

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розробка системи електропостачання
спортивно-оздоровчого комплексу у м. Виноградів**

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи ЕТм-61
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Довжанин О. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мовчан Л. Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 13 » листопада 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Довжанину Олександру Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання спортивно-оздоровчого комплексу у м. Виноградів

Керівник роботи Тарасенко Микола Григорович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 10 » листопада 2023 року № 4/7-1040

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи План будівлі та розміщення обладнання спортивно-оздоровчого комплексу, паспортні дані та технічні характеристики, паспортні дані та технічні характеристики комутаційного та захисного обладнання та розподільчих пристроїв.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Принципова схема ВРП приміщення. Принципова схема ВРП приміщення (продовження).

Принципова схема щита розподільчого сцени. Принципова схема протипожежної установки.

Принципова схема щита обігріву покрівлі. Структурна схема автоматизованої інформаційно-

вимірювальної системи контролю та управління електроенергією. Схема організації системи

зрівнювання потенціалів. План заземлення та блискавкозахисту будівлі. Схема освітлення

спортивно-оздоровчого центру

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		

7. Дата видачі завдання 13 листопада 2023 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.11.2023	
2	Аналітичний розділ	25.11.2023	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	20.11.2023	
4	Проектно-конструкторський розділ	15.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.12.2023	
6	Висновки	15.12.2023	
7	Оформлення пояснювальної записки	20.12.2023	
8	Оформлення графічної частини	20.12.2023	

Студент

_____ (підпис)

Довжанин О. С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тарасенко М. Г.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Довжанин О. С. «Розробка системи електропостачання спортивно-оздоровчого комплексу у м. Виноградів».

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Стор.– 64; рис. - 16; табл. - 2; слайдів - 16; джерел - 22; додатків - 2.

У цій кваліфікаційній роботі виконано розробку та реалізацію проекту системи електропостачання нового спортивно-оздоровчого комплексу, що відповідає сучасним критеріям надійності, електробезпеки, економічності, екологічності, швидкодії, селективності, а також іншим аналогічним критеріям.

Вибрано схему електропостачання, за якою центр отримує живлення від нової одно трансформаторної підстанції. При цьому споживачі, що належать до першої категорії, забезпечуються акумуляторними джерелами безперебійного живлення.

У роботі було проведено розрахунок навантажень для літнього та зимового режимів експлуатації. Вибір автоматичних вимикачів для захисту від струмів короткого замикання. Перетин кабелів живлення та розподільних кабелів і проводів обрані по номінальному струму навантаження, перевірені по втраті напруги та спрацьовування захисного апарату при к.з.

Визначено заходи, спрямовані на економію електричної енергії.

Визначено параметри блискавкозахисту будівлі та здійснено розрахунок опору системи штучного заземлення.

Вибрані провідники як для силових мереж, так і для мереж освітлення та мережі аварійного освітлення. Для освітлення приміщень вибрано світлодіодні світильники. Виконано розрахунок їх необхідної кількості для кожного з приміщень та рівня отриманої освітленості.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕНЬ, ОСВІТЛЕННЯ, ЗАЗЕМЛЕННЯ, ЗАНУЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Вимоги нормативних документів до систем електропостачання спортивних споруд	9
1.2 Методи розрахунку навантажень житлових та громадських будівель	11
1.3 Особливості розрахунку електричних мереж житлових та громадських будівель	14
1.4 Системи автоматизації житлових та громадських будівель	16
1.5 Контроль якості повітря у будівлі.	17
1.6 Висновки до розділу 1	20
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Вибір схеми електропостачання спортивно-дозвільного центру	21
2.2 Розрахунок електричних навантажень	21
2.3 Забезпечення електроприймачів електричною енергією у відповідності до вимог надійності електропостачання та якості електроенергії	26
2.4 Висновки до розділу 2	33
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	35
3.1 Вибір системи обліку та контролю в системі електропостачання спортивно-оздоровчого комплексу	35
3.2 Вибір параметрів системи заземлення (занулення) та блискавкозахисту	38
3.3 Вибір типу, класу провідників та освітлювальної арматури	45
3.4 Розрахунок кількості світильників у системах робочого та аварійного освітлення	48
3.5 Висновки до розділу 3	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
4.1 Основні причини ураження людини електричним струмом	52
4.2 Захисне заземлення та занулення	53

4.3 Класифікація НС в Україні та порядок реагування і ліквідації їх
наслідків

57

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

60

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

62

ВСТУП

Актуальність проблеми. Сучасні спортивні комплекси мають великий потенціал для розвитку і становлять важливі об'єкти спортивної культури в суспільстві. Значення сучасних спортивних комплексів полягає в реалізації комплексних заходів по корекції фігури та процедур для занять спортом і змагань, а також інших аналогічних заходів. Перспективи розвитку сучасних спортивних комплексів полягають в наступних аспектах:

- інноваційні технології. Сучасні спортивні комплекси використовують новіші технології, такі як віртуальна реальність, штучний інтелект для розвитку занять спортом і тренуваннями. Розвиток нових технологій та їх інтеграція в спортивні комплекси представляють собою забезпечення високої якості зайнятості спортом і підвищення рівня інтересу до спорту;

- збільшення розмірів і функціональності. Сучасні спортивні комплекси часто зустрічаються в більш великих і відвідуваних місцях, які дозволяють проводити спортивні види спорту. Такі комплекси включають у себе велику кількість відвідувачів з різними рівнями підготовки та віком;

- екологічні технології. У зв'язку з наявністю великої кількості різноманітних аспектів громадянського спілкування, збільшується їх вплив на навколишнє середовище. Тому сучасні спортивні комплекси повинні бути екологічно стійкими і, за можливості, використовувати екологічно чисті джерела енергії, а також матеріали;

- розвиток соціального функціоналу. Сучасні спортивні комплекси можуть стати місцем для спілкування та соціалізації, де люди можуть зустрічатися, займатися спортом і проводити час у приємній атмосфері. Для цього необхідно розвивати соціальні функції, такий як кафе, ресторани, зони відпочинку та інші послуги;

- збільшення доступності. Сучасні спортивні комплекси повинні бути призначені для всього населення, включаючи людей з обмеженими можливостями, а також дітей. Це може бути досягнуто шляхом створення

спеціально обладнаних об'єктів, а також соціальних програм та послуг для цих груп.

Залежно від індивідуальних особливостей, спортивні комплекси включають:

- басейни для плавання та інших водних видів спорту;
- корти для тенісу, бадмінтону, сквошу;
- майданчики для баскетболу, волейболу, гандболу, футболу, регбі, хокею та інших командних видів спорту;
- зали для занять фітнесом, аеробікою, йогою, пілатесом та іншими видами спорту;
- тренажерні зали та спортивні майданчики для занять на силових тренажерах та іншими аналогічними силовими вправами;
- майданчики для легкої атлетики, скейтбордингу, роликового спорту та екстремальних видів спорту.

Спортивні комплекси включають різні громадські та соціальні об'єкти, такі як кафе, ресторани, магазини, зони відпочинку та інші аналогічні об'єкти, щоб створити комфортне і зручне середовище для занять спортом. Один із таких спортивних комплексів, який планується ввести в експлуатацію, розглянуто у роботі детально.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є розробка та реалізація проекту системи електропостачання нового спортивного комплексу, що має відповідати сучасним критеріям надійності, електробезпеки, економічності, екологічності, швидкодії, селективності, а також іншим аналогічним критеріям.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- навести вихідну характеристику обладнання та мереж спортивного комплексу;
- здійснити безпосереднє проектування системи електропостачання спортивного комплексу з детальним обґрунтуванням прийнятих рішень;
- вибрати систему обліку та контролю електроенергії в електричній

мережі спортивного комплексу.

- вирішення питань організації системи заземлення та блискавкозахисту.

Об'єктом дослідження є електрична мережа спортивного комплексу.

Предмет дослідження – розробка технічних рішень для забезпечення надійного електропостачання спортивного комплексу.

Наукова новизна отриманих результатів.

– Дістало подальший розвиток дослідження та розробка заходів для побудови нової системи електропостачання нового спортивного комплексу.

Практичне значення отриманих результатів. Результатом роботи є розробка, перевірка та реалізація технічних рішень, що дозволяють запровадити якісні заходи щодо проектування схеми електричних з'єднань, а також вибору мереж та електрообладнання у системі електропостачання нового спортивного комплексу.

Апробація.

Основні положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 6-7 грудня 2023 р., на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (22 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 64 сторінки.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вимоги нормативних документів до систем електропостачання спортивних споруд

Системи електропостачання спортивних споруд повинні відповідати вимогам нормативних документів, які визначають необхідні параметри та параметри безпеки, надійності та економічності для цих систем.

Найбільш важливі з цих документів [1-5] включають такі основні положення і вимоги:

1. Потужність електропостачання: вимагається достатня потужність для забезпечення всіх функціональних потреб спортивної споруди, включаючи освітлення, опалення, кондиціонування повітря, електронне обладнання та інші вимоги.

2. Надійність: система електропостачання повинна мати надійність, що означає відсутність перебоїв, збоїв або відключень електропостачання, які можуть вплинути на проведення спортивних заходів або безпеку учасників.

3. Стійкість до навантаження: система електропостачання повинна бути здатною витримувати потужність, яка виникає під час специфічних спортивних подій, таких як концерти, змагання тощо.

4. Безпека: система електропостачання повинна відповідати стандартам безпеки електроустановок, включаючи захист від перенапруги, короткого замикання та інших аварійних ситуацій.

5. Енергоефективність: слід враховувати вимоги до енергоефективності, такі як використання енергозберігаючого освітлення, обладнання та систем керування енергопотоками.

6. Заземлення: система електропостачання повинна бути правильно заземленою, щоб надати захист від струму в разі виникнення непередбачуваних ситуацій.

Вимоги щодо надійності та економічності до систем електропостачання

спортивних комплексів залежать від багатьох факторів, включаючи тип спортивної споруди, кількість обладнання та його потужність, а також кількість відвідувачів.

Однак, деякі загальні вимоги до систем електропостачання у спортивних комплексах можуть бути сформульовані таким чином:

- надійність. Системи електропостачання спортивних комплексів повинні забезпечувати стабільну та надійну роботу електрообладнання, включаючи освітлювальні системи, звукове та відеообладнання та інші пристрої, пов'язані з проведенням спортивних заходів та занять спортом. У разі виникнення аварійних ситуацій, системи електропостачання повинні мати системи автоматичного відключення та аварійного живлення, щоб забезпечити безпеку відвідувачів та персоналу;

- економічність. Системи електропостачання спортивних комплексів мають бути економічними та ефективними з погляду витрат на електроенергію та обслуговування. Це може бути досягнуто через використання енергозберігаючих технологій та матеріалів, таких як LED освітлення, сонячні панелі та інші системи, а також сучасних систем керування та моніторингу споживання електроенергії;

- відповідність нормам та стандартам. Системи електропостачання спортивних комплексів повинні відповідати вимогам норм та стандартів, таких як [1-5] та інших. Це гарантує безпеку та надійність роботи систем електропостачання;

- гнучкість та масштабованість. Системи електропостачання спортивних комплексів повинні бути гнучкими і масштабованими для адаптації до потреб і обсягів роботи, що змінюються. Наприклад, системи повинні мати можливість швидкого збільшення потужності та розширення, щоб забезпечити електропостачання нових об'єктів або пристроїв. Це може включати встановлення додаткового обладнання, зміна схем електропостачання або додаткових джерел електроживлення;

- зручність використання. Системи електропостачання спортивних

комплексів мають бути зручними у використанні та обслуговуванні для персоналу комплексу. Це може включати встановлення сучасних систем управління та моніторингу, забезпечення доступності електроцитів та електронних пристроїв управління, а також забезпечення безпеки при проведенні робіт з обслуговування систем електропостачання;

- відповідність екологічним вимогам. Системи електропостачання спортивних комплексів також повинні відповідати екологічним вимогам, таким як зменшення викидів в атмосферу, зниження витрат на електроенергію та використання відновлюваних джерел енергії.

У системах електропостачання спортивних об'єктів вибір схем визначається, в першу чергу, категорією надійності об'єкта. При цьому можуть використовуватися всі відомі типи схем (радіальна, магістральна або змішана). В цілому, системи електропостачання спортивних комплексів повинні забезпечувати надійну та ефективну роботу електрообладнання, відповідати нормам та стандартам, бути гнучкими та масштабованими, зручними у використанні та обслуговуванні та відповідати екологічним вимогам. Таким чином, наведені відомості мають бути враховані в роботі з метою розробки якісного проекту системи електропостачання спортивного комплексу.

1.2 Методи розрахунку навантажень житлових та громадських будівель

Метою розрахунку електричних навантажень є визначення струмів, що протікають по струмоведучих елементах з точки зору їх допустимості за умов нагрівання елементів. Розрахунок електричних навантажень є визначальним на величину витрат у СЕП житлових та громадських будівель [7].

Проектування електропостачання, що виконується для будь-якого об'єкта, обов'язково містить у собі розрахунок потужності, який покликаний визначити основні електротехнічні параметри установки. Для невеликих житлових будинків та приміщень він виконується досить просто, а ось з великими

будовами необхідно враховувати різні фактори. Розрахунок електричних навантажень громадських будівель рідко здійснюється з урахуванням кожного споживача – така примітивна методика забирає дуже багато часу у відповідального фахівця і не може застосовуватися за можливості подальшої зміни властивостей установки, що формується.

В окремих випадках проектування може здійснюватись виключно із застосуванням нормативних документів державного значення. Єдиний недолік такого способу – необхідність уточнення відповідності отриманих показників фактичним потребам. Проблема полягає в тому, що більшість збірників нормативних показників складалося понад 20 років тому – за цей час розвиток техніки та суспільного життя людей зробило подібні показники неактуальними.

Розрахунок електричних навантажень житлових та громадських будівель проводиться груповим способом – для цього споживачі об'єднуються в однорідні групи, яким надається певне середнє значення енергоспоживання. У збірниках можна знайти основні дані, які використовуються для магазинів, кафе, ресторанів, квартир, приватних будинків, а також громадських будівель [7].

Правильне та обґрунтоване визначення електричних навантажень забезпечує раціональний вибір числа та потужності трансформаторних підстанцій, перерізів проводів та кабелів, електрообладнання.

Коефіцієнти попиту для розрахунку навантажень робочого освітлення мережі живлення та введів громадських будівель приймають за даними [3].

Коефіцієнт попиту для розрахунку групової мережі робочого освітлення, живильних та групових мереж евакуаційного та аварійного освітлення будівель, освітлення вітрин та світлової реклами приймають рівним 1.

Коефіцієнти попиту для розрахунку електричних навантажень ліній, що живлять освітлення в залах, клубах та спорткомплексах, приймають рівними 0.35 для регульованого освітлення 0.2 - для нерегульованого.

Розрахункове електричне навантаження ліній, що живлять розетки, P_{pp} визначають за формулою, kBm :

$$P_{pp} = k_{np} \cdot P_{ep} \cdot n_p,$$

де k_{np} – розрахунковий коефіцієнт попиту;

$P_{вр}$ – встановлена потужність розетки;

n_p – число розеток.

При змішаному живленні загального освітлення та розеткової мережі розрахункове навантаження P_{pz} визначають за формулою, $кВт$:

$$P_{pz} = P'_{pz} + P_{pp}$$

де P'_{pz} – розрахункове навантаження ліній загального освітлення, $кВт$;

P_{pp} – розрахункове навантаження розеткової мережі, $кВт$.

Розрахункове навантаження силових ліній живлення і вводів P_p визначають за формулою, $кВт$:

$$P_{pc} = k_{np} \cdot P_{вст},$$

де k_{np} – розрахунковий коефіцієнт попиту;

$P_{вст}$ – встановлена потужність електроприймачів (крім протипожежних пристроїв та резервних), $кВт$.

Коефіцієнти попиту розрахунку навантаження вводів, ліній живлення і розподільних ліній силових електричних мереж громадських будівель визначають за таблицями [3].

Розрахункове навантаження ліній живлення та вводів у робочому та аварійному режимах при спільному живленні силових електроприймачів та освітлення P_p визначають за формулою, $кВт$:

$$P_p = k \cdot (P_{po} + P_{pz} + P_{pxo})$$

де k – коефіцієнт, що враховує розбіжність розрахункових максимумів навантажень [14];

P_{po} – розрахункове навантаження освітлення, $кВт$;

P_{pz} – розрахункове навантаження силових електроприймачів без холодильних машин, $кВт$;

P_{rho} – розрахункове навантаження холодильного обладнання, kW [8].

1.3 Особливості розрахунку електричних мереж житлових та громадських будівель

У громадських будинків, у тому числі різних спорткомплексів, є розгалужені мережі електропостачання, що прокладаються, як правило, у період виконання прихованих робіт, до завершення чорнового оздоблення.

На кожній відходящій від ВРП лінії живилення встановлюють апарат захисту. Апарат управління може бути загальним для кількох ліній, подібних до призначення та режиму роботи.

Світильники евакуаційного та аварійного освітлення приєднують до мережі незалежної від мережі робочого освітлення, починаючи від щита ТП або від ВРУ. Так, наприклад, при двотрансформаторній ТП робоче, евакуаційне та аварійне освітлення приєднують до різних трансформаторів. Силові розподільчі пункти, щити і щитки мають, як правило, на тих же поверхах, де знаходяться електроприймачі. Силові електроприймачі, що приєднуються до розподільних пунктів, щитів та щитків, групують з урахуванням їхнього технологічного призначення.

Електроприймачі невеликої, але рівної або близької за значенням встановленої потужності з'єднують у "ланцюжок", що забезпечує економію проводів та кабелів, а також зменшення кількості апаратів захисту на розподільчих пунктах [8].

Групові розподільні щитки освітлювальної мережі за архітектурними умовами розташовують на коридорах і т.п.

Групові лінії, що відходять від щитків, можуть бути: однофазними (фаза + нуль); двофазними (дві фази + нуль); трифазними (три фази + нуль).

Перевагу слід віддавати трифазним чотирипровідним груповим лініям, що забезпечують втричі велике навантаження та в шість разів меншу втрату напруги порівняно з однофазними груповими лініями.

Існують норми щодо влаштування групових освітлювальних мереж.

Розподіл навантажень між фазами мережі освітлення має бути рівномірним. Це відноситься до групових ліній освітлення сходів, поверхових коридорів, холів тощо. З метою економії електроенергії в приміщеннях з бічним природним освітленням передбачають автоматичне відключення світильників рядами, паралельними вікнам, в залежності від необхідної освітленості.

Відповідно до [3] згаданого вище документа категорія електроприймачів щодо надійності електропостачання спорт комплексів залежить від кількості працівників у будівлі. Якщо це невеликі будівлі, де кількість персоналу не перевищує 50 осіб, то будівля відноситься до III категорії, якщо понад 50 осіб – то до II категорії, за умови, що кількість людей не перевищує 2 тис осіб, а сама будівля – до 16 поверхів. В іншому випадку це вже буде I категорія електропостачання електроприймачів будівлі. Цей документ, зокрема, регламентує всі основні положення та особливості електропостачання, властиві будинкам культури та розважальним центрам.

Глава 7.1 ПУЕ [1] регламентує крім усього іншого, електроустановки спорт комплексів, особливості живлення та розподілу електричної енергії. Потрібно, щоб силові та освітлювальні мережі мали, як правило, роздільне живлення: розеткові мережі – від силових пунктів, світильники – від освітлювальних щитків. При цьому необхідно прагнути найбільш рівномірного розподілу однофазних навантажень по всіх трьох фазах, враховуючи сумарні моменти навантажень, для компенсації несиметрії. Протиріч між ПУЕ та зазначеним вище ДБН немає, і частково ці документи запозичували один у одного нормативні матеріали.

Слід зазначити, що під час використання та проектування електротехнічних пристроїв спорт комплексів потрібне використання ДБН В.2.5-23:2010 [3], що регламентує монтаж та налагодження зазначених пристроїв, у тому числі апаратів захисту, освітлення, кабельнопровідникової продукції тощо. Для проектування штучного освітлення будівель спорт комплексів та розважальних центрів потрібне дотримання норм, зазначених у ДБН В.2.5-28:2018 [93], з урахуванням норм освітленості та розряду зорових

робіт для кожного окремо взятого приміщення та геометрії приміщень. При цьому проектні рішення, що приймаються, повинні узгоджуватися також з ДБН В.2.5-23:2010 [3], що регламентує освітлення робочих місць, способи вимірювання освітленості тощо.

1.4 Системи автоматизації житлових та громадських будівель

З погляду роботи інженерного обладнання та автоматизації інженерних систем в аспекті безпеки є сенс розглядати інженерну безпеку будівель. З погляду систем автоматизації ці питання можна віднести до питань технологічної безпеки.

Апаратні засоби промислових та цивільних об'єктів.

Існує дві лінійки обладнання (апаратних засобів системи автоматизації) - це промислова автоматика та обладнання, призначене для використання у житлових та громадських будівлях (у цивільному будівництві). У деяких ситуаціях ці лінійки обладнання можуть перетинатися і промислове обладнання можна використовувати на цивільних об'єктах. Це з тим, що у промисловому будівництві до устаткування пред'являється сукупність набагато більших специфічних вимог, що з надійністю, з резервуванням процесів.

Таке обладнання може, наприклад, виконуватись із подвійним резервуванням джерел живлення, процесорів. Підвищені вимоги пред'являються до швидкості передачі. Всі інформаційні канали дублюються, логіка роботи системи заснована на аналізі не одного, а кількох датчиків, при цьому, в залежності від реалізації системи, реакція на вплив, що обурює, може бути різною в залежності від того, отримано сигнал від одного або декількох дубльованих датчиків, і т. д. Найчастіше жорсткіші вимоги пред'являються на час реакції системи.

Крім того, обладнання для промислової автоматики набагато різноманітніше за своїм складом. До лінійки промислового обладнання входять датчики будь-яких можливих типів. Устаткування може постачатися у

вибухобезпечному виконанні, що означає, наприклад, що робота самого датчика не повинна бути причиною виникнення загрози.

Вказані обставини зумовлюють вищу вартість лінійки обладнання промислової автоматики порівняно з вартістю обладнання, призначеного для використання на цивільних об'єктах. Найчастіше вартість устаткування відрізняється значно. Проте у разі виникнення будь-яких специфічних вимог до системи автоматизації житлового чи громадського будинку необхідні функції можуть бути реалізовані за допомогою устаткування промислової лінійки.

1.5 Контроль якості повітря у будівлі.

Найважливішою функцією системи технологічної безпеки будівлі є забезпечення безпечного перебування людей у будівлі, у тому числі для спортивно-оздоровчих комплексів. Останнім часом, у зв'язку з будівництвом нових спортивно-оздоровчих комплексів будівель, ця тема набуває особливої актуальності. Нові спортивно-оздоровчі комплекси високого класу мають на увазі автоматизацію, спрямовану на контроль якості повітря.

Тут можна розглянути так звані датчики якості повітря. Такі датчики випускаються різними виробниками. Датчики можна розділити на дві категорії: спрямовані на контроль забрудненості повітря, а саме наявності пилових частинок (наприклад, від килимових покриттів, паперовий пил, звичайний побутовий пил) і контролюючі сукупність газових домішок у повітрі (CO , метан, NOx). Таким чином, для контролю забруднень в приміщенні, що обслуговується, потрібно встановити три-чотири різних датчика. Це подорожчає системи (оскільки будь-яке периферійне обладнання такого рівня, як правило, активне, потребує незалежного додаткового електроживлення).

Приклад датчика якості повітря наведено на рис. 1.1. Цей датчик встановлюється в житловій кімнаті або в офісі і дозволяє контролювати вміст тютюнового диму, запахів та цілого ряду газів у повітрі приміщення (монооксиду вуглецю-чадного газу, водню, аміаку, метану тощо). Чутливість

датчика (залежність рівня вихідного сигналу від концентрації різних агентів) наведено на рис. 1.2. Приклад режиму роботи датчика в приміщенні об'ємом 336 м³, в якому знаходяться від одного до трьох осіб показаний на рис.16.



Рисунок 1.1 – Датчик якості повітря

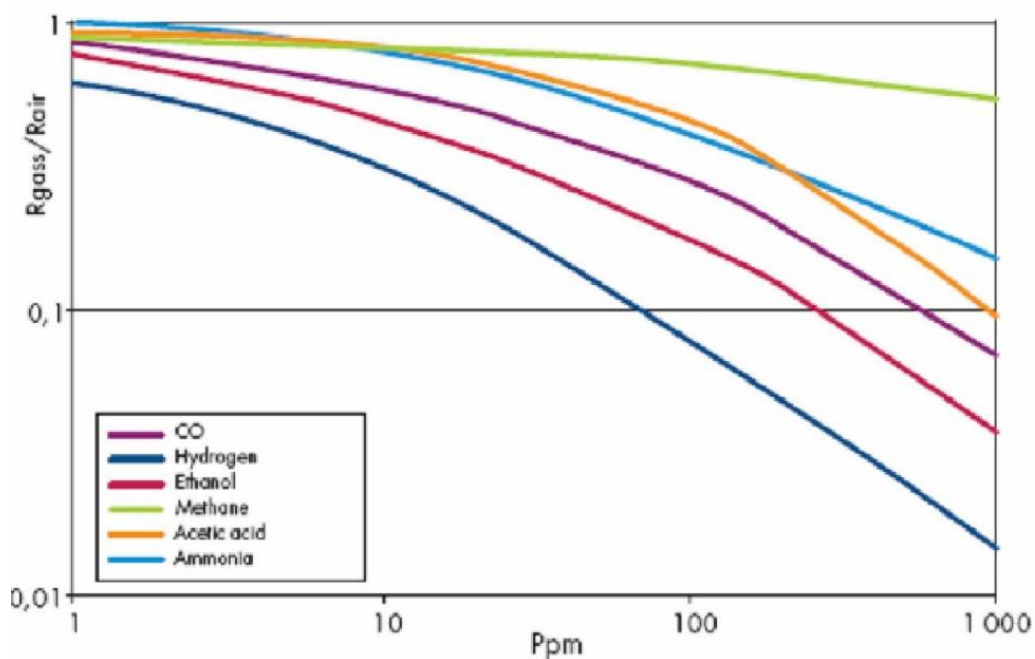


Рисунок 1.2 – Чутливість датчика якості повітря

Ряд систем, спрямованих на підтримку параметрів мікроклімату в приміщеннях, передбачають регулювання вентиляції в залежності від концентрації діоксиду вуглецю (вуглекислого газу, CO₂) у повітрі приміщення,

що обслуговується.

Такий спосіб контролю якості повітря часто застосовується і на промислових підприємствах, у яких технологічні процеси пов'язані з бродінням, зокрема, у хлібопекарнях, пивоварнях і т.д.

За сигналами від датчиків система вентиляції забезпечує у приміщеннях додатковий (підвищений) повітрообмін для асиміляції забруднень. У звичайному режимі забезпечується підтримка повітрообміну в приміщенні на певному рівні, при цьому повітря припливу підігрівається або охолоджується до необхідної температури. У разі перевищення концентрації використовується режим так званого екстреного провітрювання - інтенсивна подача до приміщення зовнішнього повітря у великих обсягах. В цьому випадку температура припливного повітря, як правило, не контролюється і про створення комфортних умов не йдеться, оскільки головне завдання - максимально швидко знизити концентрацію шкідливостей до допустимого рівня.

Крім датчиків, що контролюють наявність забруднень у повітрі приміщень, можуть бути використані датчики, що безпосередньо контролюють наявність забруднень у припливному (зовнішньому) повітрі. Такі датчики мають спеціальне виконання та встановлюються у припливних системах вентиляції та кондиціонування повітря.

Найчастіше забір зовнішнього повітря складає рівні першого чи другого поверху. Це може бути повітрозабірна шахта, що знаходиться безпосередньо на фасаді, або на невеликому віддаленні від меж будівлі. Розташування повітрозабірного пристрою на висоті декількох метрів від рівня землі допускає можливість впливу на системи кліматизації - або з хуліганських спонукань (наприклад, підкидання в повітрозабірний пристрій кустарної димової шашки, розпилення сльозогінного газу з балончика), або як акт тероризму, що загрожує життю людей (наприклад, занесення в повітрозабірний пристрій (патогенних організмів).

1.6 Висновки до розділу 1

У роботі проведено аналіз основних вимог до систем електропостачання спортивних об'єктів.

Наведені відомості мають бути враховані в роботі з метою розробки якісного проекту системи електропостачання спортивного комплексу.

Здійснено аналіз методів розрахунку навантажень житлових та громадських будівель

Наведено особливості розрахунку електричних мереж житлових та громадських будівель.

Проектування та експлуатація систем електропостачання громадських будівель після їх впровадження на практиці – завдання багатофункціональне та трудомістке. Ця сфера постійно вдосконалюється та ускладнюється через появу нових технологій та обладнання. Вимоги до якості електричної енергії та надійності електропостачання також підвищуються. Для вирішення поставлених завдань у цій сфері необхідне застосування обчислювальної техніки, а також високий професіоналізм.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір схеми електропостачання спортивно-дозвільного центру

Відно-розподільний пристрій (ВРП) об'єкта, що підключається одним кабельним вводом до нової $ТП-10/0,4\text{кВ}$, це рішення відповідає третій категорії надійності електропостачання. Резервне живлення пристроїв охоронної та пожежної сигналізації, аварійного освітлення передбачено від автономних акумуляторних джерел (ДБЖ).

Електропостачання об'єкта здійснюється кабельним вводом, що виконується кабелем марки АПвББШп 4×25 і прокладається від нової $ТП-10/0,4$ до проєктованого ВРП у землі і далі в трубі через фундамент будівлі.

Комерційний облік електроенергії здійснюється трифазним лічильником електроенергії, що встановлюється у точці підключення.

Від ВРП прокладаються кабельні лінії $0,4\text{кВ}$ до розподільних щитів та інших шаф управління електроприймачами.

Прокладання магістральних розподільних мереж, а також групових мереж освітлення та силового електрообладнання виконується в ПВХ трубах, які прокладаються як за підвісними стелями, так і приховано із зашивкою гіпсокартоном, залежно від умов прокладання та типу приміщень. Вся проводка виконується змінною.

У технічних приміщеннях проводка виконується у металевому лотку.

2.2 Розрахунок електричних навантажень

Величина розрахункового максимального навантаження – $62,4\text{кВт}$, у тому числі силове електрообладнання – $60,7\text{кВт}$, електроосвітлення – $1,84\text{кВт}$.

Основними споживачами електроенергії є: обладнання теплового вузла, вентиляційне обладнання, кондиціонування, мережа розетки загального призначення, робоче освітлення, аварійне освітлення, обігрів водостоків.

Розрахунок електричних навантажень виконано за питомими показниками та розрахунковими коефіцієнтами, наведеними у ДБН [10]:

Розрахункове навантаження силових ліній живлення і вводів $P_{p.p.}$, слід визначати за формулою:

$$P_{p.p.} = K_{c.p.} \cdot P_{в.p.} \cdot n,$$

де $K_{c.p.}$ – розрахунковий коефіцієнт попиту;

$P_{в.p.}$ – встановлена потужність розетки, що приймається 0,06 кВт (у тому числа для підключення оргтехніки);

n – число розеток.

При змішаному живленні загального освітлення та розеткової мережі розрахункове навантаження $P_{p.o.}$ слід визначати за формулою:

$$P_{p.o.} = P'_{p.o.} + P_{p.p.}$$

де $P'_{p.o.}$ – розрахункове навантаження ліній загального освітлення;

$P_{p.p.}$ – розрахункове навантаження розеткової мережі.

Розрахункове навантаження силових ліній живлення і вводів $P_{p.c.}$, слід визначати за формулою:

$$P_{p.c.} = K_c \cdot P_{в.c.}$$

де K_c – розрахунковий коефіцієнт попиту;

$P_{в.c.}$ – встановлена потужність електроприймачів (крім протипожежних пристроїв та резервних).

Розрахункове електричне навантаження живильних ліній та вводів у робочому та аварійному режимах при спільному живленні силових електроприймачів та освітлення P_p , слід визначати за формулою:

$$P_p = K \cdot (P_{p.o.} + P_{p.c.} + K_1 \cdot P_{p.x.c.})$$

де K – коефіцієнт, що враховує розбіжність розрахункових максимумів навантажень силових електроприймачів, включаючи холодильне обладнання та освітлення;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від відношення розрахункового електричного навантаження освітлення до навантаження холодильного обладнання холодильної станції;

$P_{p.o.}$ – розрахункове електричне навантаження освітлення;

$P_{p.c.}$ – розрахункове електричне навантаження силових електроприймачів без холодильних машин кондиціонування повітря;

$P_{p.x.c.}$ – розрахункове електричне навантаження холодильного обладнання систем кондиціонування повітря.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків потужності спортивно-оздоровчого комплексу для літнього режиму.

Найменування електроприймачів	Встановлена потужність, $P_{вст}$, кВт	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	Коефіцієнт реактивної потужності $tg \varphi$	Коефіцієнт попиту $K_{п}$	Розрахункова активна потужність, $P_{розр}$, кВт	Розрахункова реактивна потужність, $Q_{розр}$, кВт	Розрахунковий струм, А	Розрахункова повна потужність, S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Робоче освітлення 1-Р	0.60	0.95	0.33	0.9	0.54	0.18	0.86	0.57
Робоче освітлення 2-Р	0.25	0.95	0.33	0.9	0.23	0.07	0.36	0.24
Робоче освітлення 3-Р	0.51	0.95	0.33	1.0	0.51	0.17	0.82	0.54
Робоче освітлення 4-Р	0.51	0.95	0.33	1.0	0.51	0.17	0.82	0.54
Робоче освітлення 5-Р	0.10	0.95	0.33	0.5	0.05	0.02	0.08	0.05
Разом освітлення:	1.97	0.95	0.33	0.9	1.84	0.60	2.94	1.93
Розетки р-1.1	0.50	0.92	0.43	0.9	0.45	0.19	0.74	0.49
Розетки р-1.2	0.50	0.92	0.43	0.9	0.45	0.19	0.74	0.49
Розетки р-1.3 (прибиральний інвент.)	2.00	0.92	0.43	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00

продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розетки р-1.4 (прибиральний інвент.)	2.00	0.92	0.43	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Розетки р-1.5	0.50	0.92	0.43	0.9	0.45	0.19	0.74	0.49
Всього розеточна мережа	5.50	0.92	0.43	0.2	1.35	0.58	2.23	1.47
Вентсистема ПВ-1	2.20	0.90	0.48	0.8	1.65	0.80	2.79	1.83
Підігрів ПВ-1	17.00	0.98	0.20	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Вентсистема В-2	0.07	0.90	0.48	0.8	0.06	0.03	0.10	0.06
Кондиціонер К-1	1.71	0.90	0.48	0.8	1.37	0.66	2.31	1.52
Кондиціонер К-2	3.37	0.90	0.48	0.8	2.70	1.31	4.56	3.00
Теплова завіса	9.22	0.98	0.20	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Обігрів покрівлі	5.20	0.98	0.20	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Котел опалювальний	15.00	0.98	0.20	0.2	3.00	0.61	4.66	3.06
Автоматика	0.50	0.95	0.33	1.0	0.50	0.16	0.80	0.53
Дренажний насос	0.50	0.92	0.43	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Бойлер	3.00	0.98	0.20	0.6	1.80	0.37	2.79	1.84
Конвектор у щитовій	0.50	0.98	0.20	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Шафа телекомунікаційна	1.00	0.94	0.36	1.0	1.00	0.36	1.62	1.06
Освітлення сцени	3.00	0.95	0.33	0.6	1.80	0.59	2.88	1.89
Привід завіси	0.50	0.90	0.48	0.2	0.10	0.05	0.17	0.11
Розетки р-1	0.50	0.92	0.43	0.5	0.25	0.11	0.41	0.27
Розетки р-2	1.50	0.92	0.43	0.5	0.75	0.32	1.24	0.82
Розетки р-3	2.50	0.92	0.43	0.2	0.50	0.21	0.83	0.54
Розетки р-4	3.50	0.92	0.43	0.2	0.70	0.30	1.16	0.76
Разом обладнання сцени	11.50	0.93	0.38	0.4	4.10	1.58	6.68	4.39
Разом по 3й категорії:	78.24	0.94	0.36	0.2	19.36	7.05	31.34	20.60
Аварійне освітлення 1-А	0.16	0.95	0.33	1.0	0.16	0.05	0.26	0.17
Аварійне освітлення 2-А	0.07	0.95	0.33	1.0	0.07	0.02	0.11	0.07
Аварійне освітлення 3-А	0.05	0.95	0.33	1.0	0.05	0.02	0.08	0.05
Резервна лінія	0.05	0.95	0.33	1.0	0.05	0.02	0.08	0.05
ДБЖ	0.05	0.95	0.33	1.0	0.05	0.02	0.08	0.05
Разом протипожежна	0.38	0.95	0.33	1.0	0.38	0.12	0.61	0.40
Допоміжна будівля (резерв)	20.00	0.94	0.36	0.8	15.00	5.44	24.27	15.96

Результати розрахунків потужності спортивно-оздоровчого центру для зимового режиму роботи наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків потужності спортивно-оздоровчого комплексу для зимового режиму

Найменування електроприймачів	Встановлена потужність, $P_{\text{вст}}$, кВт	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	Коефіцієнт реактивної потужності $\text{tg } \varphi$	Коефіцієнт попиту $K_{\text{п}}$	Розрахункова активна потужність, $P_{\text{розр}}$, кВт	Розрахункова реактивна потужність, $Q_{\text{розр}}$, кВт	Розрахунковий струм, А	Розрахункова повна потужність, $S_{\text{р}}$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Робоче освітлення 1-Р	0.60	0.95	0.33	0.9	0.54	0.18	0.86	0.57
Робоче освітлення 2-Р	0.25	0.95	0.33	0.9	0.23	0.07	0.36	0.24
Робоче освітлення 3-Р	0.51	0.95	0.33	1.0	0.51	0.17	0.82	0.54
Робоче освітлення 4-Р	0.51	0.95	0.33	1.0	0.51	0.17	0.82	0.54
Робоче освітлення 5-Р	0.10	0.95	0.33	0.5	0.05	0.02	0.08	0.05
Разом освітлення:	1.97	0.95	0.33	0.9	1.84	0.60	2.94	1.93
Розетки р-1.1	0.50	0.92	0.43	0.9	0.45	0.19	0.74	0.49
Розетки р-1.2	0.50	0.92	0.43	0.9	0.45	0.19	0.74	0.49
Розетки р-1.3 (прибиральний інвент.)	2.00	0.92	0.43	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Розетки р-1.4 (прибиральний інвент.)	2.00	0.92	0.43	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Розетки р-1.5	0.50	0.92	0.43	0.9	0.45	0.19	0.74	0.49
Всього розеточна мережа	5.50	0.92	0.43	0.2	1.35	0.58	2.23	1.47
Вентсистема ПВ-1	2.20	0.90	0.48	0.8	1.65	0.80	2.79	1.83
Підігрів ПВ-1	17.00	0.98	0.20	0.7	12.24	2.49	19.00	12.49
Вентсистема В-2	0.07	0.90	0.48	0.8	0.06	0.03	0.10	0.06
Кондиціонер К-1	2.20	0.90	0.48	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Кондиціонер К-2	3.70	0.90	0.48	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Теплова завіса	9.22	0.98	0.20	0.8	7.38	1.50	11.45	7.53
Обігрів покрівлі	5.20	0.98	0.20	0.8	3.95	0.80	6.13	4.03

продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Котел опалювальний	15.00	0.98	0.20	0.7	10.79	2.19	16.74	11.01
Автоматика	0.50	0.95	0.33	1.0	0.50	0.16	0.80	0.53
Дренажний насос	0.50	0.92	0.43	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Бойлер	3.00	0.98	0.20	0.6	1.80	0.37	2.79	1.84
Конвектор у щитовій	0.50	0.98	0.20	0.8	0.40	0.08	0.62	0.41
Шафа телекомунікаційна	1.00	0.94	0.36	1.0	1.00	0.36	1.62	1.06
Освітлення сцени	3.00	0.95	0.33	0.6	1.80	0.59	2.88	1.89
Привід завіси	0.50	0.90	0.48	0.2	0.10	0.05	0.17	0.11
Розетки р-1	0.50	0.92	0.43	0.5	0.25	0.11	0.41	0.27
Розетки р-2	1.50	0.92	0.43	0.5	0.75	0.32	1.24	0.82
Розетки р-3	2.50	0.92	0.43	0.2	0.50	0.21	0.83	0.54
Розетки р-4	3.50	0.92	0.43	0.2	0.70	0.30	1.16	0.76
Разом обладнання сцени	11.50	0.93	0.38	0.4	4.10	1.58	6.68	4.39
Разом по 3й категорії:	79.06	0.97	0.25	0.6	47.05	11.53	73.68	48.44
Аварійне освітлення 1-А	0.16	0.95	0.33	1.0	0.16	0.05	0.26	0.17
Аварійне освітлення 2-А	0.07	0.95	0.33	1.0	0.07	0.02	0.11	0.07
Аварійне освітлення 3-А	0.05	0.95	0.33	1.0	0.05	0.02	0.08	0.05
Резервна лінія	0.05	0.95	0.33	1.0	0.05	0.02	0.08	0.05
ДБЖ	0.05	0.95	0.33	1.0	0.05	0.02	0.08	0.05
Разом протипожежна	0.38	0.95	0.33	1.0	0.38	0.12	0.61	0.40
Допоміжна будівля (резерв)	20.00	0.94	0.36	0.8	15.00	5.44	24.27	15.96
Разом по об'єкту (ВРУ):	99.44	0.96	0.27	0.63	62.43	17.10	98.46	64.73

2.3 Забезпечення електроприймачів електричною енергією у відповідності до вимог надійності електропостачання та якості електроенергії

Електроприймачами першої категорії надійності електропостачання є: система пожежної сигналізації, охоронної сигналізації, зв'язку, оповіщення під час пожежі, аварійне електроосвітлення. Електроприймачі першої категорії надійності електропостачання не допускають перерви електропостачання на

більший час, ніж час автоматичного відновлення живлення. Вони запитуються через індивідуальні блоки джерел безперебійного живлення відповідної потужності кожного споживача. Для аварійного та евакуаційного освітлення приміщень застосовані світильники із вбудованими акумуляторними батареями, розрахованими на нормований час роботи, та включеними до мережі аварійного освітлення [7].

Електроприймачами третьої категорії надійності є: обладнання тепловузла, системи робочого електроосвітлення, вентиляційне обладнання, кондиціонування, мережа розетки загального призначення.

Для надійності електропостачання електроприймачів та забезпечення якості електроенергії у роботі передбачені такі заходи:

- переріз живильних та розподільчих кабелів і проводів обрані по номінальному струму навантаження, перевірені по втраті напруги та спрацьовування захисного апарату при короткофазному однофазному замиканні.

- вибір апаратів захисту виходячи із встановленої потужності, режимів роботи електроприймачів, а також перевірка на термічну стійкість провідника до впливу струмів КЗ [1]. Апарати захисту обрані з дотриманням нормативного часу відключення [1].

Електропостачання має відповідати вимогам ДСТУ EN 50160:2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2010, IDT).

Компенсація реактивної потужності не передбачається.

У роботі передбачається автоматичне (за сигналом від станції пожежної сигналізації) відключення систем вентиляції повітря та кондиціонування при виявленні пожежі, для чого у розподільчому щиті, від якого запитані системи вентиляції та кондиціонування, передбачається встановлення незалежного розчіплювача [7].

Захист від струмів короткого замикання та надструмів передбачається за допомогою автоматичних вимикачів з тепловими та електромагнітними розчіплювачами у розподільчих та групових мережах 0,4 кВ.

Автоматичні вимикачі вибираються та перевіряються на дотримання низки умов [7].

За умовами нормального режиму роботи:

- за номінальною напругою:

$$U_n \geq U_{нс}$$

- по номінальному струму:

$$I_{нр} \geq I_{ра}$$

Вибір вимикача по найбільшій вимикаючій здатності [7]:

$$I_{вим} \geq I_{КЗ}^{(3)},$$

де $I_{КЗ}^{(3)}$ – періодична складова трифазного струму КЗ.

Вибір виконання розчіплювачів максимального струму. Якщо відповідно до ПУЕ потрібен захист від перевантаження і цей захист не забезпечується іншими пристроями, то автоматичні вимикачі повинні мати розчіплювачі максимального струму із залежною від струму характеристикою.

Будь-який апарат захисту необхідно налаштувати від струмів навантаження, властивих нормальній експлуатації [7].

Визначають струм вставки розчіплювача з незалежною від струму характеристикою:

$$k_{рн} \cdot I_v > k_n \cdot I_{пуск}$$

де I_v – паспортне значення струмів вставки;

$I_{пуск}$ – пусковий струм двигуна;

$k_{рн}$ – коефіцієнт розкиду захисної характеристики, що визначається для нижньої межі;

k_n – приймається рівним 1,1 – 1,5 [7].

При важких та тривалих пусках необхідно для кількох точок перевірити умову [7]:

$$t_i > t_{ni}$$

де t_i – час спрацьовування розчіплювача із зворотною залежною від струму характеристикою;

t_{ni} – час, що визначається за пусковою характеристикою двигуна [7].

Перевірка за допустимим часом відключення записується у вигляді:

$$t_{сеп} > t_{дон}$$

де $t_{сеп}$ – час спрацьовування розчіплювача;

$t_{дон}$ – допустимий час відключення у відповідність до ПУЕ [1].

Перевірка на термічну та електродинамічну стійкість.

Перевіряючи відповідність допустимого струму провідників і параметрів захисних апаратів, характеристика спрацьовування повинна відповідати двом умовам [7]:

$$I_{ра} \leq I_{нр} \leq I_{дон},$$

$$I_2 \leq 1,45I_{дон},$$

де $I_{ра}$ – розрахунковий струм кола післяаварійного режиму роботи;

$I_{нр}$ – номінальний струм розчіплювача;

$I_{дон}$ – допустимі струм кабелю;

I_2 – струм, що забезпечує надійне спрацьовування пристроїв захисту »[4].

При виконанні захисту від перевантажень та КЗ слід також виконувати вимоги ПУЕ щодо узгодженості провідників та захисних пристроїв.

Перевірка на селективність. Відповідно до ПУЕ захист у низьковольтних мережах має бути селективним.

Тривалодопустимі струми навантаження для кабелів визначені з врахуванням умов прокладання за формулою:

$$I_{\partial\partial} = I_{ном.\partial\partial} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4,$$

де k_1 – поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища;

k_2 – поправочний коефіцієнт на термічний опір ґрунту;

k_3 – поправочний коефіцієнт кількість груп кабелів;

k_4 – поправочний коефіцієнт на спосіб прокладання кабелів.

Перевірка мережі втрати напруги в $KL - 0,4$ виконана за формулою:

$$U = \frac{I_{розр} \cdot L \cdot R_{уд}}{S}$$

де $I_{розр}$ – розрахунковий струм, А;

L – довжина лінії, м;

$R_{уд}$ – питомий опір провідника, Ом / м;

S – переріз дроту, $мм^2$.

Результати вибору автоматичних вимикачів, кабелів для ВРП і відходящих ліній, представлені на рис. 2.1 та 2.2.

На рис. 2.3 наведено результати вибору автоматичних вимикачів та кабелів для щита розподільчого сцени (ЩРСц).

На рис. 2.4 наведено результати вибору автоматичних вимикачів та кабелів для протипожежної установки (ППУ).

На рис. 2.5 наведено результати вибору автоматичних вимикачів та кабелів для щита обігріву покрівлі (ЩОП).

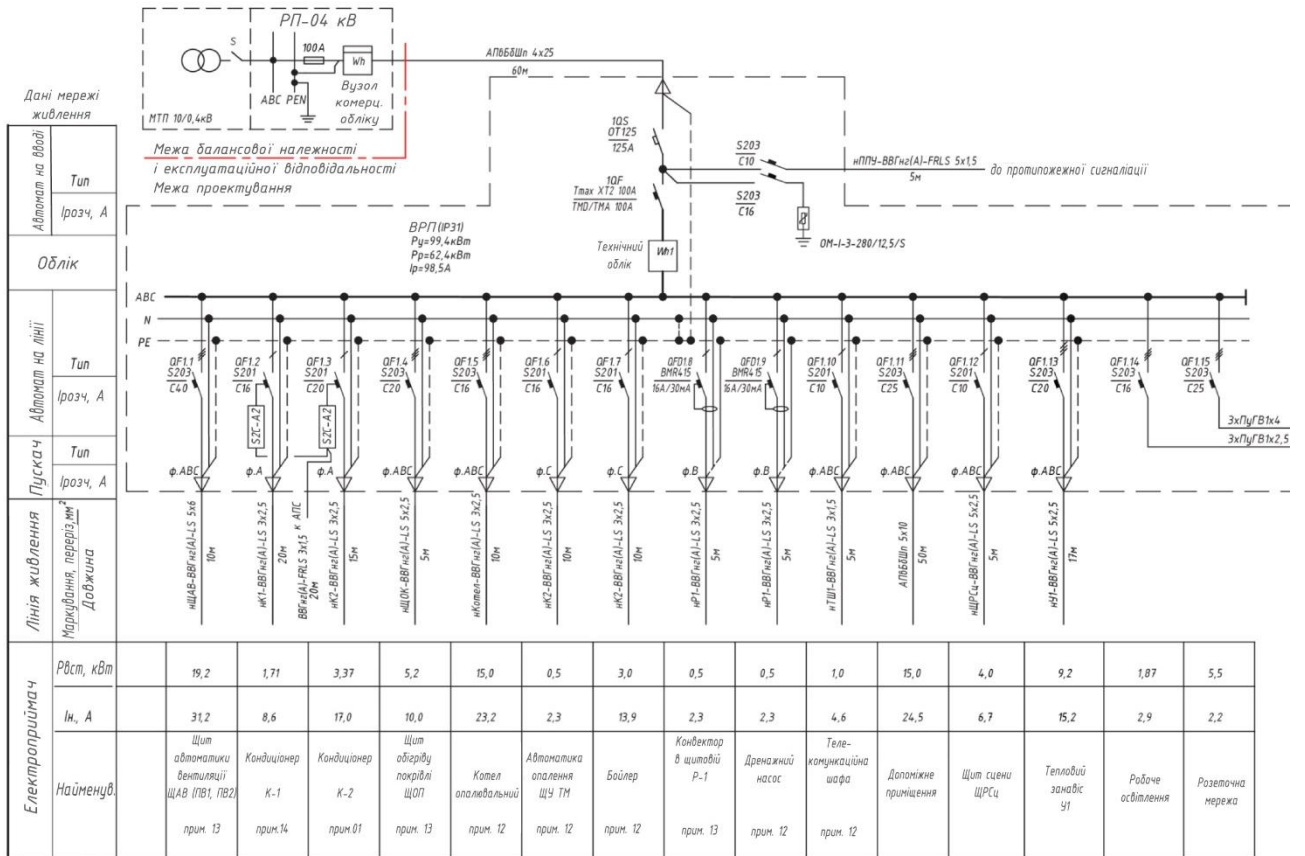


Рисунок 2.1 – Принципова схема ВРП приміщення.

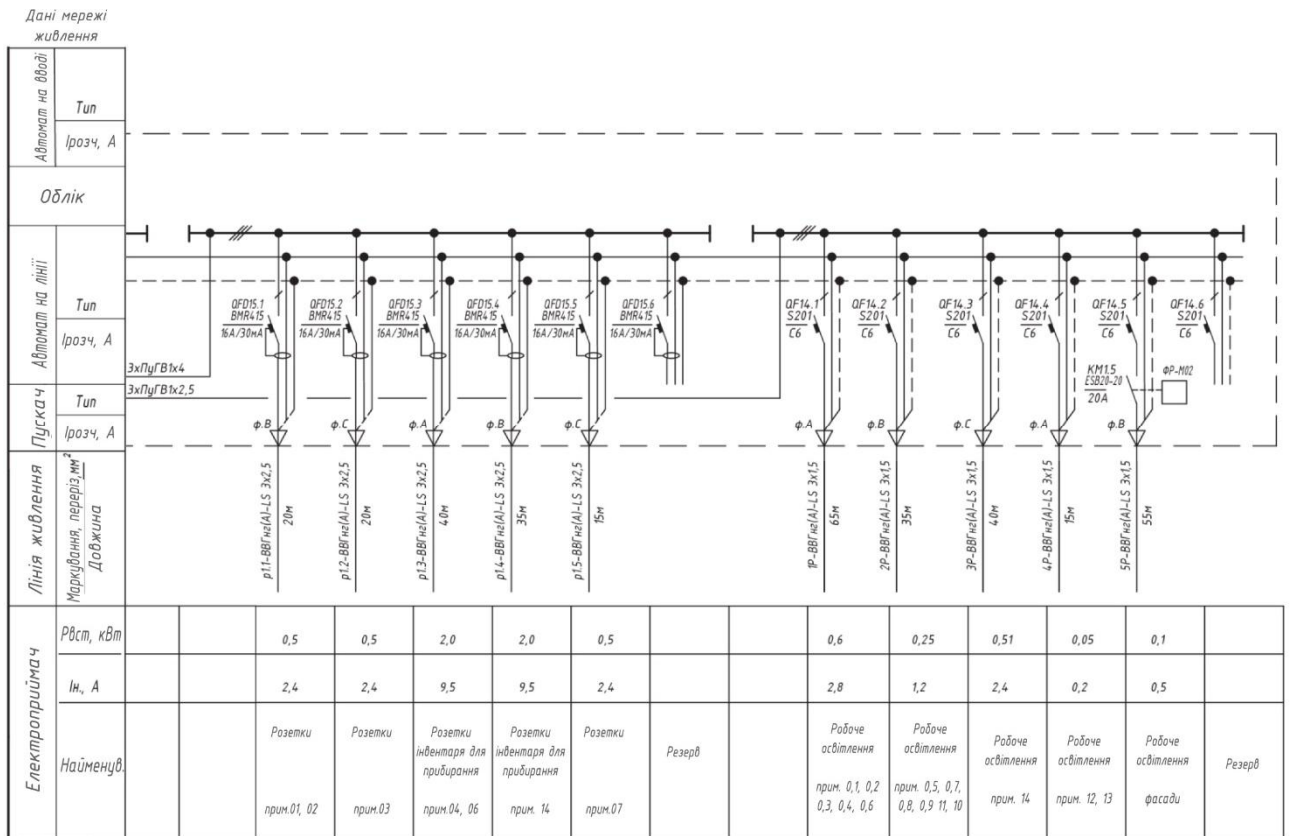


Рисунок 2.2 – Принципова схема ВРП приміщення (продовження).

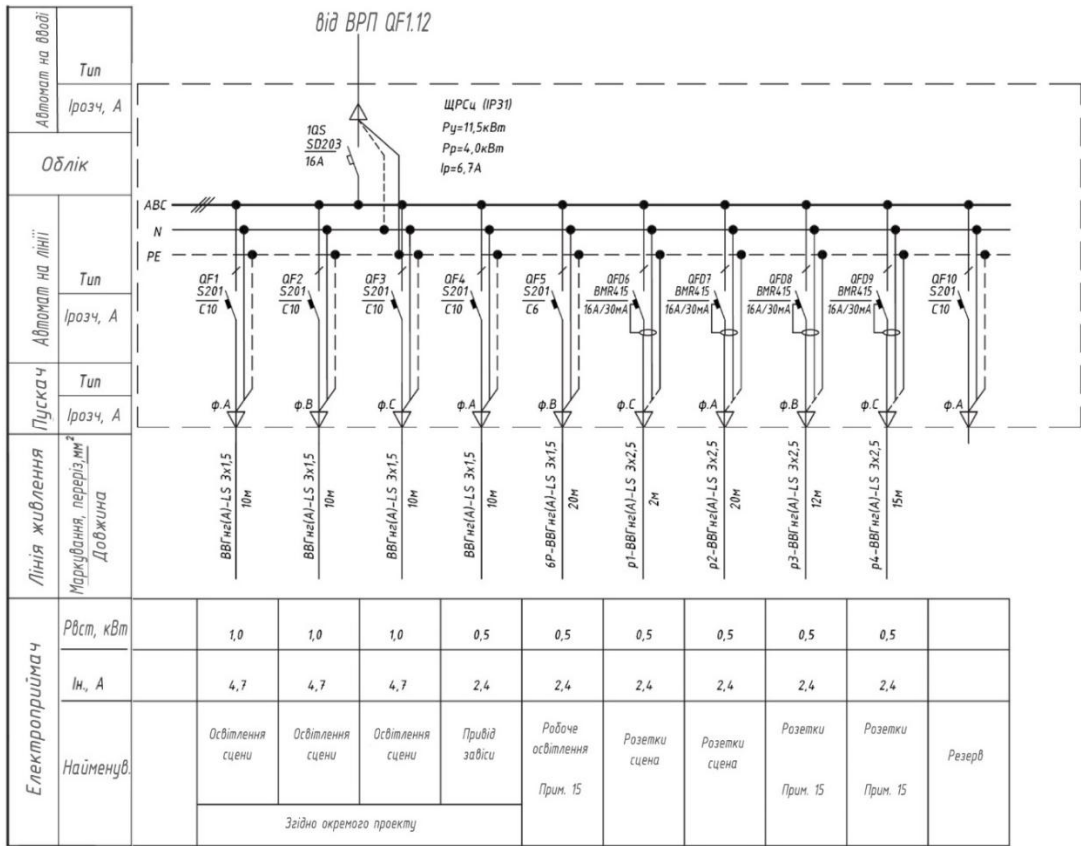


Рисунок 2.3 – Принципова схема ЩРСц.

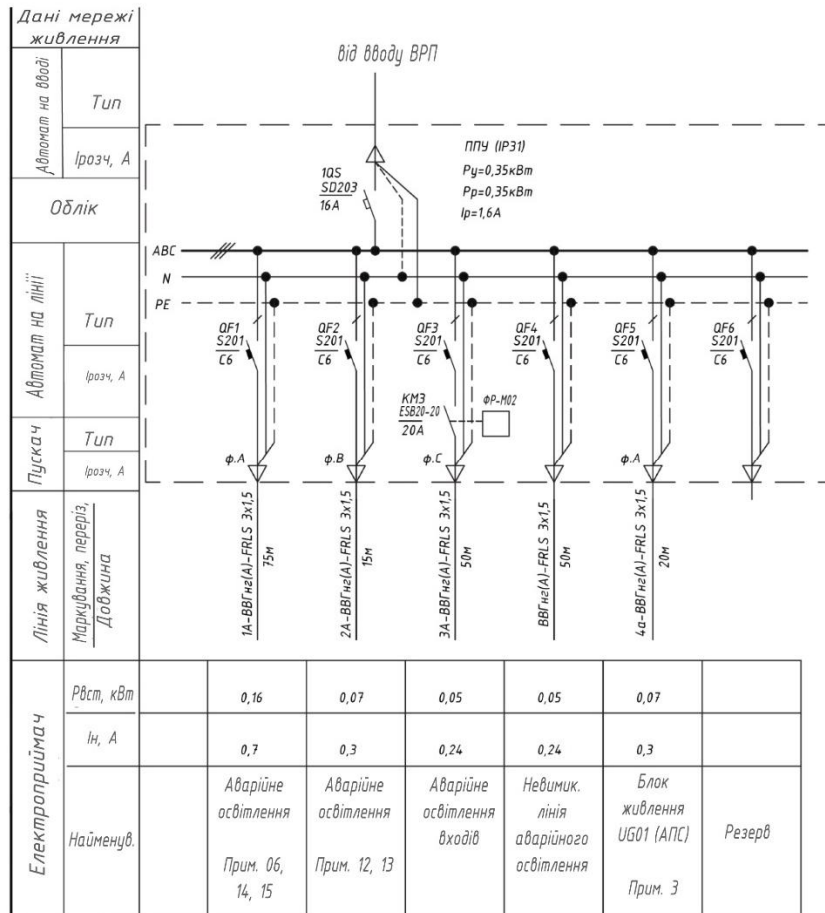


Рисунок 2.4 – Принципова схема ППУ.

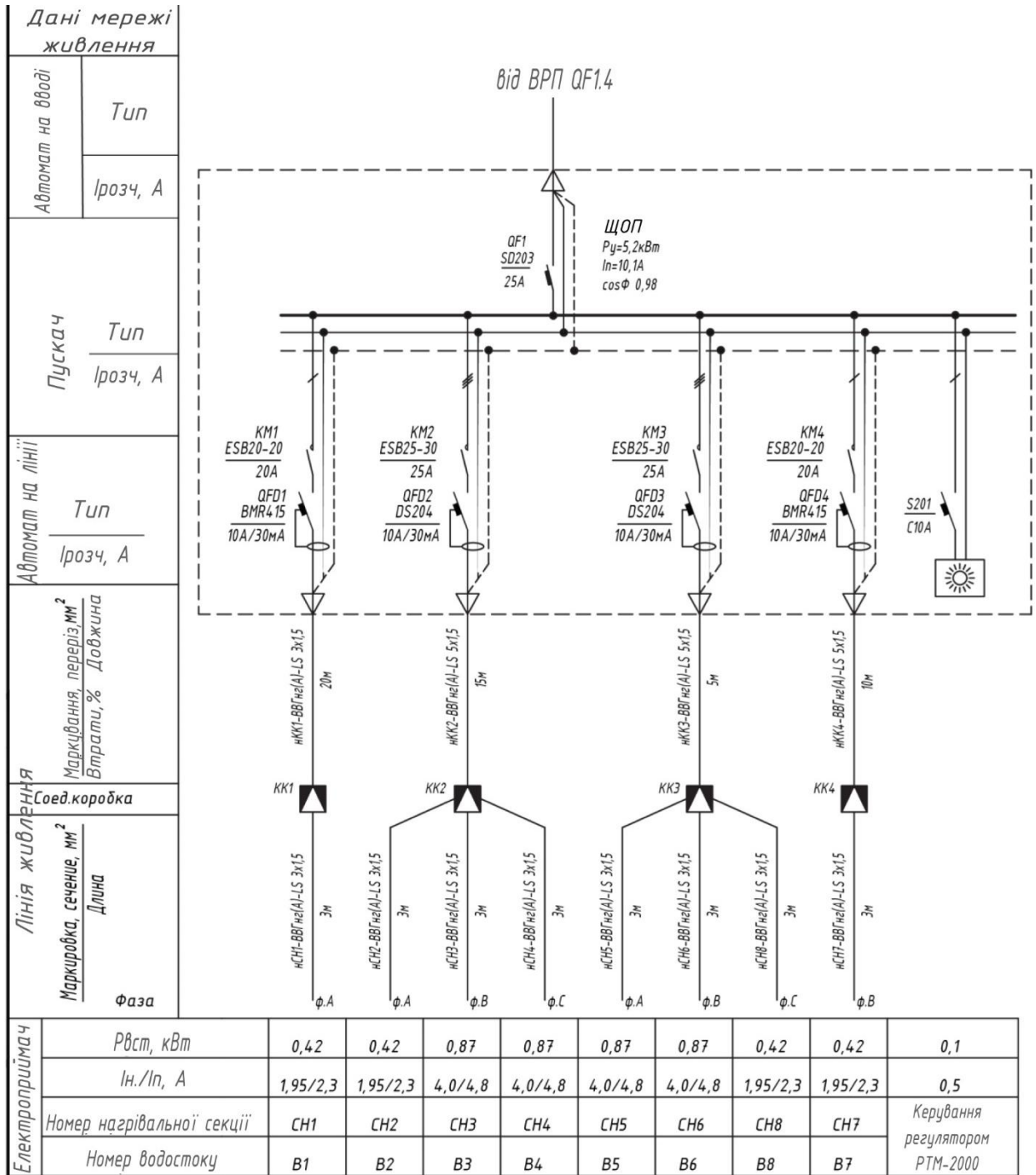


Рисунок 2.5 – Принципова схема ЩОП.

2.4 Висновки до розділу 2

Живлення спортивно-дозвільного центру здійснюється від нової однотрансформаторної ТП-10/0,4кВ за третьою категорією та надійністю електропостачання. Живлення споживачів першої категорії (сигналізація, аварійне висвітлення) здійснюється від акумуляторних джерел безперебійного

живлення. Кабельний ввід виконане кабелем АПвББШп 4×25. Прокладання розподільних мереж здійснюється в ПВХ трубах за підвісною стелею.

За методикою, викладеною в ДБН здійснено визначення розрахункових навантажень для спортивно-оздоровчого центру у літньому та зимовому режимах роботи. Величина розрахункового максимального навантаження склала 62,4 *кВт*, у тому числі для силового електрообладнання – 60,7 *кВт*, електроосвітлення – 1,84 *кВт*.

Захист від струмів короткого замикання та надструмів передбачається за допомогою автоматичних вимикачів з тепловими та електромагнітними розчіплювачами у розподільчих та групових мережах 0,4 *кВ*.

Вибір апаратів захисту здійснено виходячи із встановленої потужності, режимів роботи електроприймачів, також виконано перевірку на термічну стійкість провідника до впливу струмів КЗ (згідно ПУЕ) Апарати захисту обрані з дотриманням нормативного часу відключення.

Перерізи та розподільчих та кабелів живлення, а також проводів обрані по номінальному струму навантаження, перевірені по втраті напруги та спрацьовування захисного апарату при однофазному короткому замиканні.

Для аварійного та евакуаційного освітлення приміщень застосовані світильники із вбудованими акумуляторними батареями, розрахованими на нормований час роботи, та включеними до мережі аварійного освітлення. Передбачено автоматичне вимкнення вентиляції у разі виявлення пожежі.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір системи обліку та контролю в системі електропостачання спортивно-оздоровчого комплексу

Контроль за раціональним використанням електроенергії має здійснюватися відповідальним за електрогосподарство, яке згідно з діючими «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» зобов'язане забезпечити [12]:

- надійну, економічну та безпечну роботу електроустановок;
- розробку та впровадження заходів щодо економії електроенергії;
- систематичне спостереження за графіком навантаження підприємства та вжиття заходів щодо підтримки режиму, встановленого енергосистемою [12].

Для економії електроенергії передбачено:

- застосування світлодіодних світильників для робочого та аварійного освітлення, що економить електроенергію, збільшує термін служби ламп, підвищує світловіддачу;
- постійна підтримка світильників у належній чистоті;
- підтримка номінального рівня напруги за рахунок вибору кабелів живлення з урахуванням втрат напруги;
- рівномірний розподіл навантаження за фазами;
- вибір перерізів кабелів, які відповідають вимогам щодо допустимої втрати напруги [1].

Вузол комерційного обліку передбачається в *РП – 0,4кВ*. Вузол технічного обліку передбачений у ВРП об'єкта

Вибір системи обліку та контролю в системі електропостачання спортивно-оздоровчого комплексу може бути заснований на кількох факторах, таких як бюджет, розмір та складність системи, а також вимоги щодо обліку та контролю.

Одним із найпоширеніших варіантів є система автоматичного обліку електроенергії (АУЕ), яка дозволяє збирати дані про використання електроенергії в режимі реального часу [13].

Така система дозволяє:

- отримати точні дані про використання електроенергії в режимі реального часу, що дозволяє керувати навантаженнями та оптимізувати витрати на електроенергію;
- автоматично визначати споживачів електроенергії, що полегшує процес обліку та контролю;
- надавати детальну інформацію про використання електроенергії, таку як споживання за годинами, днями тижня, місяцями та роками;
- визначати та усувати проблеми з електропостачанням, такі як перевантаження та короткі замикання;
- встановлювати цілі та контролювати їх досягнення щодо енергозбереження та зниження витрат на електроенергію;
- надавати звіти та статистичну інформацію про споживання електроенергії.

Іншим варіантом може бути система керування енергоспоживанням (ЕУП), що дозволяє керувати споживанням електроенергії на основі встановлених параметрів [15].

Така система дозволяє:

- визначити та встановити цілі з енергозбереження;
- підтримувати стабільність у роботі системи електропостачання, особливо під час пікових навантажень;
- визначати та контролювати споживання енергії різними споживачами, такими як освітлення, вентиляція, кондиціонування та інші пристрої;
- надавати звіти та статистичну інформацію про використання електроенергії.

Незалежно від обраної системи необхідно враховувати вимоги законодавства, а також нормативних документів [16].

Як система контролю та обліку електроенергії для застосування в системі електропостачання проєктованого спортивного комплексу, вибирається сучасне рішення у вигляді автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи контролю та управління електроенергією (далі – АІВСКУЕ) [15].

Структурна схема АІВСКУЕ, обрана до застосування у системі електропостачання проєктованого спортивно-оздоровчого комплексу, представлена на рис. 3.1.

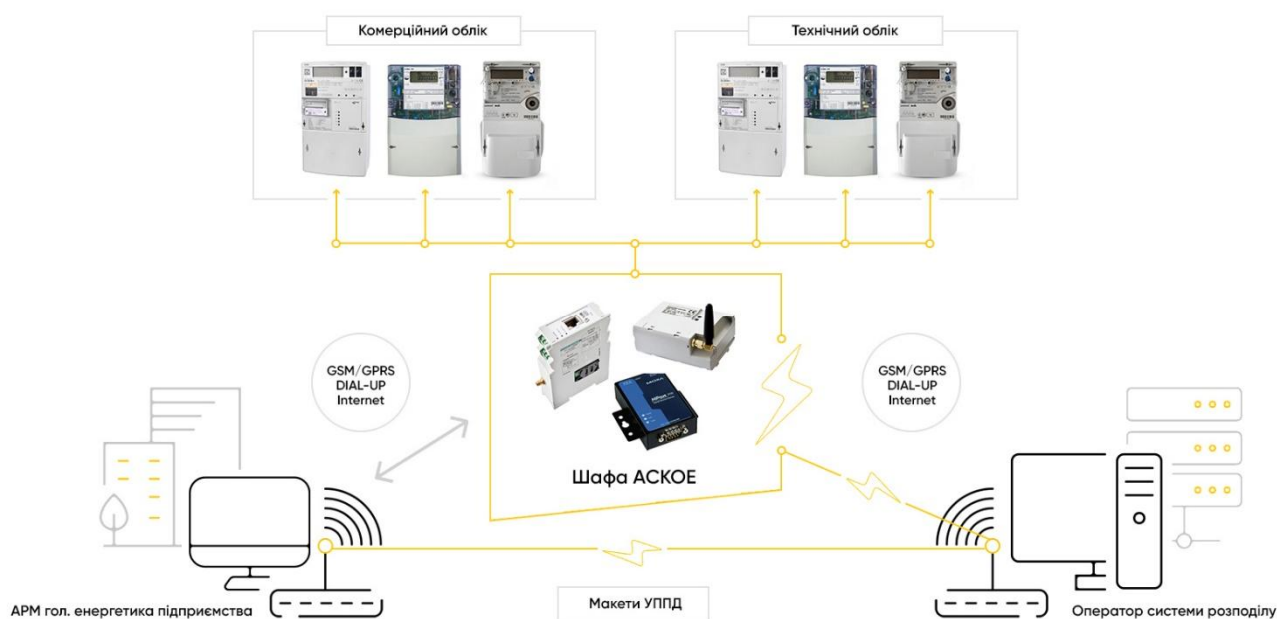


Рисунок 3.1 – Структурна схема АІВСКУЕ.

Відомо, що впровадження АІВСКУЕ є раціональним кроком у вирішенні багатьох проблем, пов'язаних з урахуванням та контролем витрати електроенергії.

Використання сучасних електронних лічильників електроенергії з класом точності від 0,2 до 0,5 дає можливість набагато точніше вести облік електроенергії.

Завдяки АІВСКУЕ споживач може розплачуватись за багатотарифною системою обліку, дає йому можливість більш економити на видатках за енергоресурси.



Рисунок 3.2 Загальний вигляд лічильника NIK 2303.

Таким чином, вибір даного типу АІВСКУЕ, розроблена на основі сучасного швидкодіючого та надійного лічильника NIK 2303 *ARP6T.1802.MC.11* 5(80)A 3Ф багатотарифний з реле та PLC, можна рекомендувати до застосування в системі електропостачання проєктованого спортивно-оздоровчого комплексу.

3.2 Вибір параметрів системи заземлення (занулення) та блискавкозахисту

Система заземлення на ввіді у ввідно розподільчий пристрій (ВРП) – Т-N-CS.

Проектований ВРП, що встановлюється в приміщенні електрощитової, заземлити шляхом приєднання його до контуру заземлення [17].

Всі подальші мережі виконуються 5- та 3-х жильними кабелями.

Для захисту людей від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції на об'єкті застосовані такі захисні заходи:

- заземлення;
- захисне заземлення;
- вирівнювання потенціалів.

На рис. 3.3 наведено схему організації системи зрівнювання потенціалів [17].

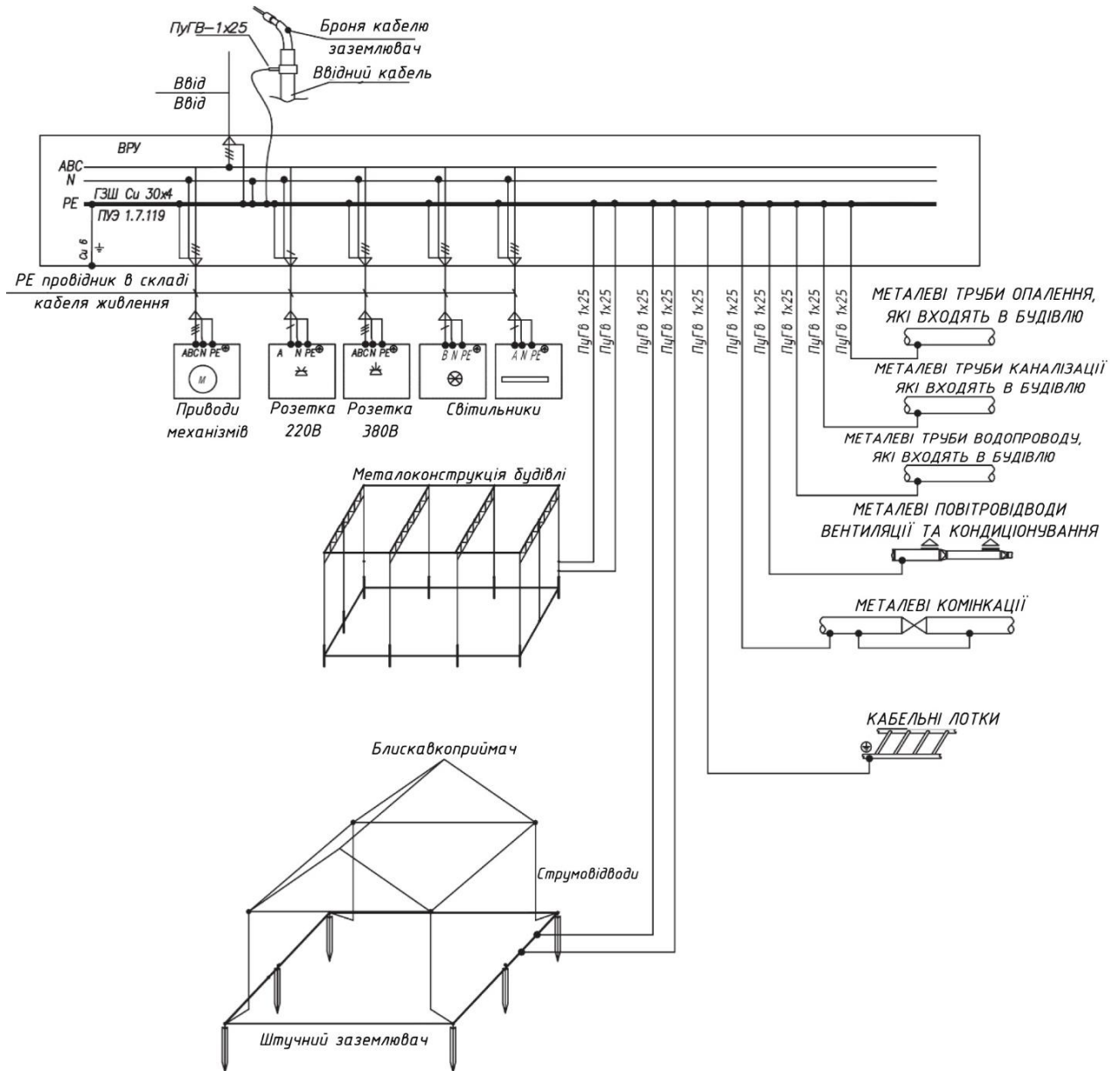


Рисунок 3.3 – Схема організації системи зрівнювання потенціалів

При влаштуванні системи вирівнювання потенціалів [17]:

- Пристрій штучного заземлювача виконати за типовим кресленням «Улаштування заземлювача з кутової та смугової сталі»;

- Траншеї для заземлювачів слід засипати однорідним ґрунтом, що не містить каменів, щебеню будівельного сміття. Засипка повинна проводитися з утрамбуванням ґрунту;
- На коротких ділянках (перетин з підземними комунікаціями) допускається зменшення закладання горизонтального заземлювача до 500 мм з обов'язковим захистом хризотилцементної труби;
- Зварні шви покриваються бітумним лаком для захисту від корозії;
- При необхідності кількість вертикальних електродів може бути збільшена за місцевими умовами [17];
- Основна система зрівнювання потенціалів на введенні з'єднує між собою такі провідні частини:
 - нульовий захисний (РЕ) провідник або РЕ провідник живлячої лінії;
 - заземлюючий провідник, приєднаний до заземлювача повторного заземлення;
 - металеві труби комунікацій, що входять до будівлі
 - металеві частини каркасу будівлі;
 - металеві частини централізованих систем вентиляції та кондиціонування;
- Провідні частини, що входять до будівлі ззовні, повинні бути з'єднані якомога ближче до точки їх входу в будівлю [17];
- Для з'єднання з основною системою зрівнювання потенціалів всі зазначені частини повинні бути приєднані до головної шини заземлення за допомогою провідників основної системи зрівнювання потенціалів;
- Система додаткового зрівнювання потенціалів має з'єднувати між собою:
 - всі одночасно доступні дотику відкриті провідні частини стаціонарного електроустаткування;
 - сторонні провідні частини, включаючи доступні дотику металеві частини будівельних конструкцій будівлі;

- нульові захисні провідники, включаючи захисні провідники штепсельних розеток;
- Для зрівнювання потенціалів можуть бути використані спеціально передбачені провідники або відкриті провідні частини та сторонні провідні частини, якщо вони відповідають вимогам ПУЕ.

Для комплексного захисту людей від ураження електричним струмом на розподільчих щитах передбачається встановлення диференціальних автоматичних вимикачів (ПЗВ) зі струмом витоку 30 мА у всіх мережах, що живлять електроустановки, що підключаються через штепсельні розетки.

У зоні дії ПЗВ нульовий робочий провідник не повинен мати з'єднання із заземленими елементами та нульовим захисним провідником [17].

Контур зовнішнього заземлення (з опором не більше 30 Ом), з'єднаний із системою зрівнювання потенціалів, об'єднати з наступними провідними частинами [17]:

- Основний заземлюючий провідник;
- Основний (магістральний) заземлюючий провідник;
- Сталеві труби комунікацій;
- Металеві частини будівельних конструкцій; (в тому числі, в обов'язковому порядку, металоконструкції підвісної стелі), Заземлення металевих корпусів електрообладнання, технологічного обладнання, монтажних металоконструкцій (напрямні підвісних стель) виконати відгалуженнями, сталлю оцинкованою $d = 16 \text{ мм}$, сталлю смуговим перетином $25 \times 4 \text{ мм}$ або гнучким мідним 6 мм .

У процесі передачі електроенергії необхідно повторно виконувати додаткові системи зрівнювання потенціалів. Зрівнювання потенціалів має охоплювати одночасно всі доступні дотику відкриті провідні частини стаціонарних електроустановок та сторонні провідні частини, в т.ч. металеві частини будівельних конструкцій

До системи зрівнювання потенціалів мають бути підключені РЕ – провідники всього електроустановки (у тому числі штепсельних розеток).

За класифікацією об'єктів згідно з ДСТУ Б В.2.5-38:2008. «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд», будівля відноситься до звичайних об'єктів, що потребують влаштування блискавкозахисту з рівнем захисту III.

Проект блискавкозахисту будівлі передбачає пристрій блискавкоприймача із сталевого оцинкованого дроту діаметром 8 мм, що розміщується по покрівлі та чотирма блискавковідводами по кутах будівлі, що приєднується до контуру заземлення [17].

На рис. 3.4 наведено план заземлення та блискавкозахисту будівлі.

Контур заземлення виконується за периметром будівлі. На глибині 0,7 м та на відстані не менше 1 метра від фундаменту прокладається сталева оцинкована смуга перетином 5×50. По кутах та в місцях спуску струмовідводів виконується вертикальний заземлювач із оцинкованого кутника 50×50×3000. Місця зварювання зачищаються і покриваються ґрунтом у два шари.

Від блискавкоприймача прокладаються струмовідводи зі сталевого троса діаметром 10 мм, і з'єднується з контуром заземлення зі сталеві смуги, за допомогою болтового з'єднання (М6) та наконечника. Струмовідводи розташовуються не ближче ніж за 3 м від входів, і по можливості ближче до кутів будівлі. Струмовідводи прокладаються по прямих і вертикальних лініях так, щоб шлях до землі був найкоротшим.

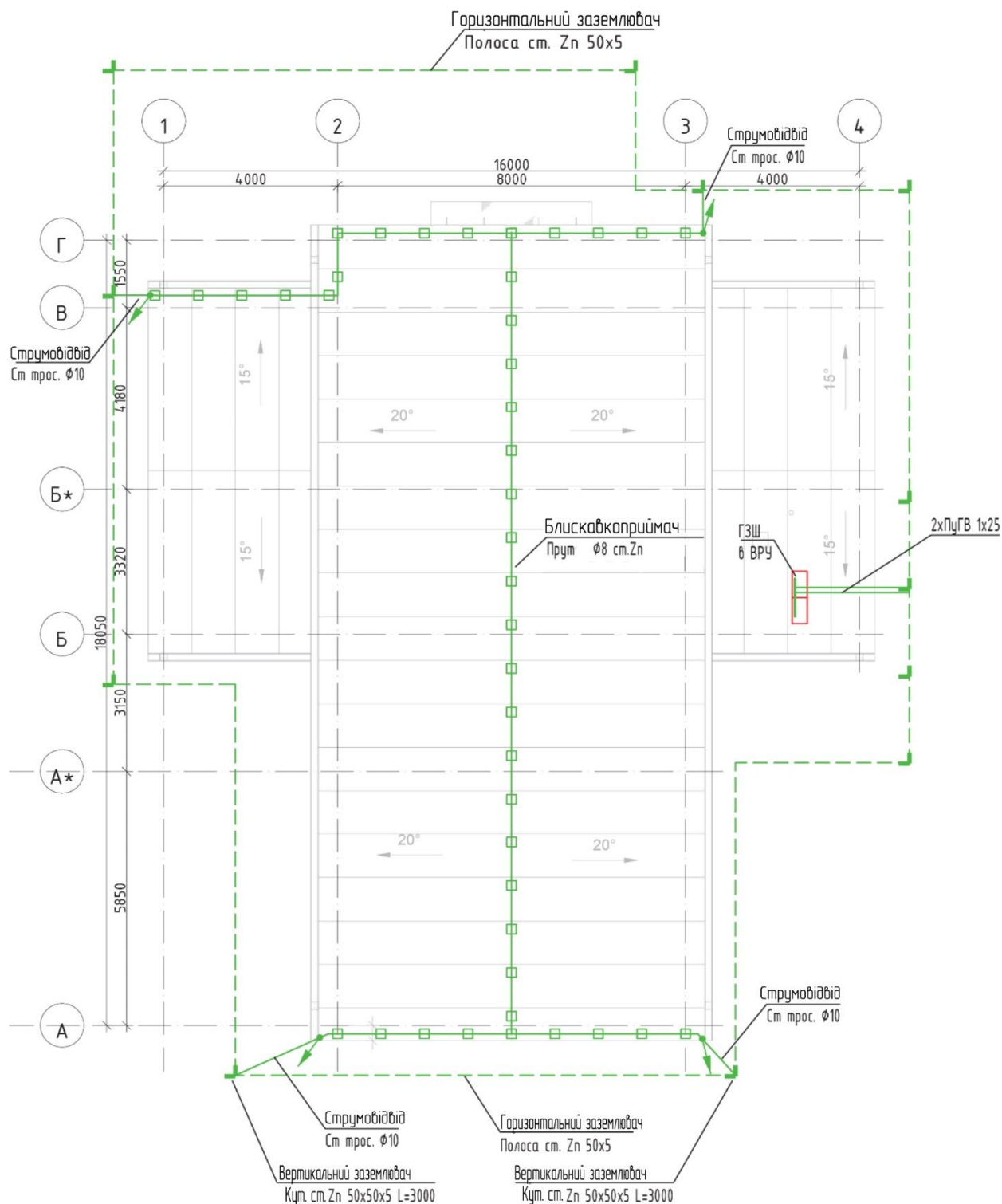


Рисунок 3.4 – План заземлення та блискавкозахисту будівлі.

Виконаємо розрахунок опору штучного заземлювача.

За даними досліджень з урахуванням промерзання приймаємо питомий усереднений опір ґрунту $\rho = 500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Для влаштування заземлення приймаємо:

- вертикальні електроди довжиною 2 м (смуга стальна 50×50×5 мм);
- горизонтальний заземлювач – сталева смуга перетином 5×50 мм.

Опір одного вертикального електрода:

$$r_e = \frac{0,366 \cdot \rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right)$$

де $d = 0,95e$ (ширина сторони куточка) – ширина сторони кутника, наведена до діаметру стрижневого електрода;

t – глибина закладення електрода дорівнює відстані від землі до середини електрода.

$$r_e = \frac{0,366 \cdot 500}{2} \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,95 \cdot 0,050} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) = 188,2 \text{ Ом.}$$

Сумарний опір для вертикальних заземлювачів визначається за такою формулою:

$$R_{3.B} = \frac{r_B}{n_B \cdot \eta},$$

де $\eta = 0,85$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів;

n_B – кількість вертикальних заземлювачів (12 шт.).

Опір сполучної лінії, довжина конструктивно становить $L = 83$ м. У наступних формулах:

t – глибина закладення сталевої лінії, м;

b – ширина смуги, м.

Опір розтікання горизонтального заземлювача з урахуванням коефіцієнта використання визначається за такою формулою:

$$r_z = \frac{0,366 \cdot \rho}{l} \cdot \lg \frac{2l^2}{b \cdot t},$$

$$r_z = \frac{0,366 \cdot 500}{83} \cdot \lg \frac{2 \cdot 83^2}{0,05 \cdot 0,7} = 12,3 \text{ Ом.}$$

$$R_{3.G} = \frac{r_G}{\eta},$$

де $\eta = 0,77$ – коефіцієнт використання горизонтального заземлювача;

$$R_{3.Г} = \frac{12,3}{0,77} = 16,0 \text{ Ом.}$$

Повний проєктований опір визначаємо за формулою:

$$R_3 = \frac{R_{3.В} \cdot R_{3.Г}}{R_{3.В} + R_{3.Г}},$$

$$R_3 = \frac{18,45 \cdot 16}{18,45 + 16} = 8,5 \text{ Ом.}$$

Висновок: це значення опору R_3 задовольняє вимогам ПУЕ.

3.3 Вибір типу, класу провідників та освітлювальної арматури

Електропроводки всередині об'єкта повинні бути виконані кабелем марки $ВВГнг(А)–LS$, з мідними струмопровідними жилами, з ізоляцією з полівінілхлоридного пластикату (ПВХ), з оболонкою з ПВХ пластикату, зниженою горючістю та низьким димо- та газовиділенням.

На рис. 3.5 показаний вибраний кабель $ВВГнг(А)–LS$.



Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд вибраного кабелю $ВВГнг(А)–LS$

Підключення систем протипожежного захисту (СПЗ) виконується кабелем марки $ВВГнг(А)–FRLS$, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 3.6.

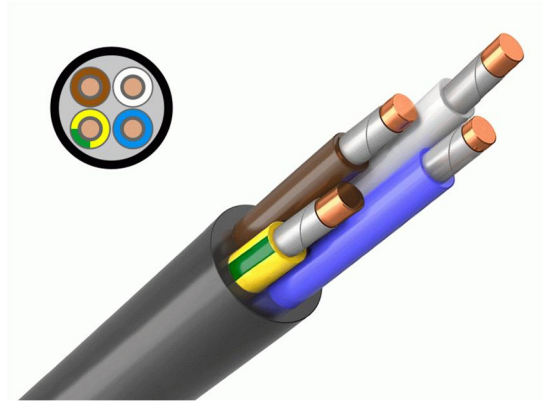


Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд вибраного кабелю $BBГнз(A) - FRLS$

Додаток у позначенні FR вказує на підвищену вогнестійкість кабелю.

Ізольовані жили кабелю повинні мати особливе забарвлення. Ізоляція нульових жил – блакитного кольору. Ізоляція жил заземлення виконується двокольорового (зелено-жовтого забарвлення). Ізольовані жили трьох- та п'ятижильних кабелів скручені та мають однаковий переріз. Товщина оболонки кабелю відповідає вибраному напрузі.

Прокладання кабелів здійснюється в металевому кабельному лотку, а також приховано у стінах за гіпсокартоном, у конструкціях стелі в електромонтажній ПВХ-трубі. Прохід кабелів через стіни виконується у металевих трубах (гільзах) діаметром не менше 20 мм. Місця проходження кабельних каналів, коробів, кабелів та проводів через будівельні конструкції з нормованою межею вогнестійкості передбачені кабельні проходки з межею вогнестійкості не нижче межі вогнестійкості даних конструкцій

Прокладання кабельних ліній систем протипожежного захисту (аварійного освітлення) виконується окремо від інших кабельних ліній, в окремому коробі, трубі, джгуті, замкнутому каналі будівельної конструкції або на одному лотку, спільне прокладання не допускається.

Кабельні лінії систем протипожежного захисту виконуються вогнестійкими кабельними лініями (ОКЛ) що складаються з кабелю з низьким димо та газовиділенням типу $BBГнз(A) - FRLSLTx$. Кабельна продукція,

короби для електропроводки повинні мати пожежний сертифікат. Прокладання проводиться відповідно до вимог ПУЕ.

Як світильники аварійного освітлення до установки прийняті світлодіодні ЛПП09У (Виробництва «Ватра-ЗАХІД») з блоком аварійного живлення. Зовнішній вигляд даних світильників наведено на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд світлодіодного світильника ЛПП09У

Для освітлення холу, малого залу, кабінету застосовані світлодіодні світильники ДСО20У Юпітер-LED-панель (Виробництва «Ватра-ЗАХІД»), номінальна напруга 220 В, клас захисту від ураження електричним струмом, ступінь захисту IP 20, світловий потік 3200лм, потужність 32Вт, що вбудовуються в підвісну стелю. Зовнішній вигляд даного світильника представлений на рис. 3.8.



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд світильника ДСО20У Юпітер-LED-панель

3.4 Розрахунок кількості світильників у системах робочого та аварійного освітлення

У приміщеннях об'єкта передбачені такі два види електроосвітлення: робоче та аварійне (евакуаційне). Освітленість обирається згідно з ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.

Робоче освітлення є основним видом та виконується у всіх приміщеннях.

Основним джерелом світла є світлодіодні світильники. Вимикачі встановлюються на стіні біля дверного отвору, з боку дверних ручок, у коридорі на висоті 1,8 м., усередині приміщень на висоті 0,9 м від рівня чистої підлоги.

Аварійне освітлення виконується шляхом встановлення на шляхах евакуації світильників із вбудованими акумуляторними батареями, що живляться від мережі аварійного освітлення та включаються при зникненні напруги в цих мережах.

Розрахунок освітленості виконаний за методом питомої потужності та коефіцієнта використання світлового потоку [18].

Індекс приміщення і визначається за виразом:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}$$

де A та B – довжина та ширина приміщення;

h_p – розрахункова висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

За довідковими даними приймаються значення коефіцієнтів запасу та використання світлового потоку.

Визначається розрахункова кількість світильників за формулою:

$$N = \frac{E_H \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_L \cdot \eta},$$

де N – число світильників;

n – число ламп у світильнику;

Φ_L – світловий потік лампи;

η – коефіцієнт використання;

k – коефіцієнт запасу;

S – площа приміщення [18].

Значення N заокруглюється до найближчого цілого числа N_p .

Визначається сумарна встановлена потужність ламп [18]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl},$$

де P_{nl} – потужність однієї лампи" [18].

Визначаємо число рядів світильників за шириною будівлі N_B [18]:

$$N_B = \sqrt{N_p \frac{B}{A}},$$

Визначаємо число рядів світильників в кожному ряду N_A [18]:

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{B}{A}},$$

Визначаємо відстань між світильниками L і відстань від крайнього ряду світильників до стіни l [18]:

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L /$$

Результати вибору та розстановки світильників на плані спортивно-оздоровчого центру наведено на рис. 3.9.

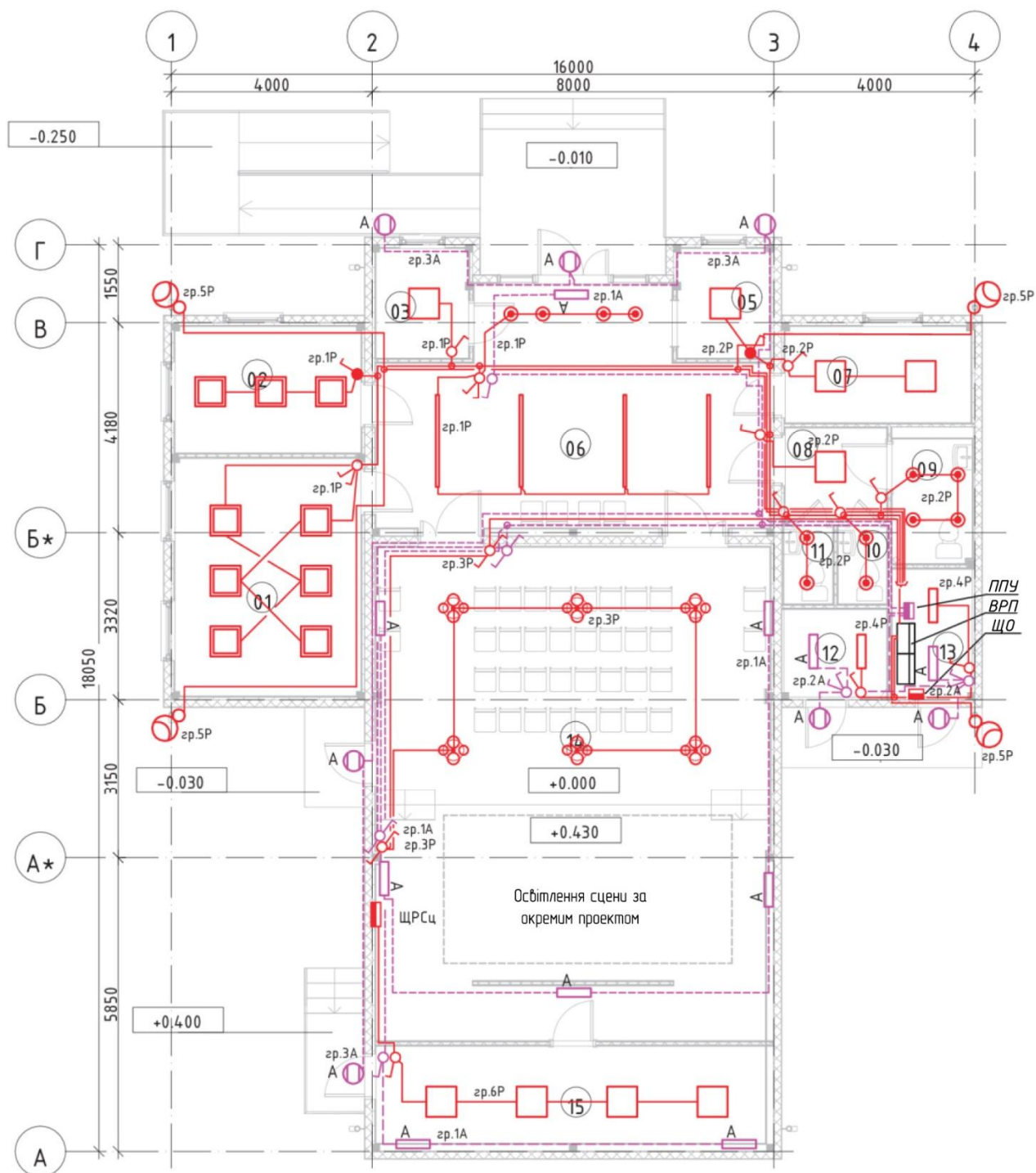


Рисунок 3.9 – Результати вибору та розміщення світильників на плані спортивно-оздоровчого центру

3.5 Висновки до розділу 3

На основі проведення аналізу, обрана для застосування в системі електропостачання проектованого спортивного комплексу, АІВСКУЕ, розроблена на основі сучасного швидкодіючого та надійного лічильника NIK AP6T.1802.MC.11 2303 5(80)A 3Ф багатотарифний з реле та PLC.

Система заземлення на вводі у ввідний розподільний пристрій прийнята T-N-CS.

Для захисту людей від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції на об'єкті застосовані такі захисні заходи: заземлення; захисне заземлення; вирівнювання потенціалів.

Все обладнання, яке підключається через розетки, захищається диф. автоматами зі струмом витоку 30 мА.

Блискавкозахист будівлі здійснюється пристроєм блискавкоприймача зі сталевого оцинкованого дроту діаметром 8 мм, що розміщується по ковзану покрівлі і чотирма блискавковідводами по кутах будівлі, що приєднуються до контуру заземлення.

Виконано розрахунок опору штучного заземлювача, який показав, що значення опору Я контуру заземлення відповідає вимогам ПУЕ.

Електропроводки всередині об'єкта виконуються кабелем $BBГн2(A) - LS$ з мідними струмопровідними жилами. Підключення систем протипожежного захисту (СПЗ) виконується кабелем марки $BBГн2(A) - FRLS$ з підвищеною вогнестійкістю. Прокладання кабельних ліній систем протипожежного захисту (аварійного освітлення) виконується окремо від інших кабельних ліній.

Як світильники аварійного освітлення до установки прийняті світлодіодні ЛПП09У з блоком аварійного живлення.

Для освітлення холу, малого залу, кабінету та інших приміщень застосовані світлодіодні світильники ДСО20У Юпітер-LED-панель, що вбудовуються у стелю.

Виконано розрахунок освітленості та кількості світильників.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні причини ураження людини електричним струмом

До основних причин ураження електричним струмом відносять:

- а) випадкове доторкання або приближення на небезпечну відстань до частин електрообладнання, що знаходяться під напругою;
- б) виникнення напруги на металічних конструктивних частинах електрообладнання - корпусах, кожухах, в результаті пошкодження ізоляції чи інших причин;
- в) виникнення напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, внаслідок випадкового включення установки;
- г) виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання провідника на землю.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом являються: забезпечення недоступності частин електрообладнання, що знаходяться під напругою, від випадкового до нього доторкання; захисне розділення кола; усунення небезпеки ураження електричним струмом при виникненні напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електрообладнання, що досягається завдяки використанню малих напруг та подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням, використанню спеціальних захисних пристроїв - переносних приладів і засобів; організація безпечної експлуатації електрообладнання.

Захисне розділення кола. В розкиданих електричних колах або з великою протяжністю навіть справна ізоляція може мати досить маленький опір, а ємність провідників відносно землі - велику величину. Ці обставини можуть становити велику небезпеку, так як в таких колах до 1000 В із ізолюваною нейтраллю втрачається захисна функція ізоляції провідників і виникає небезпека ураження людини електричним струмом у випадку її доторкання до провідника електричного кола або до іншого предмету, що знаходився під фазною напругою.

Цей недолік електричного кола може бути усунений шляхом захисного розділення кола, тобто розділення досить протяжних гілок електричного кола на декілька менш протяжних і електрично між собою не з'єднаних. Розділення виконують за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів. В результаті такого розділення ізолювані ділянки електричного кола мають великий опір ізоляції та малу ємність провідників відносно землі, завдяки чому можна покращити умови безпеки загалом.

4.2 Захисне заземлення та занулення

Захисне заземлення - спеціальне з'єднання із землею металевих частин обладнання, що не знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції електрообладнання.

Основна мета захисного заземлення - усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при виникненні напруги на конструктивних частинах електрообладнання тобто при "замиканні на корпус".

Принцип роботи захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруг доторкнення та кроку, зумовлених "замиканням на корпус". Це досягається зменшенням потенціалу заземленого обладнання, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підйому потенціалу основи, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького по величині до потенціалу заземленого обладнання.

Застосовують захисне заземлення у трифазних колах з напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю і більше 1000 В з любым режимом нейтралі.

Заземлюючим пристроєм називають сукупність заземлювача – металевих провідників, що мають електричний зв'язок із землею, і заземлюючих провідників, що з'єднують заземлені частини електрообладнання із заземлювачем. Відрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносні та контурні.

Виносний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його заземлювач поміщений за територію де розміщено заземлююче обладнання, або заземлювач розташовують на невеликій частині цієї території. Недоліком виносного заземлюючого пристрою являється віддалення заземлювача від заземлюючого електрообладнання, внаслідок чого коефіцієнт $a=1$. Тому такий тип заземлення застосовують при малих струмах замикання на землю і частково в установках до 1000 В, де потенціал заземлювача не перевищує допустимої напруги доторкування. Перевагою являється те, що можна вибрати місце розміщення електродів із найменшим опором ґрунту.

Контурний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його одиночні заземлювачі розміщуються по контуру або периметру території, на якій знаходиться заземлююче обладнання, або розпроділяються по всій території рівномірно. При контурному заземленні забезпечується вирівнювання потенціала на території до такої величини, щоб максимальне значення напруг доторкання та кроку не перевищували допустимих. Це досягається шляхом відповідного розміщення одиночних заземлювачів. Всередині приміщення вирівнювання потенціалу відбувається природнім шляхом через металічні конструкції, трубопроводи, кабелі і інші струмопровідні елементи, що зв'язані із колом заземлення.

Розрізняють штучні заземлювачі, що використовують виключно для заземлення та природні - металічні предмети для іншого призначення, що знаходяться в землі. Для штучного заземлення використовують зазвичай вертикальні і горизонтальні електроди. В якості вертикальних електродів використовують металічні труби діаметром 3-5 см і металічні кутники розміром від 40x40 до 60x60 мм і довжиною 2,5-3 м. В останні роки всечастіше почали використовувати металічні прутки 10-12 мм і довжиною до 10м. Для зв'язку вертикальних електродів і в якості горизонтального електрода використовують полосу сталь січенням не менше 4x12 мм або сталь круглого січення діаметром не менше 6 мм. Для розміщення вертикальних заземлювачів риють траншею

глибиною 0,7 - 0,8 м, після чого за допомогою механізмів забивають труби або кутники.

В якості природних заземлювачів можна використовувати проложені в землі водопровідні труби і інші металічні трубопроводи, за виключенням труб, що проводять горючі суміші, газ, а також не можна використовувати в якості природних заземлювачів трубопроводи, що покриті ізоляцією для захисту від корозії. Також використовують металічні конструкції і арматуру залізобетонних конструкцій будинків, що мають з'єднання із землею; свинцеві оболонки кабелів, що проходять під землею.

Відповідно до ПУЕ, опір захисного заземлення в любу пору року не повинно перевищувати 4 Ом в установках із напругою до 1000 В, але якщо потужність джерела струму (генератора або трансформатора) менше 100 кВ·А тоді опір заземлення допускається 10 Ом. Для установок із напругою вище 1000 В та з великими струмами замикання на землю (більше 500 А) опір заземлення не повинен перевищувати 0,5 Ом. Не більше 10 Ом опір заземлення повинен бути для установок більше 1000 В із малими струмами замикання на землю і без компенсації ємнісних струмів; якщо заземлююче обладнання одночасно використовується для електроустановок напругою до 1000 В, то опір заземлення не повинен перевищувати $125/I_3$, але не більше 10 Ом (або 4 Ом, якщо це вимагається для установок до 1000 В).

Захисне заземлення необхідне при експлуатації обладнання, яке може опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції самого електрообладнання. При цьому в приміщеннях із підвищеною небезпекою або заземлення являється обов'язковою умовою при номінальній напрузі електрообладнання вище 36 В змінного і ПО В постійного струму, а в приміщеннях без підвищеної небезпеки - при напрузі 500 В і вище. Тільки у вибухонебезпечних приміщеннях заземлення використовують незалежно від величини напруги. Отже, за допомогою захисного заземлення можна уникнути небезпеки ураження людини електричним струмом при виникненні напруги на конструктивних частинах електрообладнання тобто при "замиканні на корпус".

Занулення

Зануленням називають приєднання до не однократного заземленого нульового проводу живлячих кола корпусів і інших конструктивних сталевих елементів електрообладнання, які у звичайних умовах не знаходяться під напругою, але внаслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під напругою. Принципова схема заземлення показана на рис 4.1. Основна функція занулення така ж як у захисного заземлення: унеможливлення небезпеки ураження людей струмом при пробії на корпус. Вирішується така задача автоматичним відключенням пошкодженого обладнання від кола живлення.

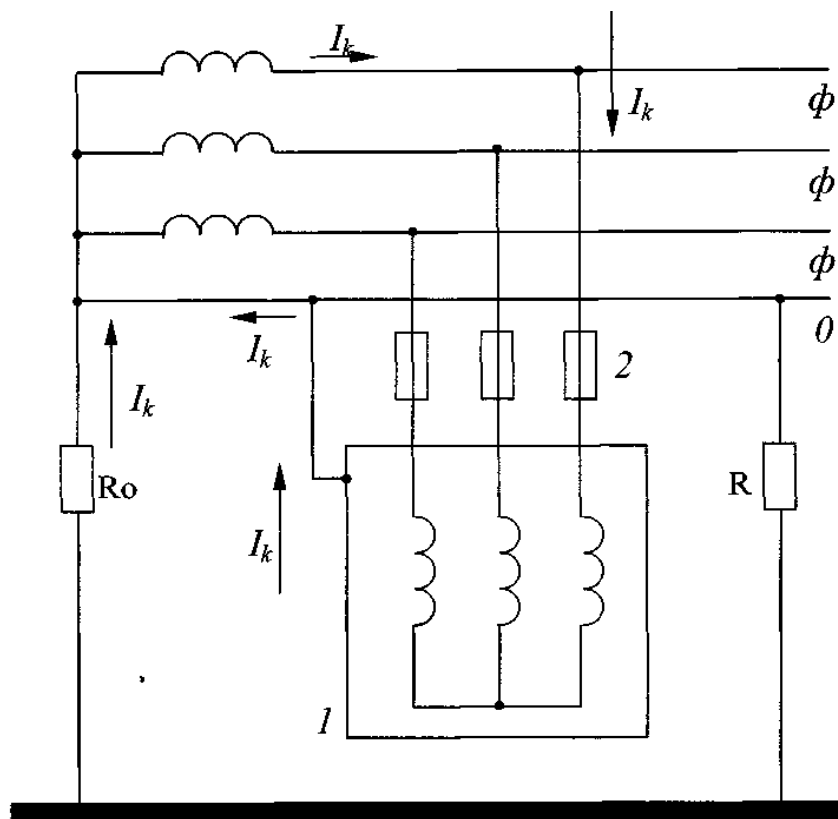


Рисунок 4.1 Принципова схема занулення

1 - корпус; 2 - апарати захисту від струмів короткого замикання; R_0 - опір заземлення нейтралі джерела струму; R - опір повторного заземлення нульового проводу; I_k - струм короткого замикання

Принцип дії занулення - перетворити пробій на корпус в однофазне коротке замикання, тобто замикання між фазним і нульовим проводами, із метою створення великого по величині струму, що зможе забезпечити ввімкнення

захисту і тим самим відключити обладнання від кола живлення. До такого захисту можна віднести: плавкі вставки чи автоматичні вимикачі, що ставлять перед користувачами електричної енергії для захисту від струмів короткого замикання. Швидкість відключення пошкодженого обладнання, тобто час з моменту виникнення напруги на корпусі до моменту відключення установки від кола живлення, складає 5-7 с при захисті обладнання плавкими вставками і 1-2 с при захисті автоматами. Область застосування занулення до 1000 В із глухозаземленою нейтраллю. Зазвичай це кола напругою 380/220 і 220/127 В.

На рис 4.1 можна побачити, що схема занулення потребує нульового проводу, заземлення нейтралі джерела струму і повторного заземлення нульового проводу, який створює струм короткого замикання схеми з малим опором, щоб цей струм був достатнім для швидкого спрацювання захисту, тобто моментального відключення пошкодженого обладнання від живлення.

Відповідно до вимог ПУЕ нульовий провід повинен мати провідність не менше половини провідності фазного проводу. У такому випадку струм короткого замикання буде достатнім для швидкого відключення пошкодженої електроустановки, що у свою чергу дозволить зменшити можливість ураження людини електричним струмом при пробії на корпус. Занулення виконують обов'язково для електричних кіл напругою 380/220 В.

4.3 Класифікація НС в Україні та порядок реагування і ліквідації їх наслідків

Класифікація надзвичайних ситуацій впроваджена в Україні з метою забезпечення організаційної взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій у процесі вирішення питань, пов'язаних з надзвичайними ситуаціями, ліквідацією їх наслідків та веденням державної статистики.

Залежно від причин походження подій, що зумовили або можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняють

надзвичайні ситуації техногенного, природного, соціального та воєнного характеру, а в залежності від обсягів заподіяних наслідків, кількості постраждалих і загиблих, обсягів технічних і матеріальних ресурсів, необхідних для їх ліквідації, надзвичайні ситуації класифікуються як державного, регіонального, місцевого та об'єктового рівня.

Слід зазначити, що об'єктами класифікації можуть бути лише надзвичайні ситуації, які поділяються на НС техногенного, природного, соціального та воєнного характеру.

До надзвичайних ситуацій техногенного характеру зараховуються транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, електроенергетичних системах, аварії в системах нафтогазового промислового комплексу, на очисних спорудах, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах.

До надзвичайних ситуацій природного характеру зараховуються небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні явища, деградація ґрунтів чи надр, пожежі в природних екосистемах, зміни стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність та масове отруєння людей, інфекційні захворювання сільськогосподарських тварин, масова загибель диких тварин, ураження сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками.

Надзвичайні ситуації соціального характеру пов'язані з протиправними діями терористичного і антиконституційного спрямування - збройні напади, захоплення і утримання важливих об'єктів або реальна загроза вчинення таких акцій; збройні напади, захоплення і утримання атомних електростанцій або інших об'єктів атомної енергетики або реальна загроза вчинення таких акцій; замах на керівників держави та народних депутатів України; напад, замах на членів екіпажу повітряного або морського (річкового) судна, викрадення або спроба викрадення, знищення або спроба знищення таких суден; захоплення заручників із числа членів екіпажу чи пасажирів, встановлення вибухового

пристрою в громадському місці, установі, організації, підприємстві, житловому секторі, на транспорті; зникнення або викрадення озброєння та небезпечних речовин з об'єктів зберігання, використання, переробки та під час транспортування; виявлення застарілих боєприпасів, аварії на арсеналах, складах боєприпасів та інших об'єктах військового призначення з викидом уламків, реактивних та звичайних снарядів, нещасні випадки з людьми.

Надзвичайні ситуації воєнного характеру, пов'язані з наслідками застосування звичайної зброї або зброї масового ураження, під час якої виникають вторинні фактори ураження населення.

Критеріями визначення рівня надзвичайної ситуації є територіальне поширення, обсяги технічних і матеріальних ресурсів, які необхідні для ліквідації її наслідків, кількість постраждалих людей, порушення їх умов життєдіяльності та розмір заподіяних або очікуваних збитків.

На завершення слід зазначити, що остаточне рішення щодо рівня надзвичайної ситуації приймає спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади, Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Це рішення у разі потреби може погоджуватись із центральними органами виконавчої влади

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі виконано розробку та реалізацію проекту системи електропостачання нового спортивно-оздоровчого комплексу, що відповідає сучасним критеріям надійності, електробезпеки, економічності, екологічності, швидкодії, селективності, а також іншим аналогічним критеріям.

Живлення спортивно-оздоровчого центру здійснюється від нової однострумкової ТП – 10/0,4 кВ за третьою категорією та надійністю електропостачання. Живлення споживачів першої категорії (сигналізація, аварійне висвітлення) здійснюється від акумуляторних джерел безперебійного живлення. Кабельний ввід виконаний кабелем АПвБбШп 4×25. Прокладання розподільних мереж здійснюється в ПВХ трубах за підвісною стелею.

За методикою, викладеною в ДБН здійснено визначення розрахункових навантажень для спортивно-оздоровчого центру у літньому та зимовому режимах роботи. Величина розрахункового максимального навантаження склала 62,4 кВт, у тому числі для силового електрообладнання – 60,7 кВт, електроосвітлення – 1,84 кВт.

Захист від струмів короткого замикання та надструмів передбачається за допомогою автоматичних вимикачів з тепловими та електромагнітними розчіплювачами у розподільчих та групових мережах 0,4 кВ.

Вибір апаратів захисту здійснено виходячи із встановленої потужності, режимів роботи електроприймачів, також виконано перевірку на термічну стійкість провідника до впливу струмів КЗ (згідно ПУЕ) Апарати захисту обрані з дотриманням нормативного часу відключення.

Перерізи розподільчих та кабелів живлення, а також проводів обрані по номінальному струму навантаження, перевірені по втраті напруги та спрацьовування захисного апарату при однофазному короткому замиканні.

Для аварійного та евакуаційного освітлення приміщень застосовані світильники із вбудованими акумуляторними батареями, розрахованими на

нормований час роботи, та включеними до мережі аварійного освітлення. Передбачено автоматичне вимкнення вентиляції у разі виявлення пожежі.

На основі проведення аналізу, обрана для застосування в системі електропостачання проектованого спортивного комплексу, АІВСКУЕ, розроблена на основі сучасного швидкодіючого та надійного лічильника NIK AP6T.1802.MC.11 2303 5(80)A 3Ф багатотарифний з реле та PLC.

Система заземлення на вводі у ввідний розподільний пристрій прийнята T-N-CS.

Для захисту людей від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції на об'єкті застосовані такі захисні заходи: заземлення; захисне заземлення; вирівнювання потенціалів.

Все обладнання, яке підключається через розетки, захищається диф. автоматами зі струмом витоку 30 мА.

Блискавкозахист будівлі здійснюється пристроєм блискавкоприймача зі сталевого оцинкованого дроту діаметром 8 мм, що розміщується по ковзану покрівлі і чотирма блискавковідводами по кутах будівлі, що приєднуються до контуру заземлення.

Виконано розрахунок опору штучного заземлювача, який показав, що значення опору контуру заземлення відповідає вимогам ПУЕ.

Електропроводки всередині об'єкта виконуються кабелем $BBГн2(A) - LS$ з мідними струмопровідними жилами. Підключення систем протипожежного захисту (СПЗ) виконується кабелем марки $BBГн2(A) - FRLS$ з підвищеною вогнестійкістю. Прокладання кабельних ліній систем протипожежного захисту (аварійного освітлення) виконується окремо від інших кабельних ліній.

Як світильники аварійного освітлення до установки прийняті світлодіодні ЛПП09У з блоком аварійного живлення.

Для освітлення холу, малого залу, кабінету та інших приміщень застосовані світлодіодні світильники ДСО20У Юпітер-LED-панель, що вбудовуються у стелю.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
2. ДСТУ EN 50160:2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2010, IDT)
3. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : Державні будівельні норми і правила // ДП "Укрархбудінформ". Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 169 с.
4. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. . – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 54 с.
5. ДБН В.2.2-9-2009 Будинки і споруди. ГРОМАДСЬКІ БУДИНКИ ТА СПОРУДИ. Основні положення : Державні будівельні норми і правила // ДП "Укрархбудінформ". Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 69 с.
6. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.
7. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. - 111 с. 77 23.
8. Шкрабець Ф. П. Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П.Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 540 с.
9. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. / : Державні будівельні норми і правила // ДП "Укрархбудінформ". Київ: Мінрегіон України, 2018. 133 с.
10. ДБН В.2.5-23:2010 "Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення". Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 15 лютого 2010 р. № 64.

11. Н.В. Букович, Г.М. Лисяк Розрахунок струмів коротких замикань: навчальний посібник – Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2018. – 236 с.
12. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Наказ Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 № 258. (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості 13.02.2012 № 91). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#n20>.
13. Шинкар, В. А. Автоматизований облік електроенергії в електричних мережах : магістерська дис. : 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньо-професійна програма «Електричні системи і мережі» / Шинкар Владислав Андрійович. – Київ, 2022. – 66 с.
14. Бабюк С. М. Підвищення енергоефективності підприємств за рахунок контролю характеристик режимів електропостачання / С. М. Бабюк, М. Д. Приймак, Р. В. Паськів // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 90–91. — (Електротехніка та енергозбереження).
15. Коцар О.В. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням [електронне видання]/ О.В.Коцар// Навч. посібн. –К.:КПІ ім. Ігоря Сікорського, —Дніпро: Середняк Т. К., 2017, —44 с.
16. Кодекс комерційного обліку електричної енергії. Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 311. (у редакції постанови НКРЕКП від 20.03.2020 № 716). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text>.
17. Войтюк, Ю. П. Монтаж пристроїв блискавкозахисту будівель та споруд : навчальний посібник / Ю. П. Войтюк, Д. Г. Писаренко. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 94 с.
18. Костик Л. М. Конспект лекцій з курсу «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / укл. : Л. М. Костик. - ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. - 132 с.
19. Бабюк, С. М., & В Пліс, Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей IX

Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.

20. Design of an intelligent system to control educational laboratory equipment based on a hybrid mini-power plant. Orobchuk, B., Buniak, O., Babiuk, S., Sysak, I. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023, 2(9-122), pp. 59–72. ISSN 1729-3774

21. Orobchuk B., Sysak I., Babiuk S., Rajba T., Karpinski M., Klos-Witkowska A., Szkarczyk R., Gancarczy J. Development of simulator automated dispatch control system for implementation in learning process. 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). IEEE, Buharest, vol. 1, September 2017, pp. 210–214.

22. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с.