

**Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій
Національного університету цивільного захисту України**

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Методичні вказівки
до виконання курсового проекту
для здобувачів вищої освіти
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр»
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 261 "Пожежна безпека"**

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Методичні вказівки
до виконання курсового проекту
для здобувачів вищої освіти
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр»
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 263 "Цивільна безпека"**

Харків 2018

УДК 621.3; 614.841.3
ББК 31.2

Друкується за рішенням кафедри
пожежної і техногенної безпеки
об'єктів та технологій НУЦЗУ
Протокол від 13.11.18 № 4.

Укладачі: О.В. Кулаков, С.В. Гарбуз, О.М. Григоренко, А.М. Катунін

Рецензенти:

В.Д. Юхимчук, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри електричних машин НТУ «ХП»;

О.А. Дерев'янку, кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій НУЦЗУ.

Пожежна безпека електроустановок. Електротехніка та безпека електроустановок: Методичні вказівки до виконання курсового проекту / Укладач: О.В. Кулаков. – Х.: НУЦЗУ, 2018. – 66 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" та спеціальності 263 "Цивільна безпека"

Відповідальний за випуск О.В. Кулаков

© Кулаков О.В. 2017
© НУЦЗУ, 2018

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 заземлювача	19
2.5 Проект блискавкозахисту	21
3 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	28
3.1 Визначення класу зони простору	29
3.2 Проект силової мережі	29
3.3 Проект освітлювальної мережі	33
3.4 Проект заземлювача	39
3.5 Проект блискавкозахисту	41
ЛІТЕРАТУРА.....	46
Додаток 1. Зразок оформлення титульного аркуша	47
Додаток 2. Зразок завдання на виконання курсового проекту	48
Додаток 3. Вихідні дані, що визначаються за першою літерою прізвища здобувача вищої освіти	49
Додаток 4. Вихідні дані, що визначаються за двома останніми цифрами порядкового номеру залікової книжки здобувача вищої освіти.....	52
Додаток 5. Технічні дані асинхронних двигунів серії АИР	53
Додаток 6. Технічні дані асинхронних двигунів серії В	53
Додаток 7. Технічні дані асинхронних двигунів серії АИМ.....	54
Додаток 8. Технічні характеристики магнітних пускачів на напругу 380 В	54
Додаток 9. Технічні дані кнопкових постів управління (напруга до 500 В, струм до 2 А).....	55
Додаток 10. Відгалужувальні (з'єднувальні) коробки	55
Додаток 11. Розподільчі пристрої	55
Додаток 12. Електропроводки і способи їх прокладання в залежності від класу зони простору.....	56
Додаток 13. Технічні дані світильників.....	56
Додаток 14. Технічні дані однополюсних та триполюсних автоматичних вимикачів	57
Додаток 15. Технічні дані плавких запобіжників напругою до 1000 В..	58
Додаток 16. Нормативна освітленість	59
Додаток 17. Коефіцієнт запасу K_z	62
Додаток 18. Світлові параметри електричних ламп при напрузі 220 В .	62
Додаток 19. Коефіцієнт використання світлового потоку η	63

Додаток 20. Питомі опори та коефіцієнти сезонності ґрунтів	64
Додаток 21. Коефіцієнт використання вертикальних електродів.....	64
Додаток 22. Коефіцієнт використання горизонтального електроду	65
Додаток 23. Умовні позначення деяких електротехнічних виробів на схемах	65
Додаток 24. Умовні позначення деяких електротехнічних виробів на планах	66
Додаток 25. Категорії та групи газо- пароповітряних сумішей за ГОСТ 12.1.011	67

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Мета курсового проекту. Правильно обране електричне обладнання повинно:

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

- по-друге, забезпечити надійність електропостачання споживачів електричної енергії;

- по-третє, забезпечити електробезпеку персоналу.

Метою курсового проекту (КП) є вибір силового та освітлювального електричного обладнання для заданого виробничого приміщення, розрахунок штучного заземлювача та розрахунок блискавкозахисту будинку. Усі розрахунки повинні мати посилання на нормативну й довідкову літературу.

Для виконання КП необхідно використовувати дані методичні вказівки, Правила [1, 2], довідник [3], національні стандарти [4-7]. Теоретичний матеріал викладений у підручнику [8]. 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 20÷25 аркушів формату А4 (210x297 мм) зі стандартними рамками. На усіх сторінках РПЗ проставляється шифр КП з вказівкою назви вищого навчального закладу, номеру факультету, номеру залікової книжки, назви предмету, номеру тому.

Приклад шифру в штампі РПЗ для здобувачів вищої освіти факультету №4, які вивчають навчальну дисципліну «Пожежна безпека електроустановок»: **НУЦЗУ.4.17.04.001.ПБЕ.РПЗ-01.**

Приклад шифру в штампі РПЗ для здобувачів вищої освіти факультету №1, які вивчають навчальну дисципліну «Електротехніка та безпека електроустановок»: **НУЦЗУ.1.17.01.001.ЕтаБЕ.РПЗ-01.**

Всі позначки 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 од-

нофазного короткого замикання (КЗ), зони захисту від вторинних дій блискавки.

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.

3-й аркуш: Блискавкозахист.

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

Приклад шифру в штампі першого аркушу ГЧ для здобувачів вищої освіти факультету №4, які вивчають навчальну дисципліну «Пожежна безпека електроустановок»: **НУЦЗУ.4.17.04.001.ПБЕ.ГЧ-1.**

Приклад шифру в штампі першого аркушу ГЧ для здобувачів вищої освіти факультету №1, які вивчають навчальну дисципліну «Електротехніка та безпека електроустановок»: **НУЦЗУ.1.17.01.001.ЕтаБЕ.ГЧ-1.**

Виправлення (підчистки, коректування тощо) у штампах РПЗ та ГЧ не допускаються.

РПЗ та ГЧ зшиваються в єдину папку.

РПЗ та ГЧ КП зберігаються на кафедрі після захисту КП протягом встановленого терміну.

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

На виконання КП видається бланк завдання, який самостійно заповнюється здобувачем вищої освіти та перевіряється (підписується) науково-педагогічним працівником-керівником курсового проекту. 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 лампи світильника вказана в числівнику. Якщо величина потужності лампи світильника складає 0,04 або 0,08 кВт, то це люмінесцентні лампи (ЛЛ). Якщо потужність лампи 0,06; 0,075; 0,095 кВт, 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 0,012; 0,015; 0,02; 0,03 кВт, то це світлодіодні лампи (СДЛ).

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

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

КП, що не відповідає завданню, до захисту не допускається.

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

Визначення класу зони простору. На основі аналізу фізико-хімічних властивостей речовин і матеріалів, що використовуються в заданому технологічному процесі [3], 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 $\Delta P > 5 \text{ кПа}$ [9]. Якщо в приміщенні може знаходитися горючий пил або волокна для яких НКМПП не перевищує 65 г/м^3 , то слід вважати, що при вибуху цього пилу або волокон розвивається надлишковий тиск вибуху $\Delta P > 5 \text{ кПа}$ [9]. 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 управління, відгалужувальних (з'єднувальних) коробок, шаф управління;

2) типи усіх видів силового електричного обладнання: електродвигунів, магнітних пускачів, кнопок управління, відгалужувальних (з'єднувальних) коробок, шаф управління (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 спосіб їх прокладання (додаток 12);

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 мережі і спосіб 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]).

б) 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.

Проект блискавкозахисту повинен містити проект зовнішньої та внутрішньої блискавкозахисних систем [4-7], а саме:

1) характеристика захищеної будівлі;

2) оцінювання ризиків та визначення необхідного рівня блискавкозахисту;

3) вибір типу зовнішньої блискавкозахисної системи;

4) визначення розмірів компонентів зовнішньої блискавкозахисної системи;

5) проектування внутрішньої блискавкозахисної системи.

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;

3-е креслення: проекції об'єму, що захищається перехоплювачем блискавки, з перерізом горизонтальною площиною на висоті найбільш віддалених від перехоплювача блискавки точок на поверхні об'єкту.

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 приміщеннями, 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].

Фізико-хімічні властивості речовин, що обертаються у заданому технологічному процесі, рекомендовано визначати за допомогою довідника [3].

2.2 Проект силової мережі

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

Далі обираються марки вибухозахисту або ступені захисту оболонки та типи щитів, електродвигунів (виходячи з потужності), магнітних пускачів, кнопок управління, 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:

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

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

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

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

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

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

Далі вибирається вид апарату захисту і-го електродвигуна від короткого замикання (КЗ): автоматичний вимикач або плавкий запобіжник (таблиця додатків 14, 15). Вид апарату захисту повинний 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 короткочасного перевантаження в мережі, що виникає при пуску і-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 і-го електродвигуна (визначається з вихідних 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 зон класів 0, 1, 2, 20, 21, 22 [1,2]. Для інших випадків він дорівнює одиниці.

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 визначається кількість ламп заданої потужності, мінімально необхідна 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 (визначається з таблиці Додатку 16, виходячи з призначення приміщення);

S – площа поверхні освітлення, м^2 ;

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 17, виходячи зі ступеню запиленості приміщення);

Φ – світловий потік джерела світла (лампи), [лм] (визначається за таблицею додатку 18, виходячи з типу та потужності лампи);

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Значення коефіцієнту використання η визначаємо по таблиці Додатку 19 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 щиту (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 спосіб прокладки проводів та кабелів. При виборі світильників, якщо джерелом світла є СДЛ, то 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 допустимій 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 (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 :

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

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;

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

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

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

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 $I_{\text{ном.ел.м.гр}}^{\text{к}}$ за умовою (п.3.1.4 [1]):

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

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

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

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

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

Далі вибираємо площу перерізу жил проводів або кабелів за умовою:

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

де $I_{\text{прип.гр}}^{\text{к}}$ – 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 $I_{\text{прип.гр}}^{\text{к}}$ для обраного кабелю або проводу перевіряється за умов (п.3.1.11 [1]):

для вибухонебезпечних зон:

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

для невибухонебезпечних зон:

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

та за необхідності збільшується до найближчого стандартного значення.

Далі розраховується розподільна освітлювальна мережа.

Розподільна освітлювальна мережа захищається тільки від КЗ (п.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:

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

де K – кількість групових ліній освітлювальної мережі

Якщо живлення освітлювального щита здійснюється трифазним струмом, то струм $I_p^{\text{ЩО}}$ 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]):

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

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]):

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

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, $K_{\text{с}}$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

Максимальний струм в мережі живлення визначається за формулою:

$$I_{\text{мах}}^{\text{ГРЩ}} = K_{\text{с}} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} I_{\text{р}}^i + I_{\text{пуск}}^{\text{найб}} + I_{\text{р(3Ф)}}^{\text{ЩО}}, \text{ А}. \quad (2.27)$$

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]):

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

Плавкий запобіжник, що захищає мережу живлення від КЗ, вибира-

ється з такою плавкою вставкою, для якої виконується умова:

$$\begin{cases} I_{\text{НОМ.ВСТ}}^{\text{ГРЩ}} \geq I_{\text{р}}^{\text{ГРЩ}} \\ I_{\text{НОМ.ВСТ}}^{\text{ГРЩ}} \geq \frac{I_{\text{маж}}^{\text{ГРЩ}}}{1,6} \end{cases} \quad (2.29)$$

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]):

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

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 перевірочний 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]):

$$- \frac{I_{\text{КЗ}}^{\text{L-N}}}{I_{\text{НОМ.ел.м.гр}}} \geq 1,25 \text{ (1,4)} \quad \text{– для автоматів з електромагнітним розчіплювачем, де 1,25 – для автоматів на номінальні струми вище 100 А, 1,4 - для автоматів на номінальні струми до 100 А;}$$

$$- \frac{I_{\text{КЗ}}^{\text{L-N}}}{I_{\text{НОМ.вст.гр.}}} \geq 3 \text{ (4)} \quad \text{– для плавких запобіжників (цифра в дужках відноситься до електромереж у вибухонебезпечних зонах);}$$

$$- \frac{I_{\text{КЗ}}^{\text{L-N}}}{I_{\text{НОМ.тепл.гр}}} \geq 3 \text{ (6)} \quad \text{– для автоматів з тепловим розчіплювачем або магнітних пускачів з тепловим реле (цифра в дужках відноситься до електромереж у вибухонебезпечних зонах).}$$

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

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

де U_{ϕ} – фазна напруга в мережі, В;

Z_{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_{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;

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

Ом;

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

$\rho=32$ Ом·мм²/км – питомий опір матеріалу провідника (алюміній);

$\rho=19$ Ом·мм²/км – питомий опір матеріалу провідника (мідь);

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

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

R_k – перехідний опір контактних з'єднань, Ом:

$R_k = 0,015$ Ом – для РЩ на підстанції,

$R_k = 0,020$ Ом – для розподільних щитків, підключених від підстанції,

$R_k = 0,025$ Ом – для вторинних розподільних щитків і на затискачах апаратів, підключених від первинних цехових щитків,

$R_k = 0,03$ Ом – для апаратури, установленної безпосередньо перед електричними приймачами (вимикачі, контактори, пускачі), підключеною від вторинних розподільних щитів;

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 $R_H = 4$ 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 20).

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):

$$R_1 = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot \ell} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + \ell}{5 \cdot H - \ell} \right); \quad (2.37)$$

(при $H_0 \geq 0,5$ м і $\ell > d$).

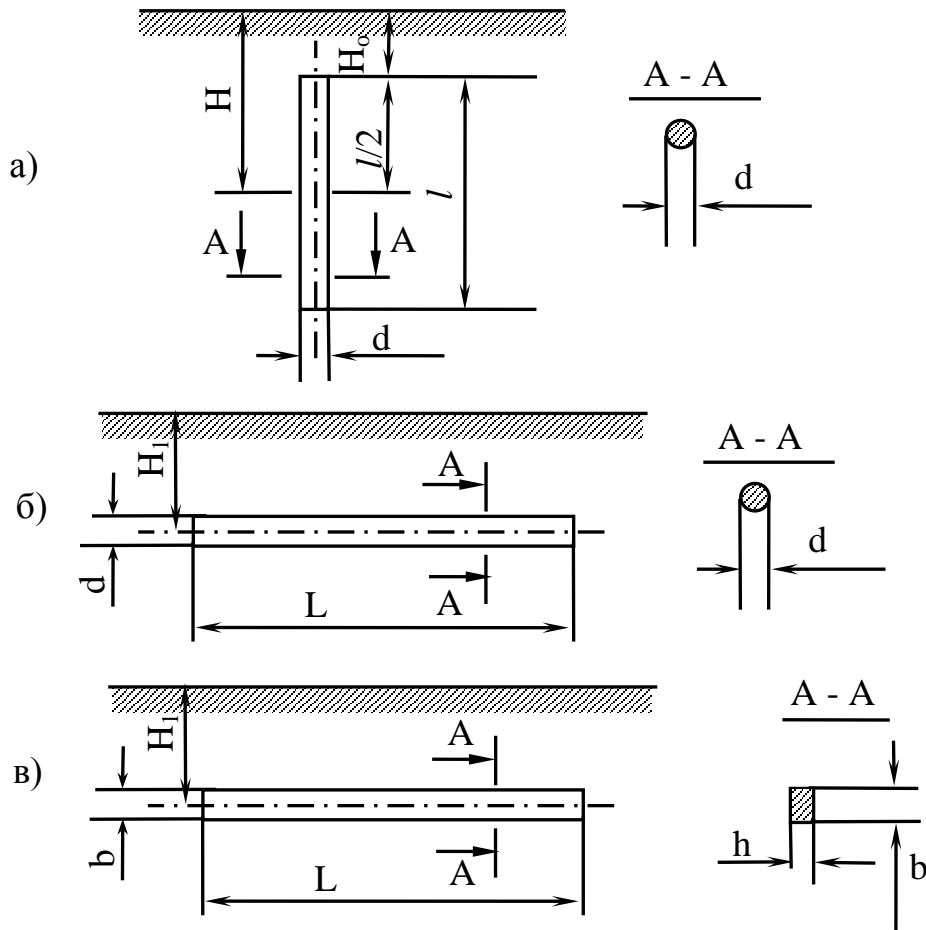


Рис. 2.1 – Елементи штучного заземлювача: а) – круглий вертикальний електрод, б) – круглий горизонтальний електрод, в) – горизонтальний електрод з прямокутної штаби

Задаючись довільно кількістю вертикальних електродів і розмістивши їх на власний розсуд на плані (у ряд або контур), визначивши відношення відстані між електродами a до їх довжини l (звичайно $\frac{a}{l}$ дорівнює 1, 2 або 3), визначаємо коефіцієнт використання вертикальних електродів η_v (таблиця Додатку 21).

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

- якщо електрод – сталеві штаби 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 – сталевий прут:

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

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 22):

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

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 остаточну кількість:

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

Приймаємо найближче більше ціле значення n .

Розрахунок вважається правильним, якщо обрана кількість вертикальних електродів перевищує їх розраховану кількість не більше, ніж на одиницю.

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

2.5 Проект блискавкозахисту

Будинки і споруди (або їх частини), в залежності від призначення, інтенсивності грозової діяльності в районі їх знаходження, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки та її вторинних дій [4].

Проект блискавкозахисту повинен містити проект зовнішньої та внутрішньої системи блискавкозахисту (СБЗ або LPS – lightning protection system).

Призначенням зовнішньої LPS є:

- перехопити спалах блискавки у будівлю (споруду) (з допомогою системи перехоплення);

- відвести безпечним чином струм блискавки до землі (з допомогою системи доземних провідників);

- розсіяти його у землі (з допомогою системи земляного закінчення).

Функція внутрішньої LPS полягає у запобіганні небезпечному іскрінню всередині будівлі (споруди), з використанням еквіпотенційного сполучення або роздільної відстані, (й, отже, електричне ізолювання) між елементами

тами LPS та іншими струмопровідними елементами всередині будівлі (споруди).

Тип перехоплювача блискавки (блискавкоприймача) визначається вихідними даними до КП.

Проект LPS складається з наступних етапів (рис. Е.1 ДСТУ EN 62305-3):

- 1) характеристика захищеної будівлі (споруди);
- 2) оцінювання ризиків та визначення необхідного рівня блискавкозахисту (РБЗ або LPL – lightning protection level);
- 3) вибір типу зовнішньої LPS;
- 4) визначення розмірів компонентів зовнішньої LPS (місце встановлення та висота перехоплювача блискавки, система доземних провідників, система земляного закінчення);
- 5) проектування внутрішньої LPS (визначення меж зон захисту від вторинних дій блискавки, порядок екранування на межах зон захисту від вторинних дій блискавки);

б) виконання необхідних креслень.

Усі об'єкти КП є або з ризиком вибуху або пожежонебезпечними.

Для визначення класу LPS слід проводити оцінку ризику відповідно ДСТУ EN 62305-2. Досвід проведення вказаної оцінки показує, що для об'єктів з ризиком вибуху необхідна, як правило, LPS II-го класу, а для пожежонебезпечних об'єктів – LPS або II-го або III-го класу. Тому для усіх об'єктів КП доцільно застосовувати LPS не нижче II-го класу.

Відповідно до таблиці 1 ДСТУ EN 62305-3 LPS II класу відповідає II-й LPL.

В КП захист об'єкта здійснюється або вертикальним стрижньовим або дротовим (тросовим) перехоплювачами блискавки.

Проект зовнішньої LPS. Відповідно п. 5.1.2 ДСТУ EN 62305-3 у більшості випадків зовнішня LPS може бути приєднана до захищеної будівлі. Ізольовану зовнішню LPS належить розглядати, якщо термічні та вибухові ефекти у точці ураження або на провідниках, що несуть струм блискавки, можуть становити небезпеку для будівлі (споруди) або для її вмісту. Типовими прикладами є будівлі (споруди) з займистою покрівлею, будівлі (споруди) з займистими стінами та зонами з ризиком вибуху і пожежі.

Відповідно п. 5.2.2 та додатку D ДСТУ EN 62305-3 компоненти перехоплювачів, встановлені на будівлі (споруді), має бути розміщено на кутах, виступних точках та рубях (особливо на найвищих рівнях всяких фасадів) у відповідності з одним або кількома з таких методів.

- метод захисного кута (protection angle design method),
- метод сфери, що котиться (rolling sphere design method).

Метод сфери, що котиться вважається найбільш точним методом.

Метод сфери, що котиться може буди застосований при проектуванні

системи блискавкозахисту для будівель та споруд будь-якої складної форми. Застосовуючи цей метод, розміщення системи перехоплення вважається відповідним, якщо жодна точка будівлі (споруди), що захищається, не торкається сфери радіусом r , залежно від класу LPS, що котиться навколо та верхівкою будівлі (споруди) в усіх можливих напрямках. Таким чином, сфера торкається лише системи перехоплювачів.

Вигляд об'єму, що захищається, приводиться у Додатку А до ДСТУ EN 62305-3.

На рис. 2.2 приведений переріз у вертикальній площині об'єму, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем, що розраховано методом сфери, що котиться.

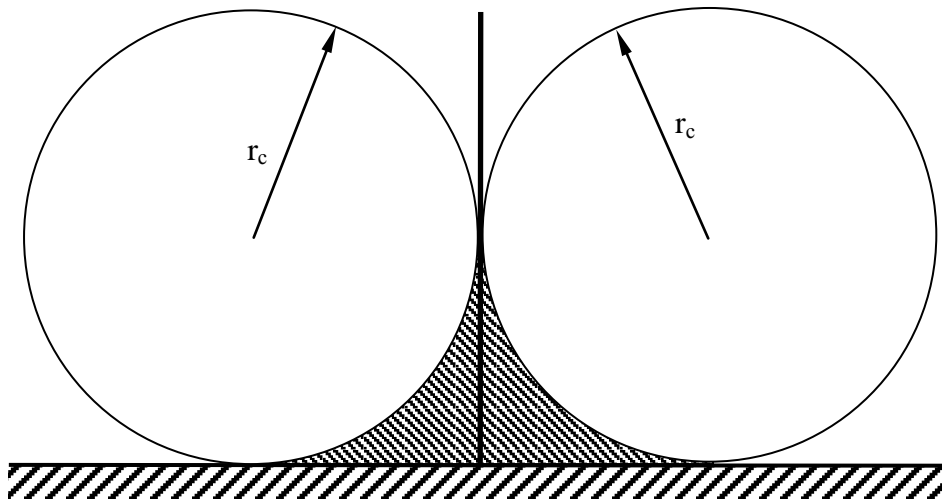


Рис. 2.2 – Переріз у вертикальній площині об'єму, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем (розраховано методом сфери, що котиться)

Радіус сфери, що котиться визначається класом LPS. Відповідно таблиці 2 ДСТУ EN 62305-3 для LPS II класу радіус сфери, що котиться, дорівнює $r_c = 30$ м.

Метод захисного кута підходить до об'єктів простої форми.

Розміщення системи перехоплення вважається відповідним, якщо будівля (споруда), що захищається, повністю знаходиться у межах захищеного об'єму, який забезпечується системою перехоплення.

Об'єм, що захищається вертикальними стрижнями, приймається таким, що має форму прямого кругового конуса, вершина якого розташована на осі блискавкоприймача, з половинним кутом при вершині α , залежно від класу LPS, та на висоті системи перехоплення. Приклади захищеного об'єму наведені на рис. 2.3 та 2.4.

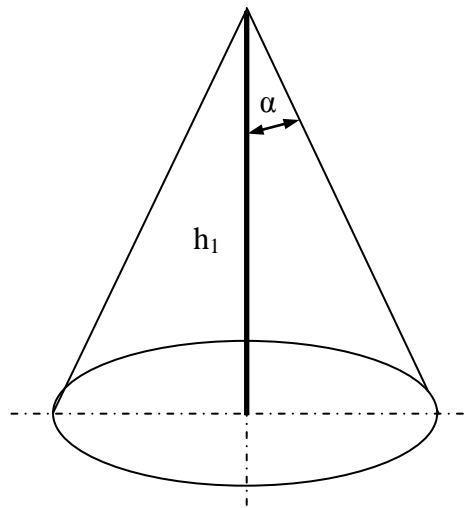


Рис. 2.3 – Об'єм, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем (розрахований методом захисного кута)

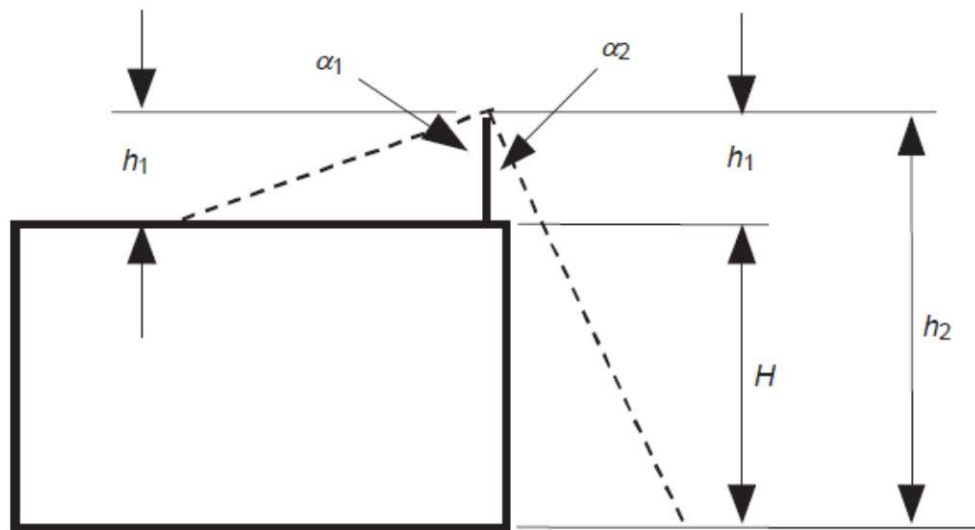


Рис. 2.4 – Об'єм, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем (розрахований методом захисного кута)

Об'єм, що захищається дротом, визначається компонуванням об'єму, який захищається віртуальними вертикальними стрижнями з вершинами на дроті. На рис. 2.5 приведено об'єм, що захищається дротовою системою перехоплення, що розрахована методом захисного кута.

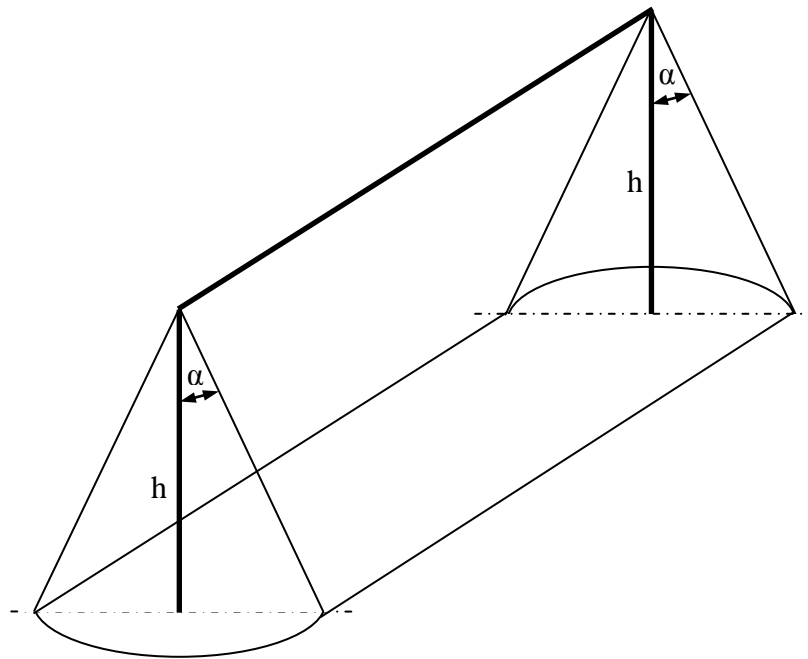


Рис. 2.5 – Об’єм, що захищається дротовою системою перехоплення (розрахований методом захисного кута)

Відповідно рисунку 1 ДСТУ EN 62305-3 захисний кут α залежить від висоти перехоплювача блискавки h . На рис. 2.6 приведено залежність величини захисного кута α від висоти перехоплювача блискавки h для LPS II класу.

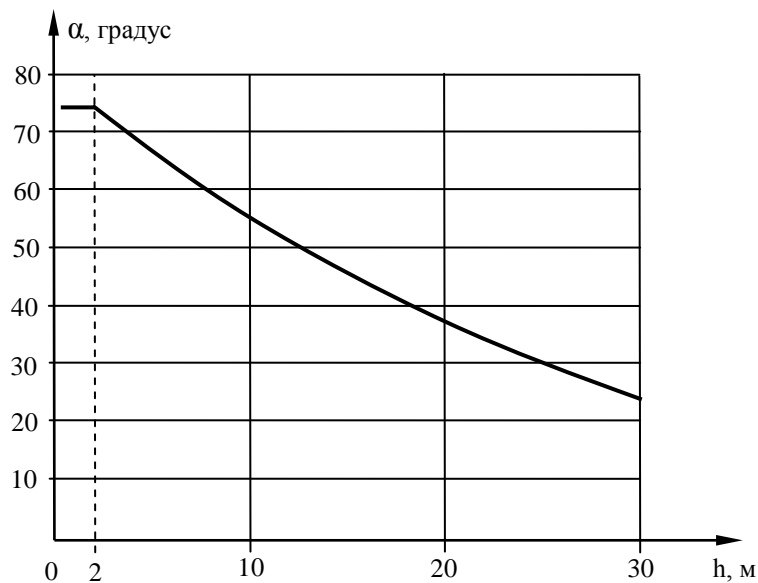


Рис. 2.6 – Визначення величини захисного кута для LPS II класу

За рекомендаціями п. D.3.3 ДСТУ EN 62305-3 для усіх систем блискавкозахисту вибухонебезпечних споруд слід використовувати систему земляного закінчення (заземлення) В-типу. Цей тип включає зовнішній кільце-

вий провідник стосовно споруди, що захищається, який контактує з ґрунтом принаймні на 80% його загальної довжини, або фундаментний уземлювальний електрод, який утворює замкнене коло. Такі уземлювальні електроди можуть також бути поєднані у сітку.

Опір землі системи земляного закінчення будівель (споруд), які містять вибухові суміші, має бути якнайменшим з можливих й не перевищувати 10 Ом .

Проект внутрішньої LPS. Система блискавкозахисту будинку також повинна включати внутрішню систему захисту від блискавки – частина LPS, що складається з системи еквіпотенційних сполучень захисту від блискавки та/або електричної ізоляції зовнішньої LPS (ДСТУ EN 62305-4).

Виділяється зони захисту від вторинних дій блискавки (LPZ – lightning protection zone): LPZ 0_A, LPZ 0_B, LPZ 1, LPZ 2 ... (рис. 2.7).

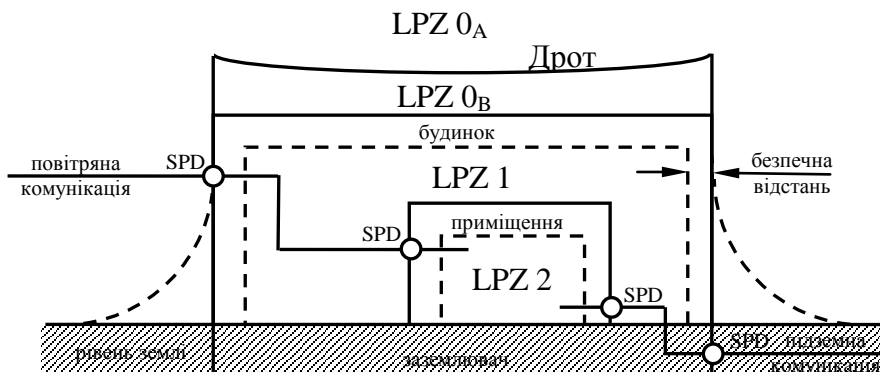


Рис. 2.7 – Зони захисту від вторинних дій блискавки при застосуванні для захисту від прямих влучень блискавки дротової системи перехоплення

Для об'єктів КП достатньо обмежитися зонами захисту від вторинних дій блискавки: LPZ 0_A, LPZ 0_B, LPZ 1.

На межах зон повинні здійснюватися заходи щодо екранування і з'єднання всіх металевих елементів і комунікацій, що перетинають межу.

Металева конструкція будівельної споруди використовується або може бути використана як екран. Подібна екранна структура утворюється сталеву арматурою даху, стін, підлоги будівлі, а також металевими деталями даху, фасадів, сталевими каркасами, решітками. Ця екрануюча структура утворює електромагнітний екран з отворами (за рахунок вікон, дверей, вентиляційних отворів, чарунок сітки в арматурі, щілин в металевому фасаді, отворів для ліній електропостачання тощо). Для зменшення впливу електромагнітних полів всі провідні частини об'єкта електрично об'єднуються і з'єднуються з системою блискавкозахисту.

При перетинанні меж зон електричними комунікаціями на межах зон встановлюються пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD – surge protective device).

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;
- тип перехоплювача блискавки – стрижньовий;
- довжина магістралі (від ТП до ГРЩ) – 100 м;
- розміри приміщення – 12×18×4 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·Н, 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. З довідника [3] дізнаємося, що дерев'яний пил – дрібнодисперсна горюча речовина, НКМПП=47 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 пилю 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 АИР:

- для приводів технологічного обладнання – АИР132S4 (потужність 7,5 кВт, $\eta=87,5\%$, $\cos\varphi=0,86$, $K_n=7,5$);
- для приводів системи аспірації – АИР80В4 (потужність 1,5 кВт, $\eta=78,5\%$, $\cos\varphi=0,80$, $K_n=5,3$).

Двигуни зі ступенем захисту оболонки IP54 (додаток 5).

Розподілення електроенергії до двигунів приймаємо через головний розподільчий щит (ГРЩ) – силовий блок РУС 8100 зі ступенем захисту оболонки IP44 (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 АВВГ, прокладеним відкрито на скобах (додаток 12). Для з'єднань застосовуємо з'єднувальні коробки У409 зі ступенем захисту оболонки IP65 (Додаток 10).

Для управління електродвигунами приймаємо кнопочкі пости ПМЕ-222. Ступінь захисту оболонки IP54 (додаток 9). Кнопки встановлюємо у приміщенні.

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

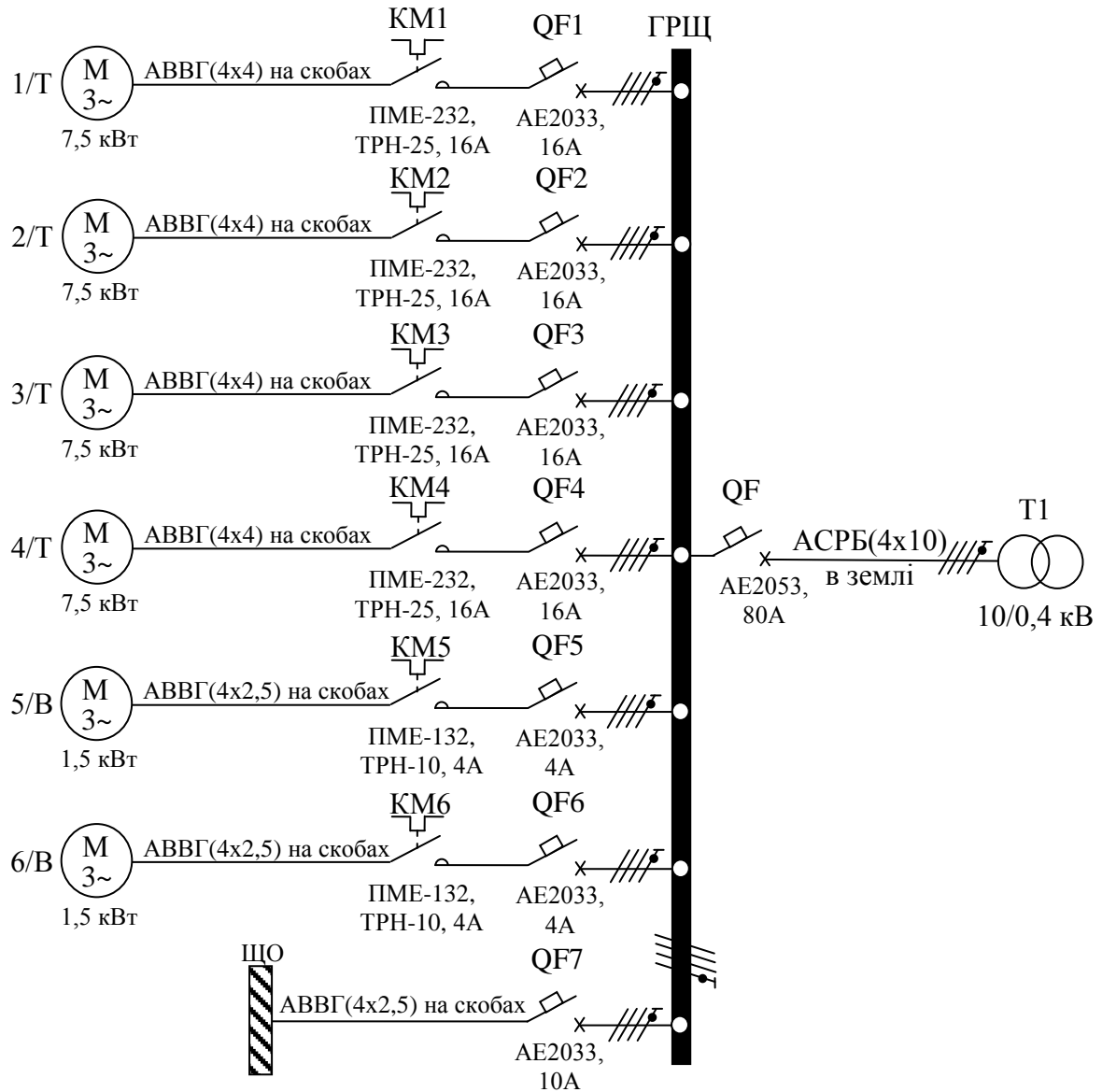


Рис. 3.1 – Розрахункова однолінійна схема електропостачання

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:

$$I_{\text{пуск}}^i = I_p^i \cdot K_{\Pi}^i, \text{ А},$$

де K_{Π}^i – кратність пускового струму i -го електродвигуна.

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

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

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.

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

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

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 АВВГ, прокладений відкрито на скобах (табл. 1.3.7 [1]):

- до двигунів приводу обладнання за умовою

$$\begin{cases} I_{\text{прип}}^{1-4} \geq 1,25 \cdot 15,1 \approx 19 \text{ А} \\ I_{\text{прип}}^{1-4} \geq \frac{16}{0,8} = 20 \text{ А} \end{cases} \quad \text{– кабель АВВГ(4x4), } I_{\text{прип.}} = 27 \text{ А;}$$
- до двигунів приводу системи аспірації за умовою

$$\begin{cases} I_{\text{прип}}^{5-6} \geq 1,25 \cdot 3,6 \approx 5 \text{ А} \\ I_{\text{прип}}^{5-6} \geq \frac{4}{0,8} = 5 \text{ А} \end{cases} \quad \text{– кабель АВВГ(4x2,5), } I_{\text{прип.}} = 19 \text{ А.}$$

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 є не менше розрахованої кількості груп освітлювальної мережі.

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

Захист групових ліній від КЗ та перевантажень виконують однополюсні автомати 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 потужністю 95 Вт (додаток 13).

Розраховуємо мінімально потрібну кількість світильників для освітлення приміщення.

Шліфувальну дільницю віднесемо до розряду V підрозряду г) зорової роботи – малої точності. Для такого розряду нормальна освітленість складає $E=100$ лк (додаток 16). Коефіцієнт відбиття стелі – 50%, коефіцієнт відбиття стін – 30%, потужність ламп – 0,095 кВт.

Визначаємо індекс приміщення:

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

де S – площа поверхні, m^2 ;

N_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 19).

За завданням приймаємо лампи розжарювання БК 220-95 потужністю 0,095 кВт, світловий потік даної лампи складає $\Phi=1145$ лм (додаток 18).

Визначаємо величину світлового потоку:

$$N \cdot \Phi = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot K_3}{\eta} = \frac{100 \cdot 18 \cdot 12 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{0,5} = 74520 \text{ лм.}$$

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_3 – коефіцієнт запасу (визначається за таблицею додатку 17 виходячи зі ступеню запиленості приміщення), приймаємо $K_3 = 1,5$;

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:

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

Групова освітлювальна мережа повинна мати захист від КЗ (п. 3.1.8 [1]) та від перевантажень (п. 3.1.10 [1]). 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 АВВГ, прокладений відкрито на скобах. Переріз жил приймаємо за умови:

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

За таблицю № 1.3.7 [1] підбираємо для групової лінії кабель АВВГ(3х2,5), для якого $I_{\text{прип.гр}}^k = 21 \text{ А}$. Припустимий струм $I_{\text{прип.гр}}^k$ перевіряється за умовою (п.3.1.11 [1]):

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

$$0,8 \cdot 21 = 16,8 \text{ А} \geq 6 \text{ А} \text{ – умова виконується.}$$

Далі розраховуємо розподільну освітлювальну мережу.

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

$$I_{р(3\Phi)}^{ЩО} = I_{р.гр}^k \cdot K_{3\Phi} = 5 \cdot 2 = 10 \text{ А.}$$

За таблицю додатку 14 з умови

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

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

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

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

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

За таблицю 1.3.7 [1] підбираємо для розподільної освітлювальної мережі кабель марки АВВГ(4х2,5) з площею перерізу жил $2,5 \text{ мм}^2$, для якого $I_{прип}^{ЩО} = 19 \text{ А}$.

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

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

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

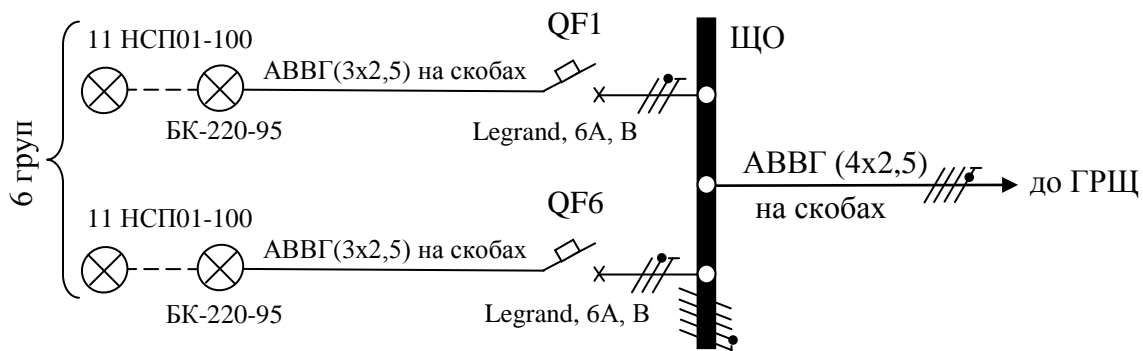


Рис. 3.2 – Розрахункова однолінійна схема освітлювальної мережі

Виконаємо розрахунок мережі живлення (від ТП до ГРЩ).

Випишуємо робочі струми, які споживаються через магістральну лінію.

$$I_p^{1-4} = 15,1 \text{ А.}$$

$$I_p^{5-6} = 3,6 \text{ А.}$$

$$I_{p(3\Phi)}^{\text{ЩО}} = 10 \text{ А.}$$

Також випишуємо 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 струм 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 короточасного перевантаження:

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

Коефіцієнт попиту електродвигунів K_c визначається за таблицею 2.1.

Підставляємо:

$$I_p^{\text{ГРЩ}} = K_c \cdot \sum_{i=1}^n I_p^i + I_{p(3\Phi)}^{\text{ЩО}} = 0,6 \cdot (4 \cdot 15,1 + 2 \cdot 3,6) + 10 \approx 51 \text{ А,}$$

$$I_{\text{max}}^{\text{ГРЩ}} = K_c \cdot \sum_{i=1}^{n-1} I_p^i + I_{\text{пуск}}^{\text{найб}} + I_{p(3\Phi)}^{\text{ЩО}} = 0,6 \cdot (3 \cdot 15,1 + 2 \cdot 3,6) + 113 + 10 \approx 155 \text{ А.}$$

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 $I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ГРЩ}}$, для якого виконується умова:

$$\begin{cases} I_{\text{ном.ел.м}}^{\text{ГРЩ}} \geq I_p^{\text{ГРЩ}} = 51 \text{ А} \\ I_{\text{сп.ел.м}}^{\text{ГРЩ}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{max}}^{\text{ГРЩ}} = 1,25 \cdot 155 \approx 194 \text{ А} \end{cases}$$

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

Умова

$$189 \text{ А} = I_{\text{сп.ел.м}}^{\text{ГРЩ}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{max}}^{\text{ГРЩ}} = 1,25 \cdot 153 = 194 \text{ А}$$

не виконується.

Тому за таблицею додатку 14 обираємо автомат АЕ2053 з електромагнітним розчіплювачем з параметрами $I_{\text{НОМ.ЕЛ.М}}^{\text{ГРЩ}} = 80\text{А}$ для якого $I_{\text{СП.ЕЛ.М}}^{\text{ГРЩ}} = 3 \cdot I_{\text{Н.ЕЛ.М}}^{\text{ГРЩ}} = 3 \cdot 80 = 240\text{А}$.

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

захист мережі живлення здійснюється триполюсним автоматом АЕ2053 з електромагнітним розчіплювачем з $I_{\text{НОМ.ЕЛ.М}}^{\text{ЩО}} = 80\text{А}$;

захист відгалуження до двигунів приводу обладнання здійснюється триполюсним автоматом АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{НОМ.РОЗ}}^{1-4} = 16\text{А}$ ($80\text{А} \geq 16\text{А}$);

захист відгалуження до двигунів приводу вентиляторів здійснюється триполюсним автоматом АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{НОМ.РОЗ}}^{5-6} = 4\text{А}$ ($80\text{А} \geq 4\text{А}$);

захист розподільної освітлювальної мережі здійснюється триполюсним автоматом АЕ2033 з електромагнітним розчіплювачем $I_{\text{НОМ.ЕЛ.М}}^{\text{ЩО}} = 10\text{А}$ ($80\text{А} \geq 10\text{А}$).

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

$$I_{\text{ПРИП}}^{\text{ГРЩ}} \geq I_{\text{Р}}^{\text{ГРЩ}} = 51\text{А}.$$

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 1.3.16 [1]: АСРБ(4×10), $I_{\text{ПРИП}}^{\text{ГРЩ}} = 65\text{А}$ ($65\text{А} \geq 51\text{А}$ – умова виконується).

Після вибору перерізу перевіряємо відповідність його параметрам апарату захисту. Так як захист здійснюється автоматом 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:

$$240\text{А} \leq 4,5 \cdot 65 = 292,5\text{А} \text{ – умова виконується.}$$

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 автомату з електромагнітним розчіплювачем до 100 А):

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

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

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

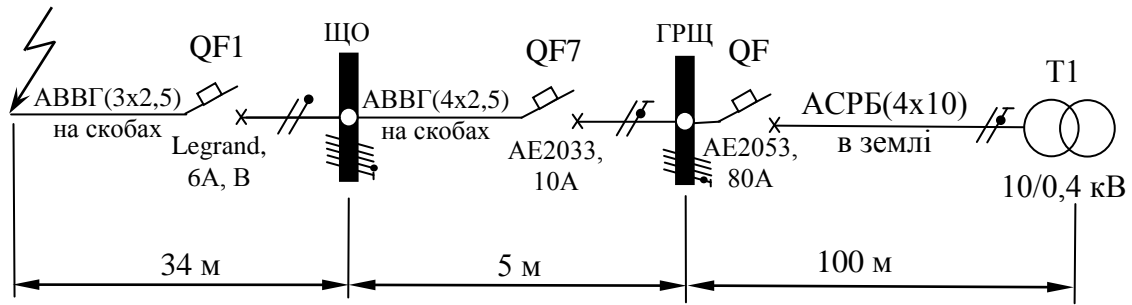


Рис. 3.3 – Однолінійна схема для розрахунку опору кола однофазного КЗ

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 інду-

ктивний опір ділянки фазного кола, протягом якої провідник має однаковий переріз і марку;

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

ка;

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 однаковою 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, установленної безпосередньо перед електричними приймачами (вимикачі, контактори, пускачі), підключеною від вторинних розподільних щитів;

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

Підставляємо:

$$\sum R_L = \sum \rho_L \cdot \frac{\ell}{S_L} = 32 \cdot \left(\frac{0,1}{10} + \frac{0,005}{2,5} + \frac{0,012 + 0,018 + 0,004}{2,5} \right) \approx 0,819 \text{ Ом},$$

$$\sum R_N = \sum \rho_N \cdot \frac{\ell}{S_N} = 32 \cdot \left(\frac{0,1}{10} + \frac{0,005}{2,5} + \frac{0,012 + 0,018 + 0,004}{2,5} \right) \approx 0,819 \text{ Ом},$$

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

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

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

$$Z_{L-N} \approx \sqrt{(\sum R_L + \sum R_N + \sum R_K)^2 + (\sum X_L + \sum X_N)^2} + Z_T =$$

$$= \sqrt{(0,819 + 0,819 + 0,09)^2 + (0,01 + 0,01)^2} + 0,112 = ,$$

$$= \sqrt{2,986 + 0,0004} + 0,112 = 1,840 \text{ Ом},$$

$$I_{\text{кз}}^{L-N} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi-o}} = \frac{220}{1,84} = 119,6 \text{ А},$$

$$\frac{I_{\text{кз}}^{L-N}}{I_{\text{н.роз.}}} = \frac{119,6}{6} \approx 20,0 \geq 1,4 \text{ - умова виконується.}$$

3.4 Проект штучного заземлювача

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

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

За таблицею додатку 20 кліматичний коефіцієнт опору ґрунту для чорнозему $\psi = 1,32$.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту за формулою:

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

Вид вертикального заземлювача – сталеве коло діаметром 38 мм. Обираємо вертикальний електрод довжиною $\ell = 5 \text{ м}$, забитий на $H_0 = 0,5 \text{ м}$ в глибину від планувальної відмітки землі. Тоді

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

Визначаємо опір одиночного вертикального електрода:

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

$$= \frac{26,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} (5,57 + 0,27) \approx 4,9 \text{ Ом.}$$

Будинок має розмір $12 \times 18 \text{ м}^2$. Розташовуємо вертикальні електроди заземлювача у ряд на відстані 1 м від фундаменту вздовж довгого боку будинку. В якості горизонтального електроду приймаємо сталеву штабу розміром $40 \times 4 \text{ мм}^2$.

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

Горизонтальний електрод закладений на $H_0=0,5$ м в глибину від планувальної відмітки землі. Визначаємо опір горизонтального електроду. Спочатку визначаємо L – довжину горизонтального електроду

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

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

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

- коефіцієнт використання вертикального електроду: $\eta_{\text{в}} \approx 0,85$ (додаток 21),
- коефіцієнт використання горизонтального електроду при розташуванні вертикальних електродів у ряд: $\eta_{\Gamma} \approx 0,87$ (додаток 22).

Визначаємо реальний опір горизонтального електроду:

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

Визначаємо максимально припустимий опір вертикального електроду:

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

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

$$n = \frac{R_{\Gamma}}{\eta_{\text{в}} \cdot R_{\text{в}}} = \frac{4,9}{0,85 \cdot 9} \approx 1.$$

Отриманий результат свідчить про те, що два вертикальних електроди, з'єднані горизонтальним електродом, забезпечують нормативне значення опору штучного заземлення $R_{\text{н}} = 4 \text{ Ом}$.

3.5. Проект блискавкозахисту

Система блискавкозахисту (LPS – lightning protection system) будинку включає зовнішній та внутрішній блискавкозахист.

Розрахуємо зовнішню LPS.

Шліфувальна дільниця меблевої фабрики є об'єктом з ризиком вибуху (утворюється вибухонебезпечна зона класу 22). Тому застосовуємо LPS II-го класу.

Відповідно до таблиці 1 ДСТУ EN 62305-3 LPS II класу відповідає II-й рівень блискавкозахисту (LPL – lightning protection level).

У відповідності з завданням обираємо стрижньовий перехоплювач блискавки.

Відповідно п. 5.2.2 та додатку D ДСТУ EN 62305-3 компоненти перехоплювачів, встановлені на будівлі (споруді), має бути розміщено на кутах, виступних точках та рубях (особливо на найвищих рівнях всяких фасадів) – стрижньові перехоплювачі встановлюємо на даху будівлі у кутах.

Розрахунок зовнішньої LPS здійснюємо методом захисного кута (protection angle design method). Об'єм, що захищається одним вертикальним стрижнем має форму прямого кругового конуса, вершина якого розташована на осі перехоплювача, з половинним кутом при вершині α .

Відповідно таблиці 2 ДСТУ EN 62305-3 для LPS II-го класу захисний кут α залежить від висоти перехоплювача блискавки h та визначається з графічної залежності з рисунку 1 ДСТУ EN 62305-3 (приведена на рис. 2.3 методичних вказівок).

Приймаємо висоту перехоплювача блискавки від землі: $h_2 = 10$ м. Відповідно висота перехоплювача блискавки над дахом: $h_1 = h_2 - H = 10 - 4 = 6$ м. У цьому випадку величини захисних кутів дорівнюють $\alpha_2 \approx 55^\circ$, $\alpha_1 \approx 65^\circ$ відповідно.

З геометричних міркувань захищений об'єм для одного стрижня має форму прямого кругового конуса з наступними розмірами:

- висота конусу над дахом – $h_1 = 6$ м ,
- висота конусу від землі – $h_2 = 10$ м ,
- радіус конусу на рівні землі - $r_0 = h_2 \cdot \text{tg}\alpha_2 = 10 \cdot \text{tg}55^\circ \approx 14,3$ м ,
- радіус горизонтального перерізу r_x на висоті будинку $H = 4$ м
 $r_x = h_1 \cdot \text{tg}\alpha_1 = 6 \cdot \text{tg}65^\circ \approx 12,9$ м .

Також з геометричних міркувань (теорема Піфагора) на висоті $H = 4$ м конус захисту повинний мати радіус (половина довжини діагоналі даху будинку) не менше

$$r_x = \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{18}{2}\right)^2 + \left(\frac{12}{2}\right)^2} = \sqrt{9^2 + 6^2} = \sqrt{117} = 10,8 \text{ м} < 12,9 \text{ м}.$$

де A – довжина будинку, B – ширина будинку, H – висота будинку.

Тобто, будинок повністю захищається перехоплювачем блискавки у вигляді чотирьох вертикальних стрижнів висотою 6 м від даху, розташованих у кутах будинку.

Відповідно п. 5.2.1 ДСТУ EN 62305-3 окремі стрижні перехоплювачів блискавки мають бути з'єднані між собою на рівні покрівлі для забезпечення розподілу струму.

Для елементів зовнішньої LPS обираю оцинковане сталеве коло (таблиця 6 ДСТУ EN 62305-3):

- перехоплювач блискавки – переріз не менше 50 мм^2 ;
- доземні провідники – переріз не менше 50 мм^2 .

За рекомендаціями п. D.3.3 ДСТУ EN 62305-3 для усіх систем блискавкозахисту вибухонебезпечних споруд слід використовувати систему земляного закінчення (заземлення) В-типу. Цей тип включає зовнішній кільцевий провідник стосовно споруди, що захищається, який контактує з ґрунтом принаймні на 80% його загальної довжини, або фундаментний уземлювальний електрод, який утворює замкнене коло. Такі уземлювальні електроди можуть також бути поєднані у сітку.

Згідно таблиці 6 ДСТУ EN 62305-3 для зовнішнього кільцевого провідника обираємо оцинковане сталеве коло діаметром не менше 14 мм.

Від перехоплювача блискавки до системи земляного закінчення прокладаємо доземні провідники найкоротшим шляхом через місця, малоімовірні для знаходження людей.

Опір землі системи земляного закінчення будівель (споруд), які містять вибухові суміші, має бути якнайменшим з можливих й не перевищувати 10 Ом .

Розрахуємо внутрішню LPS – систему еквіпотенційних сполучень захисту від блискавки та/або електричної ізоляції зовнішньої LPS (ДСТУ EN 62305-4)

Спочатку виділяємо зони захисту від вторинних дій блискавки (LPZ – lightning protection zone): LPZ 0_A, LPZ 0_B, LPZ 1 (рис. 3.4).

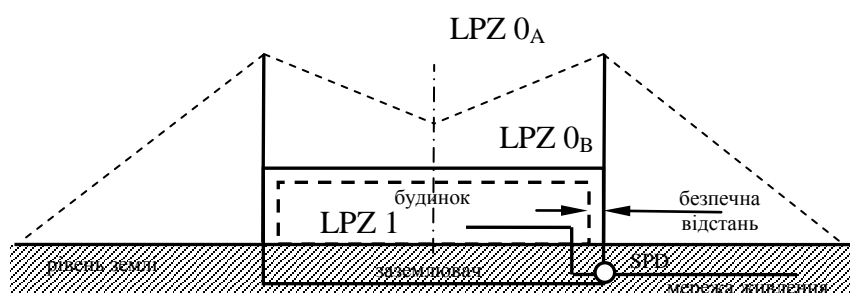
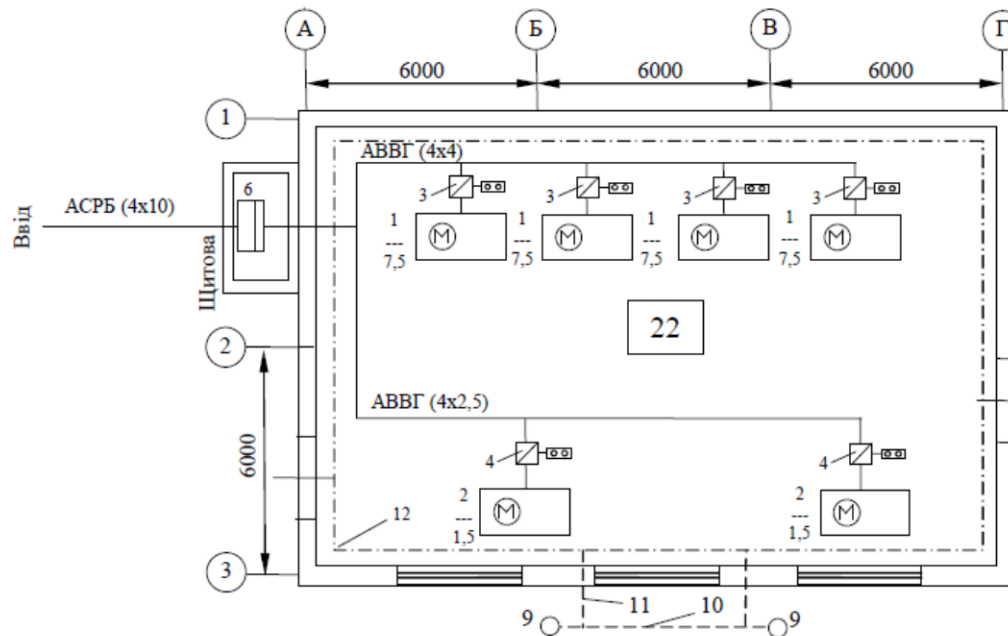


Рис. 3.4 – Зони захисту від вторинних дій блискавки при застосуванні для захисту від прямих влучень блискавки 4-х кратного стрижньового перехоплювача блискавки

На межах зон здійснюються заходи щодо екранування і з'єднання всіх металевих елементів і комунікацій, що перетинають межу. При перетинанні меж зон електричними комунікаціями на межах зон встановлюються пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD – surge protective device).

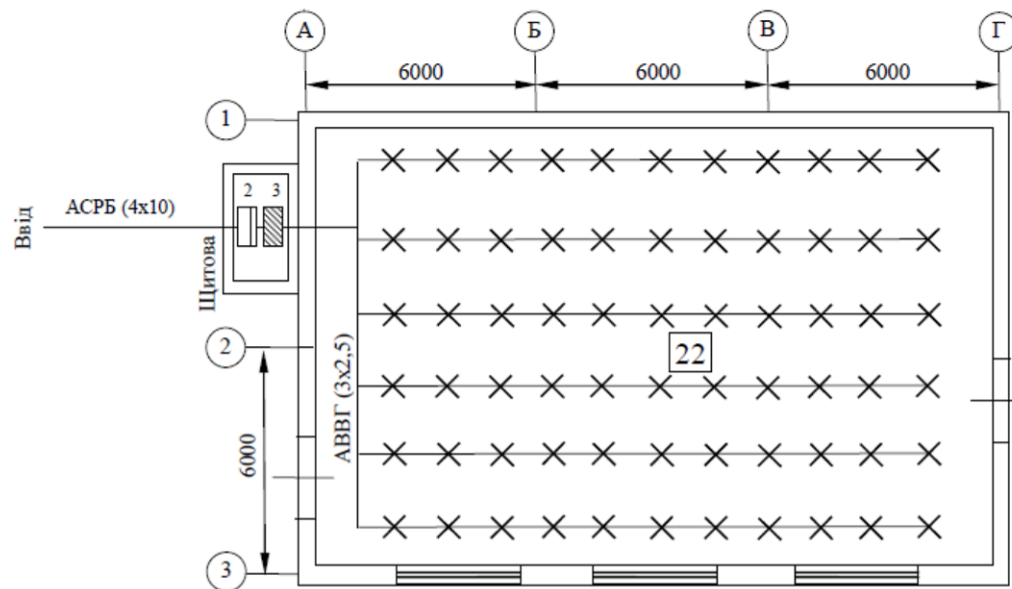
Екранування є основним способом зменшення електромагнітних перешкод. Металева конструкція будівельної споруди використовується або може бути використана як екран. Подібна екранна структура утворюється сталевією арматурою даху, стін, підлоги будівлі, а також металевими деталями даху, фасадів, сталевими каркасами, решітками. Ця екрануюча структура утворює електромагнітний екран з отворами (за рахунок вікон, дверей, вентиляційних отворів, чарунок сітки в арматурі, щілин в металевому фасаді, отворів для ліній електропостачання тощо). Для зменшення впливу електромагнітних полів всі провідні частини об'єкта електрично об'єднуються і з'єднуються з LPS об'єкту.



Специфікація обладнання

№	Найменування	Модель	Кількість	Примітка
Силове електричне обладнання				
1	Електродвигун приводу технологічного обладнання	АИР13254	4 шт.	
2	Електродвигун приводу системи вентиляції	АИР60В4	2 шт.	
3	Магнітний пускач	ПМЕ-232	4 шт.	
4	Магнітний пускач	ПМЕ-132	2 шт.	
5	Кнопка керування	ПКЕ-222	6 шт.	
6	Головний розподільчий щит	РУС8100	1 шт.	
7	Кабель магистральної лінії	АСРБ		Прокладений в землі
8	Кабель підключення двигуна	АВВГ		Прокладений відкрито на скобах
Заземлювальні пристрої				
9	Вертикальний електрод	Сталева коло Ø38	2	Довжина 5 м
10	Горизонтальний електрод	Сталева штанга 40x4 x0x2	1	Довжина 5 м
11	З'єднувальна смуга	Сталева штанга 40x4 x0x2	1	
12	Внутрішньо-нечова шина	Сталева штанга 40x4 x0x2	1	

				НУЦЗУ.4.17.04.001.ПБЕ.ГЧ-1					
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Курсовий проект з Пожежної безпеки електроустановок		Літер	Масштаб	
Розробив	Петренко П.П.						К	П	1:200
Перевіряв							Лист - 1	Листів - 3	
					План розташування силового обладнання. Заземлення		ПБ-17-431		

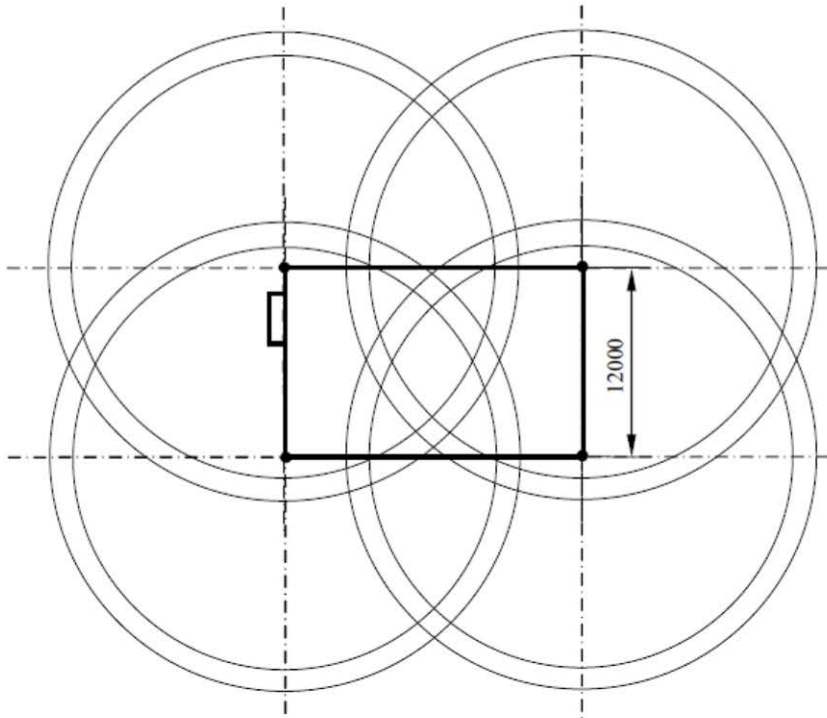
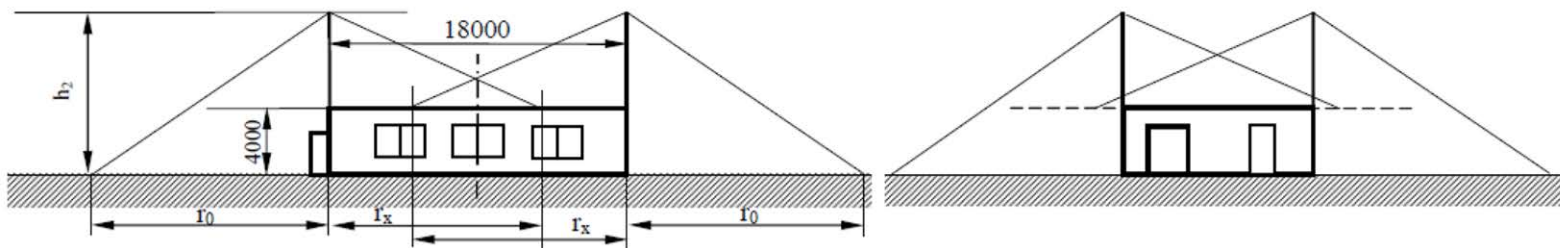


Специфікація освітлювального обладнання

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

Примітка
Світильники підвішуються на кроках.

						НУЦЗУ.1.17.01.001.ПБЕ.ГЧ-2			
						Курсовий проект з Пожежної безпеки електроустановок			
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Літер		Масштаб		
Розробив		Петренко П.П.			К	П	1:200		
Перевіряв					Лист - 2		Листів - 3		
						План розташування освітлювального обладнання			
						ПБ-17-431			



Примітка

1. Зовнішній блискавкозахист забезпечується 4-х кратним стрижневим перехоплювачем блискавки висотою $h_2=10$ м від землі.

2. Розміри конусів захисту: $h_2=10$ м, радіус на рівні землі $r_0=14,3$ м, радіус на висоті будинку $r_x=12,9$ м.

3. Для заземлення використовується система земляного закінчення В-типу – зовнішній кільцевий провідник стосовно споруди, що захищається, який контактує з ґрунтом принаймні на 80% його загальної довжини. Діаметр провіднику 14 мм.

					НУЦЗУ.1.17.01.001.ПБЕ.ГЧ-3			
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Курсовий проект з Пожежної безпеки електроустановок	Літер		Масштаб
Розробив		Петренко П.П.				К	П	1:200
Перевіряв						Лист - 3		Листів - 3
					Блискавкозахист			ПБ-17-431

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. – Харків: Видавництво «Форт», 2014. – 800 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. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / Под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко. В 2-х кн. - М.: Химия, 1990.
4. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-1:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. — (Національний стандарт України).
5. Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-2:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. — (Національний стандарт України).
6. Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-3:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. — (Національний стандарт України).
7. Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-4:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. — (Національний стандарт України).
8. Кулаков О.В., Росоха В.О. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках. Підручник. – Харків: НУЦЗУ, 2010. – 569 с.
9. 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).

Зразки оформлення титульного аркуша
Національний університет цивільного захисту України
Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ
з навчальної дисципліни
«Пожежна безпека 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. Харків – 20__ рік

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ
з навчальної дисципліни
«Електротехніка та безпека електроустановок»

на тему: Забезпечення безпеки електроустановок виробничого приміщення

Здобувача вищої освіти за освітньо-
кваліфікаційним рівнем «бакалавр»
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 263 "Цивільна 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. Харків – 20__ рік

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

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

Література

- Правила улаштування електроустановок. – Харків: Видавництво «Форт», 2014. – 800 с.
- НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок // Збірка «Правила улаштування електроустановок», Харків: Видавництво «Форт», 2014. С. 692-782.
- Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / Под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко. В 2-х кн. - М.: Химия, 1990.
- Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-1:2012. – [Чинний від 2012-08-01].
- Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-2:2012. – [Чинний від 2012-08-01].
- Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-3:2012. – [Чинний від 2012-08-01].
- Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-4:2012. – [Чинний від 2012-08-01].
- Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисциплін «Пожежна безпека електроустановок», «Електротехніка та безпека електроустановок» / Кулаков О.В., Гарбуз С.В., Григоренко О.М., Катунін А.М. – Харків: НУЦЗ України, 2018.

Завдання перевірів _____

**Завдання на виконання курсового проекту з дисципліни
"Електротехніка та безпека електроустановок"**

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

Література

1. Правила улаштування електроустановок. – Харків: Видавництво «Форт», 2014. – 800 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. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / Под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко. В 2-х кн. - М.: Химия, 1990.
4. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-1:2012. – [Чинний від 2012-08-01].
5. Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-2:2012. – [Чинний від 2012-08-01].
6. Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-3:2012. – [Чинний від 2012-08-01].
7. Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-4:2012. – [Чинний від 2012-08-01].
8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисциплін «Пожежна безпека електроустановок», «Електротехніка та безпека електроустановок» / Кулаков О.В., Гарбуз С.В., Григоренко О.М., Катунін А.М. – Харків: НУЦЗ України, 2018.

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	Тип переходовача блискавки	Довжина магістралі (від ТП до ГРЩ), м	Розміри приміщення АхВхН, м	Діаметр кола вертикального електроду заземлювача, мм	Кількість двигунів		Освітлювальна мережа		
								Вентиляція	Привід технологічного обладнання	Висота світильників над поверхнею	Коефіцієнт відбитку стелі	Коефіцієнт відбитку стін
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
А	Дільниця приготування цукрової пудри	2,11	20	стрижневий	2000	24x24x5	50	6	4	0,7·Н	50	30
Б	Дільниця просочування обмоток електричних машин (розчинник толуол)	1,237	250	стрижневий	600	24x12x6	30	4	2	0,7·Н	50	30
В	Насосна станція по перекачці бензолу	0,305	50	стрижневий	200	12x12x3	32	3	3	0,7·Н	50	30
Г	Механізований склад зберігання солідолу	1,949	300	дротовий	800	120x24x10	50	6	4	0,8·Н	50	30
Д	Машинний зал аміачної компресорної	1,949	400	стрижневий	2000	18x36x5	25	3	4	0,6·Н	50	30
Е	Комбікормовий цех	1,237	100	дротивий	1500	60x24x10(12)	36	6	4	0,6·Н	30	10

Є	Фарбоприготувальна дільниця	0,487	80	стрижневий	300	24x12x6	16	6	4	0,8·Н	30	10
---	-----------------------------	-------	----	------------	-----	---------	----	---	---	-------	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ж	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки З)	2,11	200	стрижневий	1000	24x24x5	30	4	2	0,8·Н	30	10
З	Дільниця подрібнення вугілля	0,487	80	дротовий	100	120x24x10	20	6	4	0,7·Н	30	10
И	Воднева станція	0,305	50	стрижневий	200	20x10x3	32	6	4	0,7·Н	50	30
І	Дільниця отримання ацетилену	1,949	600	стрижневий	1800	24x12x8	16	6	2	0,6·Н	50	30
Ї	Ательє з виготовлення одягу	1,949	300	стрижневий	1000	30x15x6	36	2	6	0,8·Н	30	10
Й	Насосна станція з перекачування спирту етилового	3,11	200	стрижневий	800	24x12x10	30	4	5	0,6·Н	30	10
К	Насосна станція з перекачування дизельного палива марки З	0,312	150	стрижневий	500	18x18x3	16	4	6	0,8·Н	50	30
Л	Дільниця фарбування металевих виробів (фарба на оліфі)	0,779	150	дротовий	800	48x12x6(8)	40	6	2	0,8·Н	50	30
М	Насосна станція по перекачці бензину А-92	1,237	120	дротовий	400	12x6x3(5)	32	4	4	0,7·Н	50	30

Н	Котельня на природному газу	3,11	100	стрижневий	2600	24x12x 6	30	6	4	0,7·Н	30	10
О	Механізований склад зберігання у тарі уайт-спіриту	3,11	50	дротовий	1550	60x12x 4(6)	22	4	6	0,6·Н	50	30
П	Лісопилна ділянка деревообробного комбінату	0,779	10	дротовий	1000	60x12x 6(8)	25	6	4	0,8·Н	30	10
Р	Ділянка фарбування двигунів (розчинник - сольвент)	1,237	200	стрижневий	400	48x24x 8	32	7	3	0,8·Н	50	30
С	Олійна ділянка (отримання соняшникової олії з насіння віджиманням)	3,11	160	стрижневий	2100	12x12x 3	22	2	4	0,6·Н	50	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Т	Ділянка фарбування дерев'яних виробів (розчинник Р-5)	1,237	80	дротовий	650	48x12x 5(7)	28	4	2	0,8·Н	70	50
У	Ділянка приготування крохмалю	0,487	20	стрижневий	500	24x12x 5	25	4	4	0,7·Н	50	30
Ф	Зарядна станція акумуляторів	3,11	60	дротовий	200	12x6x6 (7)	28	3	2	0,7·Н	50	30
Х	Ділянка наповнення балонів зрідженим пропаном	3,11	800	дротовий	1200	36x18x 6(7)	40	6	2	0,8·Н	50	30
Ц	Відділення упаковки та зберігання сажі	0,487	200	стрижневий	600	48x36x 10	36	4	6	0,7·Н	30	10
Ч	Механізоване книгосховище	1,949	100	стрижневий	450	90x48x 11	30	4	6	0,6·Н	70	50

Ш	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки Л)	3,11	200	дротовий	940	24x12x8(9)	20	5	4	0,6·Н	50	30
Щ	Механізований склад зберігання гумових виробів	1,949	100	стрижневий	400	12x12x7	30	4	3	0,7·Н	50	30
Ю	Дільниця отримання бензолу із коксового газу	0,312	100	стрижневий	800	48x24x8	50	3	5	0,6·Н	30	10
Я	Зернодробильне відділення кормоцеху сільгосп підприємства	3,11	20	стрижневий	1350	18x12x6	36	2	4	0,8·Н	50	30

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	0,4 1,1;5,5*	0,08 1,5;7,5*	0,095 2,2;11,0	0,015 0,55;7,5	0,02 0,75;15,0	0,03 3,0;11,0*	1,0 3,0;15,0*	0,25 2,2;4,0	0,095 1,5;5,5	0,015 1,1;7,5
8	0,02 0,55;4,0*	0,03 1,1;5,5	0,03 1,5;7,5	0,02 0,55;11,0	0,015 1,1;3,0	0,095 1,5;4,0	0,04 2,2;3,0*	0,095 3,0;5,5	0,015 0,37;7,5	0,02 0,55;4,0
7	0,03 0,75;11,0	0,02 0,75;15,0	0,015 0,75;22,0*	0,095 1,1;11,0	0,02 1,5;7,5*	0,03 2,2;5,5	0,095 3,0;4,0*	0,02 4,0;4,0	0,03 5,5;4,0	0,095 0,55;5,5
6	0,04 0,55;7,5*	0,08 0,55;18,5	0,095 0,75;11,0	0,08 4,0;7,5*	0,095 3,0;5,5	0,02 2,2;4,0	0,012 1,5;5,5*	0,015 1,1;4,0*	0,02 0,75;7,5*	0,015 0,75;5,5
5	0,03 4,0;5,5	0,095 3,0;4,0*	0,02 3,0;7,5*	0,012 2,2;4,0*	0,4 1,5;5,5	0,095 1,1;7,5*	0,015 1,1;4,0*	0,02 2,2;3,0	0,03 3,0;5,5	0,02 4,0;7,5*
4	0,015 5,5;15,0	1,0 4,0;5,5*	0,095 3,0;7,5	0,02 2,2;3,0*	0,012 2,2;4,0	0,03 1,5;5,5	0,095 1,5;7,5	0,03 3,0;11,0	0,015 4,0;11,0	0,095 2,2;3,0
3	0,02 2,2;4,0*	0,015 2,2;4,0	0,08 3,0;3,0	0,095 4,0;5,5	0,08 3,0;7,5*	0,095 4,0;3,0*	1,0 1,5;4,0*	0,02 2,2;5,5	0,03 1,5;7,5*	0,4 2,2;5,5
2	0,08 1,1;3,0	0,095 1,5;4,0*	0,015 0,75;5,5	0,02 0,75;7,5*	0,03 0,55;11,0	0,03 1,1;11,0	0,02 2,2;5,5	0,015 1,5;4,0	0,095 1,1;3,0*	0,08 3,0;4,0*
1	0,25 4,0;5,5	0,4 1,5;4,0	0,08 1,1;3,0*	0,095 2,2;4,0	0,015 2,2;3,0	0,25 3,0;5,5	0,03 4,0;5,5*	0,03 3,0;7,5	0,02 2,2;4,0	0,015 4,0;3,0
0	0,095 0,75;7,5*	0,08 0,75;3,0	0,04 2,2;4,0*	0,04 3,0;5,5	0,04 1,5;3,0*	0,08 3,0;4,0	0,095 4,0;5,5	0,015 2,2;3,0	0,02 1,5;4,0*	0,03 2,2;5,5

Примітка. Зірка означає, що двигуни системи вентиляції (аспірації) встановлені зовні 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	$K_{II} = \frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
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	$K_{II} = \frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
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

Додаток 7**Технічні дані асинхронних двигунів серії АИМ
(марка вибухозахисту 1ExdПВТ5/2ExdПСТ5, 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

Додаток 8**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-701, 702

Параметр	Марка магнітного пускача		
	ПМ-711-25, ПМ-702-25	ПМ-711-100, ПМ-702-100	ПМ-711-250, ПМ-702-250
Марка вибухозахисту	НМБ (за ПИВЭ), що відповідає 2ЕхoПСТ2 (за НПАОП 40.1-1.32-01)		
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 1ЕхdeПВТ4).

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 кнопкових постів управління (номінальна напруга 380 В, номінальний струм до 2 А)

Тип кнопкового поста	Ступінь захисту оболонки або марка вибухозахисту
ПКЕ-222	IP54
ПКВ-3	PВ ExdI; 1ExdIIBT6; 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-	IP23	Автоматичні вимикачі	6 або 8 або 18

рейкою		побутового призначення	або 24
--------	--	------------------------	--------

Додаток 12

Електропроводки і способи їх прокладання залежно від класу зони простору

Характеристика середовища	Вид електропроводки	Спосіб виконання проводки	Марки кабельних виробів, що рекомендуються
Вибухонебезпечне	Схована	За конструкціями та поверхнями, що є вогнестійкими або у сталевих трубах	ПВ, ПРТО, ВВГ
Пожежонебезпечне	Відкрита	Безпосередньо по будівельним конструкціям	АПРФ, АВВГ
	Схована	У сталевих або полімерних трубах	АПВ, АПРТО

Додаток 13

Технічні дані світильників

Тип	Максимальна потужність лампи, Вт	Ступінь захисту оболонки або марка вибухозахисту
Світильники з лампами розжарювання		
НСП01-100	100	IP54
НПП03-100-001	100	IP65
НСП21ВEx	150	1ExdeIICT6
НСП23-200	200	2ExedIICT2
НПП25-100	100	2ExdIIВТ4/IICT1
Н4БН-150	150	2ExedIICT2
ВЗГ-100	100	1ExedIIВТ4
Світильники з люмінесцентними лампами		
ЛПП-04В-1x40	1x40	IP65
ЛПП-04В-2x40	2x40	IP65
ЛСП-3902-2x40	2x40	IP65
ЛПП05УЕх-2x40	2x40	1ExedIICT5
ЛПП24У-2x80	2x80	IP65
ЛСП03ВEx-2x80	2x80	1ExedIICT5
ЛСП03ВEx-1x80	1x80	1ExedIICT5
Світильники з лампами ДРЛ		
РСП04В-250	250	IP54
РСП04В-400	400	IP54
РСП04В-1000	1000	IP54

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 автомата, 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	$1,5 \cdot I_{н.роз}$	$(12-18) \cdot I_{н.роз}$
	АЕ1031-12	Тепловий	25	6; 10; 16; 25	$1,5 \cdot I_{н.роз}$	-
	АЕ1031-13	Електромагнітний	25	6; 10; 16; 25	-	$(12-18) \cdot I_{н.роз}$
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	-	$3 \cdot I_{н.роз}$ або $12 \cdot I_{н.роз}$
	АЕ2036	Комбінований	25	6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	$1,25 \cdot I_{н.роз}$	$3 \cdot I_{н.роз}$ або $12 \cdot I_{н.роз}$
	АЕ2053	Електромагнітний	100	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	-	$3 \cdot I_{н.роз}$ або $12 \cdot I_{н.роз}$
	АЕ2056	Комбінований	100	63; 80; 100	$1,25 \cdot I_{н.роз}$	$12 \cdot I_{н.роз}$
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	$1,25 \cdot I_{н.роз}$	$(5,7,10) \cdot I_{н.роз}$
АЗ710	АЗ710Б	Комбінований	150	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 150	$3 \cdot I_{н.роз}$	$10 \cdot I_{н.роз}$
АП50	АП50Б	Комбінований	63	1,6; 2,5; 5,4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	$3,5 \cdot I_{н.роз}$	$8 \cdot I_{н.роз}$

Однополюсні та триполюсні автоматичні вимикачі побутового призначення (ІЕС 60898)

Виробники: АВВ, Legrand, Moeller, Schneider Electric, Siemens тощо.
Монтуються у розподільні пристрої (шафи) з 35 мм DIN-рейками.

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

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

Нормативна освітленість

Характеристика типу зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту відрізнення з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення				
						Освітленість, лк				
						при комбінованому освітленні	при загальному освітленні			
1	2	3	4	5	6	7	8			
Найвищої точності	менше 0,15	I	а	малий	темний	5000	1500			
				малий	середній	4000	1250			
			середній	темний						
			б	малий	світлий	2500	750			
				середній	середній					
				великий	темний					
			г	середній	світлий	1500	400			
				великий	світлий					
				великий	середній					
			Дуже високої точності	понад 0,15 до 0,3	II	а	малий	темний	4000	1250
							малий	середній	3000	750
						середній	темний			
б	малий	світлий				2000	500			
	середній	середній								
	великий	темний								
г	середній	світлий				1000	300			
	великий	світлий								
	великий	середній								
Високої точності	Понад 0,3 до 0,5	III				а	малий	темний	2000	500
						б	малий	середній	1000	300

				середній	темний		
			в	малий	світлий	750	300
				середній	середній		
				великий	темний		
			г	середній	світлий	400	200
				великий	світлий		
				великий	середній		
Середньої точності	понад 0,5 до 1	IV	а	малий	темний	750	300
				б	малий	середній	500
			в	середній	темний	400	200
				малий	світлий		
				середній	середній		
			г	великий	темний	300	150
середній	світлий						
великий	світлий						
Малої точності	понад 1 до 5	V	а	малий	темний	300	200
				б	малий	середній	200
			в	середній	темний	-	150
				малий	світлий		
				середній	середній		
			г	великий	темний	-	100
середній	світлий						
великий	світлий						
Груба, дуже малої	Понад 5	VI	-	Незалежно від характерис-	-	-	150

точності				тик фону та контрасту об'єкту з фоном		
Робота з матеріалами, що світяться, та виробами у гарячих цехах	Понад 5	VII	-	Незалежно від характеристик фону та контрасту об'єкту з фоном	-	200
Постійний загальний нагляд за ходом виробничого процесу	-	VIII	а	Незалежно від характеристик фону та контрасту об'єкту з фоном	-	75
Загальний нагляд за ходом виробничого процесу при постійному перебуванні людей у приміщенні	-	VIII	б	Незалежно від характеристик фону та контрасту об'єкту з фоном	-	50
Те ж саме при періодичному перебуванні людей к приміщенні	-	VIII	в	Незалежно від характеристик фону та контрасту об'єкту з фоном	-	30

Коефіцієнт запасу K_3

	Коефіцієнт запасу K_3				
	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
БО 220-60	720	ДРЛ 250	11000	ЛБ 40	3000	0,012 кВт	900
БК 220-75	940	ДРЛ 400	19000	ЛБ 80	5220	0,015 кВт	1200
БК 220-95	1145	ДРЛ 1000	50000			0,02 кВт	1800
						0,03 кВт	2500

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		
	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$	$\rho_{П, \%}$
$\rho_{П, \%}$	30	50	70	30	50	70	30	50	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_{П, \%}$	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

Додаток 20

Питомі опори та коефіцієнти сезонності ґрунтів

Ґрунт	Питомий опір, 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

Додаток 21

Коефіцієнт використання вертикальних електродів

Відношення відстані між електродами до їх довжини	При розміщенні в ряд		При розміщенні за контуром	
	Кількість вертикальних електродів	η_v	Кількість вертикальних 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 22

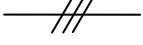

Коефіцієнт використання горизонтального електроду

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 23

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	

Додаток 24

Умовні позначення деяких електротехнічних виробів на планах (ДСТУ Б А.2.4-19:2008)

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	Амміак, аллил хлоридний, ацетон, ацетонитрил, бензол, бензотрифторид, винил хлористый, винилиден хлористый, 1,2-дихлорпропан, дихлорэтан, диэтиламин, диизопропиловый эфир, доменный газ, изобутилен, изобутан, изопропилбензол, кислота уксусная, ксилол, метан (промышленный)**, метилацетат, α-метилстирол, метил хлористый, метилизоцианат, метилхлорформиат, метилциклопропил-кетон, метилэтилкетон, окись углерода, пропан, пиридин, растворители Р-4, Р-5 и РС-1, разбавитель РЭ-1, сольвент нефтяной, стирол, спирт диацетоновый, толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторэтан, трифторхлорэтилен, триэтиламин, хлорбензол, циклопентадиен, этан, этил хлористый
	T2	Алкилбензол, амилацетат, ангидрид уксусный, ацетилацетон, ацетил хлористый, ацетопропилхлорид, бензин Б95/130, бутан, бутилацетат, бутилпропионат, винулацетат, винилиден фтористый, диатол, диизопропиламин, диметиламин, диметилформамид, изопентан, изопрен, изопропиламин, изооктан, кислота пропионовая, метиламин, метилизобутилкетон, метилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсилан, 2-метилтиофен, метилфуран, моноизобутиламин, метилхлорметилдихлорсилан, окись мезитила, пентадиен-1,3, пропиламин, пропилен. Растворители: № 646, 647, 648, 649, РС-2, БЭФ и АЭ. Разбавители: РДВ, РКБ-1, РКБ-2. Спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, этиловый. Трифторпропилметилдихлорсилан, трифторэтилен, трихлорэтилен, изобутил хлористый, этиламин, этилацетат, этилбутират, этилендиамин, этиленхлоргидрин, этилизобутират, этилбензол, циклогексанол, циклогексанон
IIA	T3	Бензины: А-66, А-72, А-76, "галоша", Б-70, экстракционный по ТУ 38.101.303-72, экстракционный по МРТУ12Н-20-63. Бутилметакрилат, гексан, гептан, диизобутиламин, дипропиламин, альдегид изовалериановый, изооктилен, камфен, керосин, морфолин, нефть, эфир петролейный, полиэфир ТГМ-3, пентан, растворитель № 651, скипидар, спирт амиловый, триметиламин, топливо Т-1 и ТС-1, уайт-спирит, циклогексан, циклогексилламин, этилдихлортиофосфат, этилмеркаптан
IIA	T4	Ацетальдегид, альдегид изомасляный, альдегид масляный, альдегид пропионовый, декан, тетраметилдиаминометан, 1,1,3-триэтоксипутан
	T5	-
	T6	-
IIВ	T1	Коксовый газ, синильная кислота
	T2	Дивинил, 4,4-диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан,

		диэтилдихлорсилан, камфорное масло, кислота акриловая, метилакрилат, метилвинилдихлорсилан, нитрил акриловой кислоты, нитроциклогексан, окись пропилена, окись-2-метилбутена-2, окись этилена, растворители АМР-3 и АКР, триметилхлорсилан, формальдегид, фуран, фурфурол, эпихлоргидрин, этилтрихлорсилан, этилен
ПВ	Т3	Акролеин, винилтрихлорсилан, сероводород, тетрагидрофуран, тетраэтоксилан, триэтоксисилан, топливо дизельное, формальг-ликоль, этилдихлорсилан, этилцеллозольв
	Т4	Дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этилен-гликоля
	Т5	-
	Т6	-
ПС	Т1	Водород, водяной газ, светильный газ, водород 75% + азот 25%
	Т2	Ацетилен, метилдихлорсилан
	Т3	Трихлорсилан
	Т4	-
	Т5	Сероуглерод
	Т6	-

Підписано до друку 08.12.18. Формат 60x84/16.
Папір 80 г/м². Друк ризограф. Ум.друк. арк. 4, 1
Тираж 100 прим. Вид. № 09/09. Зам. №
Відділення редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94