligned} Z_{L-N} &\approx \sqrt{(\sum R_L + \sum R_N + \sum R_k)^2 + (\sum X_L + \sum X_N)^2} + Z_T = \\ &= \sqrt{(0,814 + 0,814 + 0,09)^2 + (0,01 + 0,01)^2} + 0,112 =, \\ &= \sqrt{2,951 + 0,0004} + 0,112 = 1,830 \text{ Ом}, \end{aligned}$$

$$I_{\text{кз}}^{L-N} = \frac{U_{\phi}}{Z_{L-N}} = \frac{220}{1,834} \approx 120,0 \text{ А},$$

$$\frac{I_{\text{кз}}^{L-N}}{I_{\text{н.роз.}}} = \frac{120}{6} = 20,0 \geq 1,4 \text{ - умова виконується.}$$

3.4 Проект штучного заземлювача

Припускаючи, що контур штучного заземлювача поєднаний для захисного та функціонального заземлень [1], розраховуємо його на нормативний опір захисного заземлення $R_{\text{н}} = 4 \text{ Ом}$ (для лінійної напруги 380 В, п. 1.7.92 [1]).

Ґрунт має питомий опір $\rho_{\text{гр}} = 20 \text{ Ом}$. За таблицею додатку 19 це чорнозем.

За таблицею додатку 19 кліматичний коефіцієнт опору ґрунту для чорнозему $\psi = 1,32$.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту за формулою:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho_{\text{гр}} \cdot \psi = 20 \cdot 1,32 = 26,4 \text{ Ом}.$$

Матеріал вертикального заземлювача – сталеве коло $\varnothing 38 \text{ мм}$. Обираємо вертикальний електрод довжиною $\ell = 5 \text{ м}$, заглиблений на відстань $H_0 = 0,5 \text{ м}$ від планувальної відмітки землі. Тоді

$$H = \frac{\ell}{2} + H_0 = \frac{5}{2} + 0,5 = 3 \text{ м.}$$

Визначаємо опір одиночного вертикального електрода:

$$R_1 = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot \ell} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + \ell}{4 \cdot H - \ell} \right) = \frac{26,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,038} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) =$$

$$= \frac{26,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} (5,57 + 0,44) \approx 5,1 \text{ Ом.}$$

Будинок має розмір 12x18 м². Розташовуємо вертикальні електроди заземлювача у ряд на відстані 1 м від фундаменту вздовж довгого боку будинку. В якості горизонтального електрода приймаємо сталеву штабу розміром bхh=40х4 мм².

Попередньо приймаємо 2 вертикальних електроди, що розташовані на відстані a=5 м один від одного в ряд.

Горизонтальний електрод заглиблений на відстань $H_1 = H_0 + \frac{b}{2} = 0,5 + \frac{0,04}{2} = 0,52 \text{ м}$ від планувальної відмітки землі.

Визначаємо опір горизонтального електрода. Спочатку визначаємо довжину горизонтального електрода

$$L = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1) \approx 1,05 \cdot 5 \cdot (2 - 1) = 5,25 \text{ м.}$$

$$R_{\Gamma}^1 = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot H_1} = \frac{26,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,25} \cdot \ln \frac{2 \cdot 5,25^2}{0,04 \cdot 0,52} \approx 6,3 \text{ Ом.}$$

Приймаємо для 2 вертикальних електродів (при відношенні відстані між електродами до їх довжини $\frac{a}{\ell} = \frac{5}{5} = 1$):

- коефіцієнт використання вертикального електрода $\eta_v \approx 0,85$ (додаток 20),

- коефіцієнт використання горизонтального електрода $\eta_{\Gamma} \approx 0,87$ (додаток 21).

Визначаємо реальний опір горизонтального електрода:

$$R_{\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}^1}{\eta_{\Gamma}} = \frac{6,3}{0,87} \approx 7,2 \text{ Ом.}$$

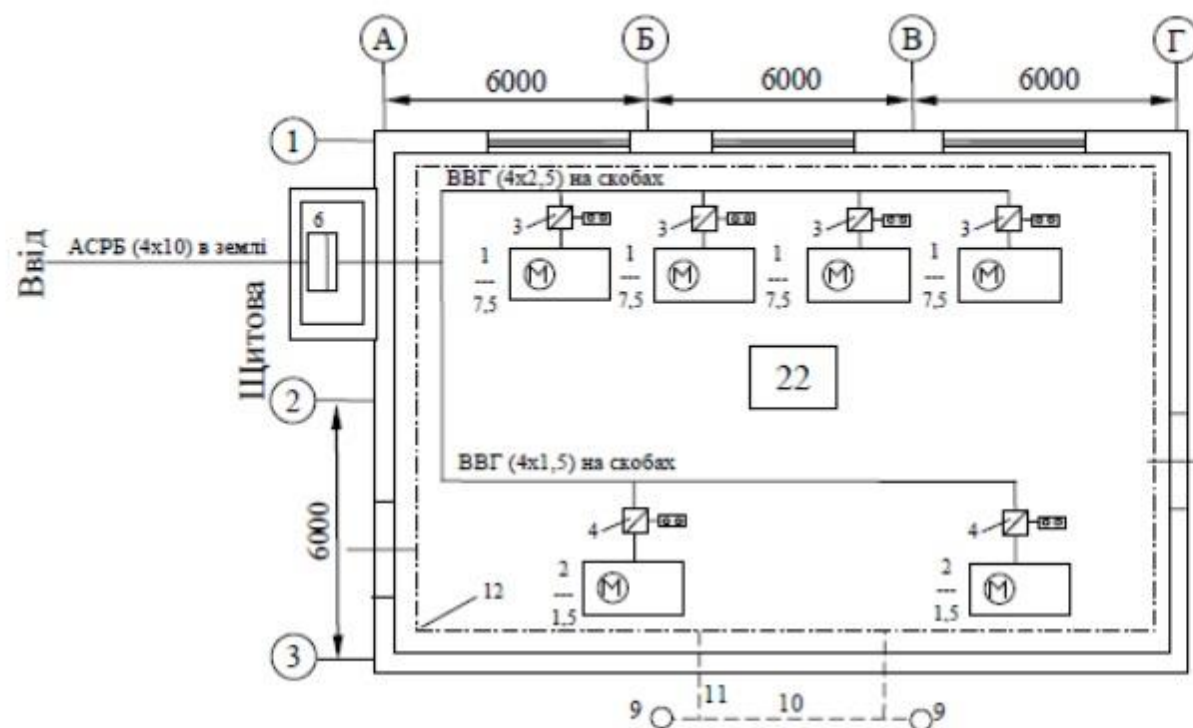
Визначаємо максимально припустимий опір вертикального електрода:

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{г}} \cdot R_{\text{н}}}{R_{\text{г}} - R_{\text{н}}} = \frac{7,2 \cdot 4}{7,2 - 4} = 9,0 \text{ Ом.}$$

Після цього, враховуючи величину коефіцієнта використання вертикальних електродів, розраховуємо їх кількість:

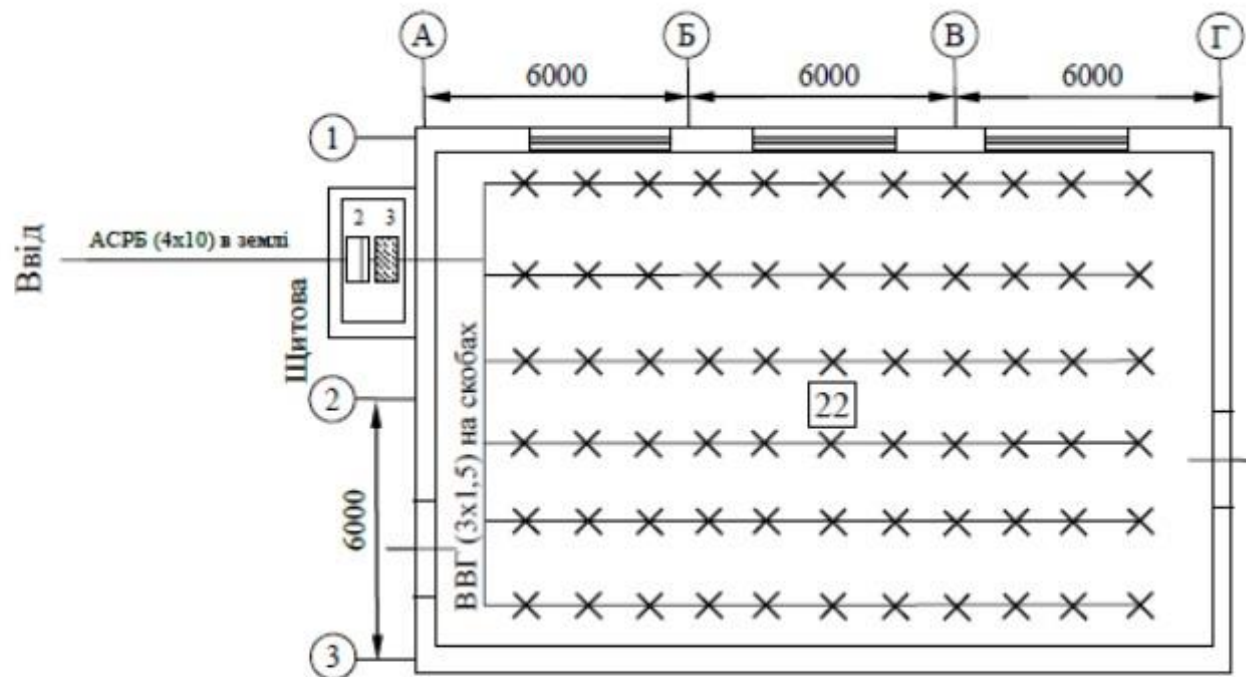
$$n = \frac{R_1}{\eta_{\text{в}} \cdot R_{\text{в}}} = \frac{5,1}{0,85 \cdot 9,0} \approx 1.$$

Запропонована кількість вертикальних електродів (2 шт.) не є меншою від розрахованої (1 шт.). Кінцева кількість вертикальних електродів – 2 шт.



Специфікація обладнання				
№	Найменування	Марка	Кількість	Примітка
Система електричного обладнання				
1	Електрокабелі прокладання теплоізоляційного обладнання	АВР13254	4 шт.	
2	Електрокабелі прокладання системи вентиляції	АВР8054	2 шт.	
3	Магнітний пускач	ПМБ-232	4 шт.	
4	Магнітний пускач	ПМБ-132	2 шт.	
5	Кнопка зупинки	ПБС-222	6 шт.	
6	Головний розподільний щит	РУС8100	1 шт.	
7	Кабель магистральний ліній	АСРБ		Прокладений в землі
8	Кабель підключення двигунів	ВВГ		Прокладений відкрито на скобах
Закріплювальні пристрої				
9	Вертикальний електрод	Сталева шпала Ø38	2	Довжина 5 м
10	Горизонтальний електрод	Сталева шпала 40x4 мм ²	1	Довжина 5,25 м
11	З'єднувальна смуга	Сталева шпала 40x4 мм ²	1	
12	Внутрішньо-цегляна цегла	Сталева шпала 40x4 мм ²	1	

НУЦЗУ.23.04.01.ПІЕ.ГЧ-1					
Піліфування дільниці меблевої фабрики					
№	Вид	Апр.	Місяц	Діагн.	Дат.
Розробка	Витрати П.П.				
Виробництво					
Підприємство					
Підприємство					
Підприємство					
Підприємство					
Курсовий проект з Поверхні безпеки електроустановок					
План розташування силового обладнання. Завдання					
Сторінка				Листів	Архив
КП				1	3
ПБК-23-1					



Специфікація освітлювального обладнання

№	Найменування	Марка	Кількість	Примітка
1	Світильник робочого освітлення	НСП01-100	66 шт.	Лампи БК220-95
2	Головний розподільчий щит	РУС 8100	1 шт.	
3	Щит освітлювальний	з DIN-рейкою	1 шт.	Legrand
4	Кабель магістральної лінії	АСРБ		Прокладений в землі
5	Кабель освітлювальної мережі	ВВГ		Прокладений відкрито на скобах

Примітка

Світильники підвішуються на кроках.
Керування освітленням – від ЩО.

						НУЦЗУ.23.04.01.ППЕ.ГЧ-2		
						Шіфувальна ділянка меблевої фабрики		
№	Питання	Відповідь	№	Питання	Відповідь	Курсовий проект з Покладання безпечної електроустановки		
Розробник	Петренко П.П.					Студент	Артем	Артем
Перевірник						КП	2	3
Підпис						План розташування освітлювального обладнання		
Підпис						ПВк-23-1		

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. – Київ, 2017. – 617 с.
2. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок // Збірка «Правила улаштування електроустановок», Харків: Видавництво «Форт», 2014. С. 692-782.
3. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС України від 30.12.2014 N 1417 зі змінами. 3. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненгерговугілля України, 2017.
4. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджені Наказом № 2588 Міністерства палива та енергетики України від 25.07.2006 зі змінами.
5. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою: ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – [Чинний від 2017-01-01]. – (Національний стандарт України).
6. Спеціальна електротехніка: начальний посібник / О.М. Землянський, К.І. Мигаленко, П.І. Заїка, В.І. Томенко, С.С. Тарасов, О.О. Зобенко, М.Г. Томенко – Черкаси: ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2022. – 540 с.

Зразки оформлення титульного аркуша

Національний університет цивільного захисту України
Кафедра автоматичних систем безпеки та електроустановок

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ
з навчальної дисципліни
«Пожежна профілактика електроустановок»

на тему: Забезпечення пожежної безпеки електроустановок виробничого
приміщення

Здобувача вищої освіти за освітньо-
кваліфікаційним рівнем «бакалавр»
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 261 "Пожежна безпека"
_____ курсу _____ групи

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник _____

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: ____ Оцінка: ECTS ____

Члени комісії _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) (прізвище та ініціали)

м. Черкаси – 20__ рік

**Завдання на виконання курсового проекту з дисципліни
"Пожежна профілактика електроустановок"**

П.І.П.		
Найменування виробничого приміщення		
Приведений опір трансформатору, Ом		
Питомий опір ґрунту, Ом · м		
Довжина магістралі від ТП до ГРЩ, м		
Розміри приміщення АхВхН, м ³		
Діаметр кола вертикального електроду заземлювача, мм		
Кількість двигунів:	Привод технологічного обладнання	
	Вентиляція (аспірація)	
Освітлювальна мережа:	Висота світильників над поверхнею	
	Коефіцієнт відбитку стелі, %	
	Коефіцієнт відбитку стін	
	Освітленість, лк	
Потужність, квт:	Двигунів приводу обладнання	
	Двигунів вентиляторів	
	Ламп світильників	
Місце установки двигунів системи вентиляції (аспірації)		

Література

1. Правила улаштування електроустановок. – Київ, 2017. – 617 с.
2. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок // Збірка «Правила улаштування електроустановок», Харків: Видавництво «Форт», 2014. С. 692-782.
3. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС України від 30.12.2014 N 1417 зі змінами. 3. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненергоугілля України, 2017.
4. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджені Наказом № 2588 Міністерства палива та енергетики України від 25.07.2006 зі змінами.
5. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою: ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – [Чинний від 2017-01-01]. – (Національний стандарт України).
6. Спеціальна електротехніка: начальний посібник / О.М. Землянський, К.І. Мигаленко, П.І. Заїка, В.І. Томенко, С.С. Тарасов, О.О. Зобенко, М.Г. Томенко – Черкаси: ЧІПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2022. – 540 с.
7. Пожежна профілактика електроустановок. Методичні вказівки до виконання курсового проекту / Укладачі: О.В. Кулаков, О.М. Землянський, Я.Ю. Кальченко, О.В. Борсук, О.М. Зобенко. – Черкаси.: НУЦЗУ, 2025. – 72 с.

Завдання перевірів _____

Вихідні дані, що визначаються за першою літерою прізвища здобувача вищої освіти

Перша літера прізвища	Найменування виробничого приміщення	Приведений опір трансформатора, Ом	Питомий опір ґрунту, Ом·м	Довжина магістралі (від ТП до ГРЩ), м	Розміри приміщення АхВхН, м	Діаметр кола вертикального електроду заземлювача, мм	Кількість двигунів		Освітлювальна мережа			
							технологічного обладнання	Вентиляція (аспірація)	Висота світильників над поверхнею	Коефіцієнт відбитку стелі	Коефіцієнт відбитку стін	Нормативна освітленість поверхні, лк
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
А	Насосна станція з перекачування бензолу	0,312	100	800	48х24х8	50	5	3	0,6·Н	30	10	150
Б	Дільниця подрібнення вугілля	3,11	20	1350	18х12х6	36	4	2	0,8·Н	50	30	75
В	Фарбоприготувальна дільниця	2,11	20	2000	24х24х5	50	4	6	0,7·Н	50	30	150
Г	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки З)	1,237	250	600	24х12х6	30	2	4	0,7·Н	50	30	100
Д	Механізований склад зберігання гумових виробів	0,305	50	200	12х12х3	32	3	3	0,7·Н	50	30	75
Е	Механізований склад зберігання солідолу	1,237	100	1500	60х24х10	36	4	6	0,6·Н	30	10	75
Є	Комбикормовий цех	1,949	300	800	120х24х10	50	4	6	0,8·Н	50	30	50
Ж	Ательє з виготовлення одягу	1,949	400	2000	36х18х5	25	4	3	0,6·Н	50	30	75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
З	Дільниця приготування цукрової пудри	0,487	80	300	24x12x6	16	4	6	0,8·Н	30	10	150
И	Дільниця отримання бензолу із коксового газу	0,305	50	200	20x10x3	32	4	6	0,7·Н	50	30	150
І	Дільниця просочування обмоток електричних машин (розчинник толуол)	2,11	200	1000	24x24x5	30	2	4	0,8·Н	30	10	100
Ї	Машинний зал аміачної компресорної	1,949	300	1000	30x15x6	36	6	2	0,8·Н	30	10	200
Й	Насосна станція з перекачування спирту етилового	3,11	200	800	24x12x10	30	5	4	0,6·Н	30	10	75
К	Зернодробильне відділення кормоцеху сільгосппідприємства	0,487	80	100	120x24x10	20	4	6	0,7·Н	30	10	75
Л	Механізований склад зберігання в тарі уайт-спіриту	1,949	600	1800	24x12x8	16	2	6	0,6·Н	50	30	75
М	Насосна станція з перекачування дизельного палива марки З	0,312	150	500	18x18x3	16	6	4	0,8·Н	50	30	75
Н	Дільниця фарбування двигунів (розчинник - сольвент)	0,779	150	800	48x12x6	40	2	6	0,8·Н	50	30	200
О	Насосна станція з перекачування бензину	1,237	120	400	12x6x3	32	4	4	0,7·Н	50	30	75
П	Котельня на природному газу	3,11	100	2600	24x12x6	30	4	6	0,7·Н	30	10	50
Р	Дільниця отримання ацетилену	3,11	50	1550	60x12x4	22	6	4	0,6·Н	50	30	50
С	Лісопилна дільниця деревообробного комбінату	0,779	10	1000	60x12x6	25	4	6	0,8·Н	30	10	150
Т	Дільниця фарбування металевих виробів (фарба на оліфі)	1,237	200	400	48x24x8	32	3	7	0,8·Н	50	30	200
У	Відділення упаковки та зберігання сажі	3,11	160	2100	12x12x3	22	4	2	0,6·Н	50	30	75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ф	Дільниця фарбування дерев'яних виробів (розчинник Р-5)	1,237	80	650	48x12x5	28	2	4	0,8·Н	70	50	100
Х	Дільниця приготування крохмалю	0,487	20	500	24x12x5	25	4	4	0,7·Н	50	30	75
Ц	Воднева станція	3,11	60	200	12x6x6	28	2	3	0,7·Н	50	30	50
Ч	Дільниця наповнення балонів скрапленими вуглеводневими газами	3,11	800	1200	36x18x6	40	2	6	0,8·Н	50	30	75
Ш	Олійна дільниця (отримання соняшникової олії з насіння віджиманням)	0,487	200	600	48x36x10	36	6	4	0,7·Н	30	10	75
Щ	Механізоване книгосховище	1,949	100	450	90x48x11	30	6	4	0,6·Н	70	50	50
Ю	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки Л)	3,11	200	940	24x12x8	20	4	5	0,6·Н	50	30	100
Я	Зарядна станція акумуляторів	1,949	100	400	12x12x7	30	3	4	0,7·Н	50	30	50

Вихідні дані, що визначаються за двома останніми цифрами порядкового номеру залікової книжки здобувача вищої освіти

Передостання цифра	Остання цифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	3,0;2,2 0,04	4,0;3,0* 0,08	5,5;4,0 0,095	3,0;2,2* 0,075	15,0;075* 0,06	11,0;3,0 0,03	4,0;1,5 0,095	5,5;2,2 0,4	5,5;1,5 0,06	4,0;1,5* 1,0
8	7,5;1,1 0,095	5,5;1,1* 0,03	7,5;0,55 0,04	11,0;0,55* 0,06	15,0;5,5 0,075	4,0;1,5* 0,06	5,5;1,1* 0,4	5,5;3,0* 0,095	7,5;0,37 0,075	4,0;1,1* 0,075
7	3,0;1,5* 0,1	15,0;0,75 0,1	7,5;0;0,75* 0,03	7,5;4,0 0,06	5,5;0,55* 0,095	5,5;2,2 0,03	4,0;3,0* 0,075	4,0;4,0 0,1	4,0;5,5* 0,03	11,0;0,75* 0,03
6	7,5;1,5 0,03	18,5;0,55* 0,06	11,0;0,75 0,075	5,5;3,0* 0,04	5,5;3,0 0,075	4,0;2,2* 0,03	5,5;1,1* 0,08	4,0;0,55* 0,06	7,5;0,75 0,03	7,5;3,0 0,06
5	7,5;1,5 0,06	4,0;3,0 0,03	7,5;3,0* 0,075	7,5;0,75 0,095	5,5;1,5* 0,4	4,0;0,55 0,06	3,0;1,1 0,08	3,0;2,2 0,06	5,5;3,0* 0,1	11,0;1,1 0,08
4	3,0;1,1 0,06	5,5;4,0* 1,0	5,5;0,75* 0,08	3,0;2,2* 0,06	4,0;2,2 0,1	5,5;1,5* 0,03	5,5;4,0* 0,03	11,0;3,0* 0,03	11,0;4,0 0,06	5,5;3,0 0,25
3	4,0;2,2* 0,06	4,0;3,0 0,025	3,0;3,0* 0,06	4,0;2,2 0,25	7,5;3,0* 0,08	4,0;3,0 0,095	7,5;1,1* 0,04	5,5;2,2 0,06	7,5;1,5* 0,03	5,5;4,0 0,095
2	4,0;1,1* 0,25	4,0;1,5* 0,03	5,5;0,75 0,4	7,5;0,75* 0,06	11,0;0,55 0,03	11,0;1,1* 0,03	4,0;3,0 * 0,1	4,0;1,5* 0,06	3,0;1,1 0,095	5,5;2,2 0,06
1	4,0;2,2 0,03	4,0;1,5 0,4	3,0;1,1* 0,08	3,0;0,75* 0,08	3,0;2,2* 0,075	3,0;2,2* 0,04	5,5;4,0* 0,03	7,5;3,0 0,075	4,0;3,0* 0,1	4,0;2,2* 0,06
0	4,0;2,2 0,06	5,5;4,0* 0,075	4,0;2,2 0,075	5,5;2,2 0,03	7,5;0,55 0,6	7,5;1,5 0,08	11,0;2,2* 0,095	3,0;1,5 0,04	15,0;3,0* 1,0	7,5;4,0* 0,075

Примітка. Зірка означає, що двигуни системи вентиляції (аспірації) встановлені ззовні приміщення, відсутність зірки – двигуни системи вентиляції (аспірації) встановлені у приміщенні.

Додаток 5

Технічні дані асинхронних двигунів серії АИР (ступінь захисту оболонки IP54, 1500 об./хв.)

Тип	Потужність, кВт	ККД, %	cos φ	$K_{\Pi} = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$
АИР63В4	0,37	68	0,7	5
АИР71А4	0,55	71	0,71	5
АИР71В4	0,75	72	0,75	5
АИР80А4	1,1	76,5	0,77	5,0
АИР80В4	1,5	78,5	0,80	5,3
АИР90L4	2,2	80	0,79	6,0
АИР100S4	3,0	82	0,82	7,0
АИР100L4	4,0	85	0,84	7,0
АИР112М4	5,5	85,5	0,86	7
АИР132S4	7,5	87,5	0,86	7,5
АИР132М4	11,0	88,5	0,85	7,5
АИР160S4	15,0	89	0,87	7
АИР160М4	18,5	90	0,89	7
АИР180S4	22,0	90,5	0,87	7

Додаток 6

Технічні дані асинхронних двигунів серії В (марка вибухозахисту 1ExdПВТ4, 1500 об./хв.)

Тип	Потужність, кВт	ККД, %	cos φ	$K_{\Pi} = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$
В63В4	0,37	74,0	0,74	5,0
В71А4	0,55	75,0	0,77	5,0
В71В4	0,75	76,0	0,77	5,0
В80А4	1,1	79,0	0,82	5,0
В80В4	1,5	81,0	0,83	5,0
В90L4	2,2	81,5	0,82	5,5
В100S4	3,0	82,8	0,83	5,5
В100L4	4,0	84,3	0,83	5,5
В112М4	5,5	87,0	0,84	6,7
В132S4	7,5	88,0	0,83	7,0
В132М4	11,0	89,0	0,85	7,0
В160S4	15,0	90,0	0,85	7,0
В160М4	18,5	91,0	0,85	7,0
В180S4	22,0	91,0	0,88	7,0

**Технічні дані асинхронних двигунів серії АИМ
(марка вибухозахисту 1ExdІІВТ5/2ExdІІСТ5, 1500 об./хв.)**

Тип	Потужність, кВт	ККД, %	cos φ	$K_{\Pi} = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$
АИМ-М63В-4	0,37	71,2	0,77	4,1
АИМ-М71А-4	0,55	74,4	0,77	4,1
АИМ-М71В-4	0,75	76,2	0,78	4,4
АИМ-М80А-4	1,1	79,0	0,81	5,1
АИМ-М80В-4	1,5	80,3	0,80	5,1
АИМ-М90L-4	2,2	80,0	0,80	6,0
АИМ-М100S-4	3,0	81,5	0,80	5,8
АИМ-М100L-4	4,0	84,0	0,82	5,8
АИМ-М112М-4	5,5	85,5	0,84	7,0
АИМ-М132S-4	7,5	87,0	0,85	6,5
АИМ-М132М-4	11,0	88,5	0,86	6,5
АИМ-М160S-4	15,0	88,5	0,84	6,5
АИМ-М160М-4	18,5	89,5	0,85	7,0
АИМ-М180S-4	22,0	92,0	0,89	7,6

Технічні характеристики магнітних пускачів на напругу 380 В

Серія ПМЕ

Марка ПМЕ-XXX розшифровується наступним чином:

Перша цифра (1 або 2) – величина пускача; 1 – номінальний струм 10 А, 2 – 25 А.

Друга цифра (від 1 до 3) – ступінь захисту оболонки (1 – IP00, 2 – IP40, 3 – IP54).

Третя цифра – можливість реверсу та наявність теплового реле : 1 – нереверсивний без теплового реле; 2 – нереверсивний з тепловим реле; 3 – реверсивний без теплового реле; 4 – реверсивний з тепловим реле.

Серія ПАЕ

Марка ПАЕ-XXX розшифровується наступним чином:

Перша цифра (від 3 до 6) – величина пускача: 3 – номінальний струм 40 А, 4 – 63 А, 5 – 100 А, 6 – 160 А.

Друга цифра (від 1 до 3) – ступінь захисту оболонки (1 – IP00, 2 – IP40, 3 – IP54).

Третя цифра – можливість реверсу та наявність теплового реле : 1 – нереверсивний без теплового реле; 2 – нереверсивний з тепловим реле; 3 – реверсивний без теплового реле; 4 – реверсивний з тепловим реле.

Технічні характеристики теплових реле для магнітних пускачів серії ПМЕ, ПАЕ

Величина пускача	Тип теплового реле	Максимальний струм, А	Номинальний струм, А	Межа регулювання номінального струму уставки
1	ТРН-10	10	0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10	$(0,75 \div 1,3) \cdot I_H$
2	ТРН-25	25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	$(0,74 \div 1,3) \cdot I_H$
3	ТРН-40	40	16; 20; 25; 32; 40	$(0,75 \div 1,3) \cdot I_H$
4	ТРП-60	60	25; 30; 40; 50; 60	$(0,75 \div 1,25) \cdot I_H$
5	ТРП-150	150	50; 60; 80; 100	$(0,75 \div 1,25) \cdot I_H$
6	ТРП-150	150	100; 120; 150	$(0,75 \div 1,25) \cdot I_H$

Серія ПМ-702

Параметр	Марка магнітного пускача		
	ПМ-702-25	ПМ-702-100	ПМ-702-250
Марка вибухозахисту	2ExoIICT2		
Номинальний струм, А	25	100	250
Максимальна потужність двигуна (при напрузі 380 В), кВт	12,5	54,5	100

Вбудовано теплове реле в залежності від величини магнітного пускача, що розраховано на струми: 1,5; 2,5; 4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 30; 35; 42; 50; 72; 85; 100; 120; 135; 150; 180; 200; 220; 250 А.

Серія ПВ

Марка ПВ-XXX розшифровується наступним чином:

ПВ – пускач вибухозахищений (марка вибухозахисту 1ExdeIIBT4).

Перша цифра (від 1 до 7) – величина пускача: 1 – номінальний струм 10 А, 2 – 25 А, 3 – 40 А, 4 – 63 А, 5 – 80 А, 6 – 125 А, 7 – 160 А.

Друга цифра (0 або 1) – наявність автоматичного вимикача: 0 – відсутній вбудований автоматичний вимикач, 1 – є вбудований автоматичний вимикач.

Третя цифра – можливість реверсу та наявність теплового реле : 1 – нереверсивний без теплового реле; 2 – нереверсивний з тепловим реле; 3 – реверсивний без теплового реле; 4 – реверсивний з тепловим реле.

Залежно від величини магнітного пускача вбудоване теплове реле, розраховано на струми 1,5; 2,5; 4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 30; 35; 42; 50; 72; 85; 100; 120; 135; 150 А.

Додаток 9

Технічні дані кнопочних постів керування (номінальна напруга 380 В, номінальний струм до 2 А)

Тип кнопочного поста	Ступінь захисту оболонки або марка вибухозахисту
ПКЕ-222	IP54
ПВК-3	1ExdIIBT6 або 1ExdIICT6

Додаток 10

Відгалужувальні (з'єднувальні) коробки

Тип коробки	Ступінь захисту оболонки або марка вибухозахисту	Примітка
У409	IP65	
КСВ	1ExeIICT5	
КТО-20	1ExdIICT6	Для проводки в сталевих трубах

Додаток 11

Розподільчі пристрої

Тип розподільчого пристрою	Ступінь захисту оболонки або марка вибухозахисту	Тип вбудованих апаратів захисту	Кількість апаратів захисту
Силова шафа СП62	IP23	ПН2-100 (НПН2-80)	6
Силова шафа СПУ62	IP44	ПН2-100 (НПН2-80)	6
Силовий блок РУС8100	IP44	ПР2 або АЕ1000 (АЕ2000)	6 або 8 або 12
Розподільчий пункт ПР22	IP54	А3710 (16÷160А)	6 або 8 або 12
Щиток освітлювальний ЩО	IP21	АЕ1000	6 або 8 або 18 або 24
Щиток освітлювальний ЩОВ-Б	1ExedIIBT4	АЕ1000	6 або 12
Щиток з DIN-рейкою	IP23	Автоматичні вимикачі побутового призначення	6 або 8 або 18 або 24

**Електропроводки і способи їх прокладання залежно від класу
зони простору**

Характеристика середовища	Вид електро-проводки	Спосіб виконання проводки	Марки кабельних виробів, що рекомендуються
Вибухонебезпечне	Схована	За конструкціями та поверхнями, що є вогнестійкими або у сталевих трубах	ВВГнг, ПВ, ППВ
Пожежонебезпечне	Відкрита	Безпосередньо по будівельних конструкціях	АПРФ, АВВГ*
	Схована	У сталевих або полімерних трубах	АПВ, АПРТО*

* – для усіх пожежонебезпечних зон та вибухонебезпечних зон класу 21, 22 допускається застосування електропроводки з алюмінієвими жилами, але рекомендується використовувати електропроводку з мідними жилами

Технічні дані світильників

Тип	Максимальна потужність лампи, Вт	Ступінь захисту оболонки або марка вибухозахисту	
Світильники з світлодіодними та лампами розжарювання			
НСП01-100	100	IP54	
НПП03-100-001	100	IP65	
ВЗГ-100	100	1ExedIIBT4	
Світильники з люмінесцентними лампами			
ЛПП-04В-1х40	1х40	IP65	
ЛПП-04В-2х40	2х40	IP65	
ЛПП05УЕх- 2х40	2х40	1ExedIICT5	
ЛПП24У-2х80	2х80	IP65	
ЛСП03ВЕх- 1х80	1х80	1ExedIICT5	
Світильники з лампами ДРЛ			
РСП04В-250	250	IP54	
РСП04В-400	400	IP54	
РСП04В-1000	1000	IP54	
Вибухозахищені світильники з лампами СДЛ			
Тип	Потужність лампи, Вт	Світловий потік, лм	Ступінь захисту оболонки або марка вибухозахисту
ДСП18ВЕх	30	3600	II2GExdbebopisIICT5Gb
ДСП21ВЕх	60	7320	II2GExdbebopisIIBT6Gb

ДСП11ВEx	100	12000	И2GExdbebopisИCT5Gb
----------	-----	-------	---------------------

Технічні дані однополюсних та триполюсних автоматичних вимикачів

Однополюсні (АЕ1000) та триполюсні (АЕ2000, АК50, АЗ710, АП50) автоматичні вимикачі промислового призначення (ІЕС 60947-2)

Серія	Марка	Тип розчіплювача	Номинальний струм автоматичного вимикача, А	Номинальні струми розчіплювача, А	Струм спрацювання теплового розчіплювача, $I_{сп.тепл}$, А	Струм спрацювання електромагнітного розчіплювача, $I_{сп.ел.м}$, А
АЕ1000	АЕ1031-11	Комбінований	25	6; 10; 16; 25	$1,5 \cdot I_{н.р03}$	$(12-18) \cdot I_{н.р03}$
	АЕ1031-12	Тепловий	25	6; 10; 16; 25	$1,5 \cdot I_{н.р03}$	-
	АЕ1031-13	Електромагнітний	25	6; 10; 16; 25	-	$(12-18) \cdot I_{н.р03}$
АЕ2000	АЕ2033	Електромагнітний	25	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	-	$3 \cdot I_{н.р03}$ або $12 \cdot I_{н.р03}$
	АЕ2036	Комбінований	25	6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	$1,25 \cdot I_{н.р03}$	$3 \cdot I_{н.р03}$ або $12 \cdot I_{н.р03}$
	АЕ2053	Електромагнітний	100	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	-	$3 \cdot I_{н.р03}$ або $12 \cdot I_{н.р03}$
	АЕ2056	Комбінований	100	63; 80; 100	$1,25 \cdot I_{н.р03}$	$12 \cdot I_{н.р03}$
АК50	АК50-2МГ	Комбінований	50	0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50	$1,25 \cdot I_{н.р03}$	$(5,7,10) \cdot I_{н.р03}$
АЗ710	АЗ710Б	Комбінований	150	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 150	$3 \cdot I_{н.р03}$	$10 \cdot I_{н.р03}$
АП50	АП50Б	Комбінований	63	1,6; 2,5; 5,4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	$3,5 \cdot I_{н.р03}$	$8 \cdot I_{н.р03}$

Однополюсні та триполюсні автоматичні вимикачі побутового призначення (IEC 60898)

Виробники: ABB, Legrand, Moeller, Schneider Electric, Siemens тощо.

Монтуються у розподільні пристрої (шафи) з 35 мм DIN-рейками.

Випускаються одно-, двох-, трьох- та чотириполюсними.

Переважні значення номінального струму комбінованих розчіплювачів:
6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 и 125 А.

Стандартні діапазони миттєвого розчіплення

Тип розчіплювача струму	B	C	D
Діапазон	$(3 \div 5) \cdot I_{\text{ном.роз}}$	$(5 \div 10) \cdot I_{\text{ном.роз}}$	$(10 \div 50) \cdot I_{\text{ном.роз}}$

Додаток 15

Технічні дані плавких запобіжників напругою до 1000 В

Типи плавких запобіжників	Номінальний струм, А	Номінальний струм плавкої вставки, А
ПР-2	15	6; 10; 15;
	60	15; 20; 25; 30; 40; 50; 60
	100	60; 80; 100
	200	100; 125; 160; 200
	350	200; 225; 250; 300; 350
	600	350; 450; 500; 600
ПН-2	100	30; 40; 50; 60; 80; 100
	250	100; 120; 150; 200; 250
	400	200; 250; 300; 350; 400
	630	300; 400; 630
НПН-15	15	6; 10; 15
НПН-60М	60	20; 25; 35; 45; 60
НПН2-60	63	6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 63

Коефіцієнт запасу K_z

	Коефіцієнт запасу K_z				
	при звичайному освітленні і розташуванні вікон			при штучному освітленні	
	вертикально	ухильно	горизонтально	газорозрядні лампи	лампи розжарювання
Виробничі приміщення з повітряним середовищем, яке має у робочій зоні:					
більш ніж 5 мг/м ³ пилу	1,5	1,7	2	2	1,7
від 1 до 5 мг/м ³ пилу	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
менше 1 мг/м ³ пилу	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
значні концентрації парів, кислот, луг, газів	1,5	1,7	2	1,8	1,5
Виробничі приміщення з особливим режимом за чистотою повітря при обслуговуванні світильників:					
з технічного поверху	-	-	-	1,5	1,15
знизу приміщення	-	-	-	1,4	1,2

Світлові параметри електричних ламп при напрузі 220 В

Лампи розжарювання	Світловий потік, лм	Лампи ДРЛ	Світловий потік, лм	Люмінесцентні лампи	Світловий потік, лм	Світлодіодні лампи	Світловий потік, лм
БК 220-75	940	GGY 250 W	11000	ЛБ 40	3000	30 Вт	2700
		GGY 400W	19500				
БК 220-95	1145	GGY 1000W	45000	ЛБ 80	5220	60 Вт	6000
						100 Вт	10000

Для приміщень, в яких необхідно встановити світильники із СДЛ у вибухозахищеному виконанні, значення світлового потоку необхідно прийняти за додатком 13. Марки люмінесцентних та світлодіодних ламп необхідно обрати самостійно з відкритих джерел інформації, наприклад (VIS-100 – світлодіодна лампа потужністю 100 Вт)

Коефіцієнт використання світлового потоку η

Тип лампи	Лампи розжарювання (світильники НСП, НПП)			Лампи ДРЛ			Лампи розжарювання (світильник Н4БН-150)		Лампи розжарювання (світильник ВЗГ-100)			Люмінесцентні лампи 40 Вт			Люмінесцентні лампи 80 Вт		
$\rho_{\text{п}}, \%$	30	50	70	30	50	70	30	50	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_{\text{п}}, \%$	10	30	50	10	30	50	10	30	10	30	50	10	30	50	10	30	50
i	Коефіцієнт використання, $\eta \cdot 100$																
0,5	19	21	25	21	24	28	25	22	12	14	17	23	26	31	14	16	19
0,6	24	27	31	27	30	34	28	25	16	18	21	30	33	37	18	20	22
0,7	29	31	34	32	35	38	31	28	19	21	24	35	38	42	21	23	25
0,8	32	34	37	35	38	41	33	31	21	24	26	39	41	45	23	25	27
0,9	34	36	39	38	40	44	36	33	23	25	28	42	44	48	25	27	29
1,0	36	38	40	40	42	45	38	35	25	27	29	44	46	49	26	28	30
1,1	37	39	41	42	44	46	40	37	26	27	30	46	48	53	27	29	31
1,25	39	41	43	44	46	48	42	39	27	29	31	48	50	54	29	30	32
1,5	41	43	46	46	48	51	45	43	29	30	33	50	52	56	30	31	34
1,75	43	44	48	48	50	53	47	45	30	32	34	52	55	58	31	33	35
2,0	44	46	49	50	52	55	46	47	32	33	35	55	57	60	33	34	36
2,25	46	48	51	52	54	56	51	48	33	35	37	57	59	62	34	35	37
3,0	49	51	53	55	57	60	53	51	35	37	39	60	62	66	36	37	40
3,5	50	52	54	56	58	61	55	53	36	38	40	61	64	67	37	38	40
4,0	51	52	55	57	59	62	56	54	37	39	41	63	65	68	38	39	41
5,0	52	54	57	58	60	63	57	54	38	40	42	64	66	70	38	40	42

Питомі опори та коефіцієнти сезонності ґрунтів ψ

Ґрунт	Середнє значення питомого опору, Ом м	Значення ψ при середній вологості ґрунту
Пісок	700	1,56
Супісок	400	1,52
Суглинок	150	1,5
Глина	70	1,36
Чорнозем	40	1,32

Коефіцієнт використання вертикальних електродів

Відношення відстані між електродами и до їх довжини	При розміщенні в ряд		При розміщенні за контуром	
	Кількість вертикальн их електродів	η_v	Кількість вертикальн их електродів	η_v
1	2	0,84-0,87	4	0,66-0,72
	3	0,76-0,8	6	0,58-0,65
	5	0,67-0,72	10	0,52-0,58
	10	0,56-0,62	20	0,44-0,5
	15	0,51-0,56	40	0,38-0,44
	20	0,47-0,5	60	0,36-0,42
2	2	0,9-0,92	4	0,76-0,8
	3	0,85-0,88	6	0,71-0,75
	5	0,79-0,83	10	0,66-0,71
	10	0,72-0,77	20	0,61-0,66
	15	0,66-0,75	40	0,55-0,61
	20	0,65-0,7	60	0,52-0,58
3	2	0,93-0,95	4	0,84-0,86
	3	0,90-0,92	6	0,78-0,82
	5	0,85-0,88	10	0,74-0,75
	10	0,79-0,83	20	0,68-0,73
	15	0,76-0,80	40	0,64-0,69
	20	0,74-0,79	60	0,62-0,67

Додаток 21

Коефіцієнт використання горизонтального електроду

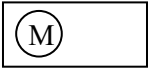
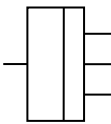
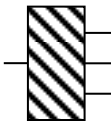
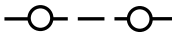
Відношення відстані між електродами до їх довжини	Кількість вертикальних електродів						
	4	8	10	20	30	50	60
При розташуванні вертикальних електродів у ряд							
1	0,77	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20
2	0,89	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,27
3	0,92	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,36
При розташуванні вертикальних електродів по контуру							
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20
2	0,55	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,27
3	0,7	0,6	0,56	0,45	0,41	0,37	0,36

Додаток 22

Умовні позначення деяких електротехнічних виробів на схемах

Електротехнічний виріб	Умовне позначення
Трансформатор	
Трифазний електродвигун з короткозамкненим ротором	
Лампа розжарювання	
Люмінесцентна лампа	
Лампа ДРЛ	
Світлодіодна лампа	
Контакт, що замикає, автоматичного вимикача	
Плавкий запобіжник	
Контакт, що замикає, магнітного пускача з тепловим реле	
Шина електричного щита	
Лінія, що складається з трьох провідників	
Місце КЗ	

**Умовні позначення деяких електротехнічних виробів на планах
(ДСТУ Б А.2.4-19)**

Електротехнічний виріб	Умовне позначення
Електротехнічний пристрій з електродвигуном	
Силовий щит одностороннього обслуговування	
Груповий освітлювальний щит	
Пускач магнітний	
Кнопковий пост керування на дві кнопки	
Загальне позначення світильника з ЛР	
Загальне позначення світильника з ЛЛ	
Загальне позначення світильника з лампами ДРЛ	
Загальне позначення світильника з СДЛ	
Лінія заземлення	
Заземлювачі	

Категорії та групи газо- пароповітряних сумішей за ГОСТ 12.1.011

Категорія суміші	Група суміші	Речовини, що утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші
I	T1	Метан (рудничний)*
IIA	T1	Аміак, аліл хлоридний, ацетон, ацетонітрил, бензол, бензотрифторид, вініл хлористий, вініліден хлористий, 1,2-дихлорпропан, дихлоретан, диетиламін, діізопропіловий ефір, доменний газ, ізобутилен, ізобутан, ізопропілбензол, кислота оцтова, ксилол, метан (промисловий)**, метилацетат, а-метилстирол, метил хлористий, метилізоціанат, метилхлорформіат, метилциклопропіл-кетон, метилетилкетон, оксид вуглецю, пропан, піридин, розчинники Р-4, Р-5 та РС-1, розріджувач РЭ-1, сольвент нафтовий, стирол, спирт диацетоновий, толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторетан, трифторхлоретилен, триетиламін, хлорбензол, циклопентадієн, етан, етил хлористий
	T2	Алкілбензол, амілацетат, ангідрид оцтовий, ацетилацетон, ацетил хлористий, ацетопропілхлорид, бензин Б95/130, бутан, бутилацетат, бутилпропіонат, вінілацетат, вініліден фтористий, диатол, діізопропіламін, диметиламін, диметилформамід, ізопентан, ізопрен, ізопропіламін, ізооктан, кислота пропіонова, метиламін, метилізобутилкетон, метилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсилан, 2-метилтіофен, метилфуран, моноізобутиламін, метилхлорметилдихлорсилан, окис мезитилу, пентадієн-1,3, пропіламін, пропілен. Розчинники: № 646, 647, 648, 649, РС-2, БЭФ та АЭ. Розріджувачі: РДВ, РКБ-1, РКБ-2. Спирти: бутиловий нормальний, бутиловий третинний, ізоаміловий, ізобутиловий, ізопропіловий, метиловий, етиловий. Трифторпропілметилдихлорсилан, трифторетилен, трихлоретилен, ізобутил хлористий, етиламін, етилацетат, етилбутират, етилендіамін, етиленхлоргідрин, етилізобутират, етилбензол, циклогексанол, циклогексанон
IIA	T3	Бензини: А-66, А-72, А-76, «калоша», Б-70, екстракційний за ТУ 38.101.303-72, екстракційний за МРТУ12Н-20-63. Бутилметакрилат, гексан, гептан, діізобутиламін, дипропіламін, альдегід ізовалеріановий, ізооктилен, камфен, гас, морфолін, нафта, ефір петролейний, поліефір ТГМ-3, пентан, розчинник № 651, скипидар, спирт аміловий, триметиламін, паливо Т-1 и ТС-1, вайт-спірит, циклогексан, циклогексиламін, етилдихлортіофосфат, етилмеркаптан
IIA	T4	Ацетальдегід, альдегід ізомасляний, альдегід масляний, альдегід пропіоновий, декан, тетраметилдіамінометан, 1,1,3-триетоксибутан
	T5	-
	T6	-
IIВ	T1	Коксовий газ, синильна кислота

	T2	Дивініл, 4,4-диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, диетилдихлорсилан, камфорна олія, кислота акрилова, метилакрилат, метилвінілдихлорсилан, нітрил акрилової кислоти, нітроциклогексан, окис пропілену, окис-2-метилбутену-2, окис етилену, розчинники АМР-3 та АКР, триметилхлорсилан, формальдегід, фуран, фурфурол, епіхлоргідрин, етилтрихлорсилан, етилен
ПВ	T3	Акролеїн, вінілтрихлорсилан, сірководень, тетрагідрофуран, тетраетоксилан, триетоксисилан, паливо дизельне, формальгліколь, етилдихлорсилан, етилцелозольв
	T4	Дибутіловий ефір, діетиловий ефір, діетиловий ефір етиленгліколю
	T5	-
	T6	-
ПС	T1	Водень, водяний (генераторний) газ, світільний газ, водень 75% + азот 25%
	T2	Ацетилен, метилдихлорсилан
	T3	Трихлорсилан
	T4	-
	T5	Сірковуглець
	T6	-

*Під рудничним метаном слід розуміти рудниковий газ, в якому крім метану вміст газоподібних вуглеводнів – гомологів метану - не більше 0,1 об'ємної частки, а водню в пробах газів з шпурів відразу після буріння – не більше 0,002 об'ємної частки загального об'єму горючих газів.

** В промисловому метані вміст водню може становити до 0,15 об'ємної частки.

Навчальне видання

ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК
Методичні вказівки до виконання курсового проекту

Підписано до друку 17.04.18. Формат 60х84 1/16.
Папір 80г/м² Друк ризограф. Умовн.-друк. арк.4,5.
Тираж 100 прим. Вид. № 21/18.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.
www.nuczu.edu.ua