

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи


бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Розроблення системи енергозабезпечення та освітлення
стадіону Національного університету «Полтавська політехніка імені
Юрія Кондратюка»

Виконав: студент 4 курсу, групи 401-МЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Панасюк В.О. 
(прізвище та ініціали)

Керівник Галай В.М. 
(прізвище та ініціали)

Рецензент Третяк А.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра "Розроблення системи енергозабезпечення та освітлення стадіону Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» "

Робота містить 76 сторінок, 30 ілюстрацій, 6 таблиці, 11 схем, 12 використаних джерел.

Ключові слова: освітлення спортивних споруд, штучне освітлення, енергоефективність, рівномірність освітлення, спектральний склад, колір світла, електропостачання стадіонів, енергозбереження, відкриті спортивні майданчики, інтенсивність світла, комп'ютерне проектування освітлення.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є закономірності функціонування систем освітлення та електропостачання стадіону електротехнічні та світлотехнічні параметри їх роботи.

Комплексне завдання освітлення спортивних споруд для забезпечення комфортних умов тренувань і змагань передбачає аналіз вимог до джерел світла, освітлювальних приладів, існуючих і планованих освітлювальних установок. Актуальність даної роботи зумовлена специфічними вимогами до освітлювальних установок та систем електропостачання спортивних майданчиків. Це включає такі міркування, як спектральні характеристики джерел світла, розподіл світлового потоку за освітлювальними пристроями та оптимальний вибір системи освітлення, яка забезпечує необхідні рівні освітленості на стандартизованих спортивних поверхнях. Крім того, важливо забезпечити стабільне електропостачання та дотримуватися умов енергозбереження.

Робота має практичну цінність і її результати після більш детальної доробки можуть бути розглянуті для використання.

ABSTRACT

Bachelor's Qualification Work "Development of the Energy Supply and Lighting System for the National University «Poltava polytechnic named after Yury Kondratyuk»"

The work contains 76 pages, 30 illustrations, 6 tables, 11 diagrams, and 12 references.

Keywords: sports facility lighting, artificial lighting, energy efficiency, lighting uniformity, spectral composition, light color, stadium power supply, energy conservation, open sports grounds, light intensity, computer-aided lighting design.

The subject of the research is the patterns of functioning of the lighting and power supply systems of the stadium, including their electrical and lighting parameters.

The comprehensive task of lighting sports facilities to ensure comfortable conditions for training and competitions involves analyzing the requirements for light sources, lighting fixtures, and existing and planned lighting installations. The relevance of this work is determined by the specific requirements for lighting installations and power supply systems of sports grounds. This includes considerations such as the spectral characteristics of light sources, the distribution of light flux among lighting devices, and the optimal choice of lighting system that ensures the necessary levels of illumination on standardized sports surfaces. Additionally, it is important to ensure a stable power supply and adhere to energy-saving conditions.

The work has practical value, and its results, after further refinement, may be considered for implementation.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматки,
електроніки та телекомунікацій

О.В. Шефер

«04» грудня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРУ СТУДЕНТУ

Панасюку Віталію Олександровичу

1. Тема роботи «Розроблення системи енергозабезпечення та освітлення стадіону Полтавської політехніки імені Юрія Кондратюка»
керівник роботи Галай Василь Миколайович, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від 08.12.2023 р. №1481/1-фа.
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.06.2024 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи)
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Основні принципи та технічні рішення енергозабезпечення стадіонів. Вимоги до електроенергетичної системи стадіону. Постановка завдань на кваліфікаційну роботу. Вибір оптимальних технічних рішень для систем енергозабезпечення та освітлення. Проектування електроенергетичної системи. Проектування системи освітлення. Розрахунки параметрів елементів систем.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) Схеми розміщення прожекторних щогл для освітлення спортивних майданчиків;
 - 2) вимоги освітлення футбольних стадіонів;
 - 3) світлодіодний прожектор;
 - 4) Інтелектуальне реле Zelio Logic;
 - 5) ЩУО. Логічна схема щита управління освітленням зони гри
 - 6) Ввідно-розподільний пристрій ВРП. Схема електрична принципова однолінійна;
 - 7) Ящик управління освітленням стадіону;

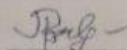
- 8) Розташування освітлювальних матшт та напрямки націлювання прожекторів;
- 9) Електроосвітлення зовнішнє, режим тренування;
- 10) Електроосвітлення зовнішнє, режим гри без ТВ та з ТВ трансляцією;
- 11) Аварійний режим з живленням від «Ввод 1» та від «Ввод 2»;
- 12) Візуалізація розподілу освітленості по поверхні футбольного поля стадіону.
- 13) Результати розрахунку ділянок електричної освітлювальної мережі на мінімум провідникового матеріалу

6. Дата видачі завдання 04.12.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

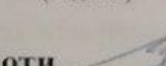
Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи			Примітки (плакати)
		Дата	Курс	Відсоток	
1	Огляд електроенергетичних систем. Основні принципи та технічні рішення енергозабезпечення стадіонів. Сучасні підходи до освітлення спортивних споруд	25.04.24	I	20%	Пл. 1,2,3
2	Вимоги до електроенергетичної системи стадіону. Вимоги до системи освітлення стадіону. Аналіз можливостей енергозабезпечення стадіону	08.05.24		40%	Пл. 4,5,6
3	Вибір оптимальних технічних рішень для систем енергозабезпечення та освітлення. Проектування електроенергетичної системи	23.05.24	II	60%	Пл. 7,8,9
4	Проектування системи освітлення. Розрахунки параметрів елементів систем	30.05.24		80 %	Пл. 10,11
5	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра	10.06.24	III	100%	Пл. 12,13

Студент


(підпис)

Панасюк В.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Галай В.М.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ОСВІТЛЕННЯ СПОРТИВНИХ СПОРУД.....	9
1.1. Огляд електроенергетичних систем.....	9
1.2. Основні принципи та технічні рішення енергозабезпечення стадіонів..	14
1.3. Сучасні підходи до освітлення спортивних споруд.....	19
Висновки до розділу 1.....	22
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА ВИМОГ ДО ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ.....	23
2.1. Вимоги до електроенергетичної системи стадіону.....	23
2.2. Вимоги до системи освітлення стадіону.....	26
2.3. Аналіз можливостей енергозабезпечення стадіону.....	31
Висновки до розділу 2.....	39
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.....	41
3.1. Вибір оптимальних технічних.....	41
3.2. Проектування електроенергетичної системи.....	53
3.3. Проектування системи освітлення.....	57
3.4. Розрахунки параметрів елементів систем.....	63
Висновки до розділу 3.....	73
Висновки.....	74
Перелік посилань.....	76
Додатки.....	77

Вступ

Найпоширенішими інженерними пристроями спортивних споруд є системи штучного освітлення, які також поширені на відкритих спортивних майданчиках загальноосвітніх шкіл. Процес моделювання, проектування, розробки та експлуатації цих систем передбачає значні витрати з точки зору матеріалів, електроенергії та інтелектуальних людських зусиль. Однак ці витрати цілком виправдані, оскільки ці системи освітлення дають можливість вести активний спосіб життя і займатися діяльністю навіть при відсутності або недостатньому природному освітленні. Ця перевага поширюється не лише на підростаюче покоління, а й на людей, які проживають поблизу спортивних майданчиків.

У зв'язку з пропагандою здорового способу життя, інтересом до тренувань, участі у спортивних змаганнях зросла потреба в належному освітленні спортивних споруд, у тому числі загальноосвітніх спортивних майданчиків. Необхідно встановлювати правила освітлення не тільки для горизонтальних і вертикальних площин, але і для похилих площин, які вирівнюються з лінією зору спортсменів і глядачів.

Розподіл освітленості в різних площинах освітлювального об'єкта вимагає певних критеріїв рівномірності. Спектральний склад, колір і світловіддача джерел світла відіграють вирішальну роль у досягненні цього.

Питання енергозбереження є пріоритетним у пошуку рішень. Приблизно 20% виробленої електроенергії використовується для освітлення. Останні дослідження показують, що можливо скоротити споживання енергії майже на 50% без шкоди для якості освітлення.

Цього можна досягти завдяки вдосконаленню технологій освітлення, модернізації поточних систем освітлення та оптимізації їхньої роботи. Отже, ефективне використання електричної енергії залишається ключовим завданням при проектуванні та реалізації освітлювальних установок.

Комплексне завдання освітлення спортивних споруд для забезпечення комфортних умов тренувань і змагань передбачає аналіз вимог до джерел світла, освітлювальних приладів, існуючих і планованих освітлювальних установок. Актуальність даної роботи зумовлена специфічними вимогами до освітлювальних установок та систем електропостачання спортивних майданчиків. Це включає такі міркування, як спектральні характеристики джерел світла, розподіл світлового потоку за освітлювальними пристроями та оптимальний вибір системи освітлення, яка забезпечує необхідні рівні освітленості на стандартизованих спортивних поверхнях. Крім того, важливо забезпечити стабільне електропостачання та дотримуватися умов енергозбереження.

Отже, проведення досліджень з метою аналізу спектрального розподілу потоку випромінювання джерела світла, визначення рівнів освітленості як горизонтальної, так і вертикальної площин спортивного майданчика, оцінки рівномірності освітлення, визначення оптимального розміщення освітлювальних приладів, проектування ефективного джерела живлення система для справжньої освітлювальної установки, а моделювання системи освітлення та її джерела живлення в кінцевому підсумку підвищить надійність освітлювального та електрообладнання.

Мета і завдання роботи.

Метою роботи є створення системи та структури освітлення для стандартних відкритих спортивних майданчиків в університетах, коледжах та середніх школах. Ці поля в основному використовуються для матчів, уроків фізкультури та тренувань з різних командних видів спорту, таких як міні-футбол, волейбол, баскетбол. Пропонована освітлювальна установка повинна відповідати всім необхідним критеріям щодо конструкції, технології, функціональності та економічності.

Мета роботи:

1. Провести аналіз моделі інтенсивності світла різних типів ламп, придатних для освітлення спортивних споруд на відкритому повітрі.
2. Вибрати освітлювальний прилад, який може рівномірно розподіляти світло по поверхні спортивного майданчика, а також гарантувати, що його технічні характеристики відповідають переважаючим кліматичним умовам.
3. Вибрати джерело світла для вищезгаданого освітлювального приладу, яке буде виробляти освітлення відповідно до встановлених стандартів.
4. Визначити оптимальну висоту, розташування, відстань і кількість ламп для відповідного розташування освітлення.
5. Створити засоби швидкого визначення рівня освітленості в будь-якому заданому місці на стандартизованій поверхні спортивної споруди.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ОСВІТЛЕННЯ СПОРТИВНИХ СПОРУД

1.1. ОГЛЯД ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СПОРУД

Шляхом вивчення різноманітних літературних та інтернет-ресурсів, а також власних візуальних спостережень у процесі дослідження встановлено, що значна кількість загальноосвітніх та спеціалізованих шкіл міста та району Тернополя не мають належного освітлення на спортивних майданчиках. Фактично, приголомшливі 87% цих сайтів не мають жодної форми освітлення. Проте за останні роки відбулися позитивні зрушення, адже завдяки щедрим пожертвам спонсорів та благодійників новостворені та діючі навчальні заклади спромоглися придбати системи освітлення своїх спортивних майданчиків. Отже, потреба в моделюванні та проектуванні таких систем освітлення стала актуальною та актуальною справою в наш час.

Основним завданням систем освітлення відкритих спортивних споруд, зокрема спортивних майданчиків середніх шкіл, є забезпечення достатньої видимості об'єктів спостереження для учнів, спортсменів і глядачів у вечірній час (зазвичай з 17:00 до 22:00). з жовтня по квітень. Об'єкти спостереження можуть відрізнятися залежно від виду діяльності, будь то учасники, такі як гімнасти, бігуни та стрибунки, або спортивне обладнання, наприклад м'ячі та диски.

Щоб гарантувати оптимальну видимість спостережуваного об'єкта, необхідно створити на ньому освітлення або певну інтенсивність світла. Ця величина, виражена в люксах, може змінюватись залежно від конкретної споруди та виду спорту, як зазначено в «Нормах електричного освітлення спортивних споруд»

Різниця в рівнях яскравості продиктована декількома факторами: різною швидкістю, з якою рухаються спостережувані об'єкти, їх чіткими розмірами, різною відстанню від спостерігачів і контрастом, який вони створюють на тлі, на

якому їх видно. Приписані рекомендації встановлюють необхідні рівні яскравості в горизонтальній площині, оскільки їх найпростіше обчислити та виміряти. Крім того, у відповідних сценаріях освітлення в основних вертикальних площинах також стандартизовано. Враховуючи те, що спортивні споруди часто розглядаються з різних ракурсів, необхідно, щоб їх освітлення було сконструйовано тривимірно.

Досягнення належного рівня видимості значною мірою залежить від відмінності між об'єктом, який спостерігають, і фоном, який його оточує. Ця різниця визначається зміною яскравості між об'єктом і фоном. Застосовуючи різноманітні методи освітлення та використовуючи контрастні кольори, можна досягти значного рівня контрасту.

Щоб досягти оптимального освітлення спортивних споруд, важливо прийняти точні рішення щодо напрямку, в якому буде спрямоване освітлення. Переконавшись, що світло падає на спортивний майданчик під прямим кутом, можна створити бажані рівні освітлення, обсяг світла та відповідний контраст. Тим не менш, важливо відзначити, що освітлювальні прилади можуть мати ефект засліплення.

Феномен засліплення світловими пристроями визначається коефіцієнтом відблисків, який показує, скільки разів видимість об'єкта була порушена через інтенсивне світло, випромінюване пристроєм. Коефіцієнт засліплення зростає в міру посилення освітленості зіниці спостерігача від цих джерел випромінювання і зменшується в міру збільшення кута, під яким видно джерело світла, і яскравості знайомого фону, на якому видно об'єкти спостереження.

Інтенсивність ефекту засліплення залежить від кута, під яким випромінюється світло. Щоб пом'якшити цей ефект, освітлювальні прилади та прожектори стратегічно розташовують на підвищених висотах і в місцях, які мінімізують їх вирівнювання з природною лінією зору як для спортсменів, так і для глядачів.

Рівномірність розподілу освітлення є важливою вимогою до системи освітлення, яка забезпечує однакові умови для тренувань або змагань на різних ділянках спортивного майданчика. Тому на дитячих майданчиках максимальна горизонтальна освітленість не повинна перевищувати в три рази мінімальної освітленості.

Окрім вирішення технічних міркувань, необхідно також враховувати економічні аспекти освітлення спортивних споруд. Цінова доступність установки часто відіграє вирішальну роль у визначенні її доцільності. Загальна ефективність освітлювальної системи визначається не тільки її початковою вартістю, але й енергоємністю, терміном служби та надійністю в експлуатації. Тому при проектуванні освітлювальних приладів необхідно враховувати всі ці фактори.

Освітлення стадіонів, у тому числі шкільних, а також невеликих спортивних майданчиків, які використовуються для занять фізкультурою та різними ігровими видами спорту, такими як футбол, хокей з м'ячем, волейбол, баскетбол і гандбол пережили значний розвиток. Впровадження освітлювальних установок відбувається за однією з трьох систем, як показано на малюнках 1.1—1.3.

Поширена чотирищоглова система (рис. 1) широко використовується в нашій і багатьох інших країнах. Для освітлення території прожектори розташовуються на чотирьох високих щоглах, розташованих по кутах виділеного простору. У цій системі освітлення прожектори на кожній щоглі спрямовані в горизонтальну площину футбольного або спортивного поля, створюючи достатній рівень освітлення у вертикальній площині, яка проходить через поздовжню вісь поля. При такому націлюванні прожекторів досягається задовільний рівень рівномірності в усій освітленій зоні.

Розташування прожекторних батарей встановлюється на основі відстані між основами щогл і поздовжньою віссю поля. Одночасно будь-яка вертикальна

лінія прожектора, опущена на поздовжню вісь поля або його продовження, повинна утворювати з горизонтальною площиною кут не менше 27° .

Для забезпечення оптимального позиціонування опори прожекторів будуть стратегічно розміщені за межами поля, зберігаючи кут $10-15^\circ$ між основою щогли та центром воріт разом із продовженням поздовжньої крайньої лінії майданчика. (рис. 1).

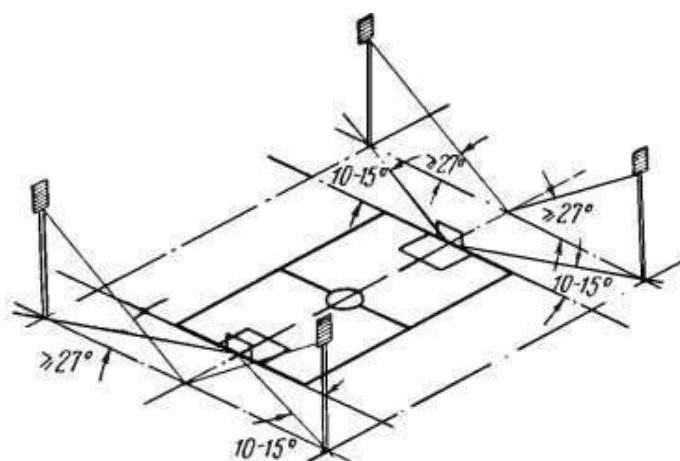


Рисунок 1.1 - Схема розміщення 4 прожекторних щогл для освітлення спортивних майданчиків

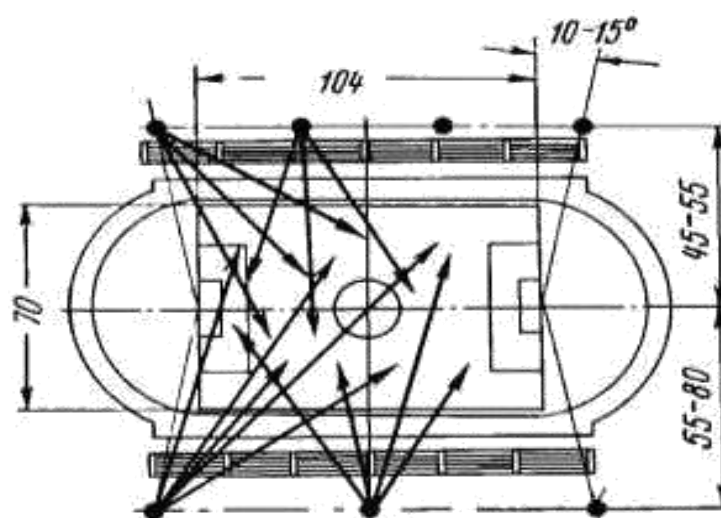


Рисунок 1.2 - 6-ти чи 8-ми щоглова система освітлення

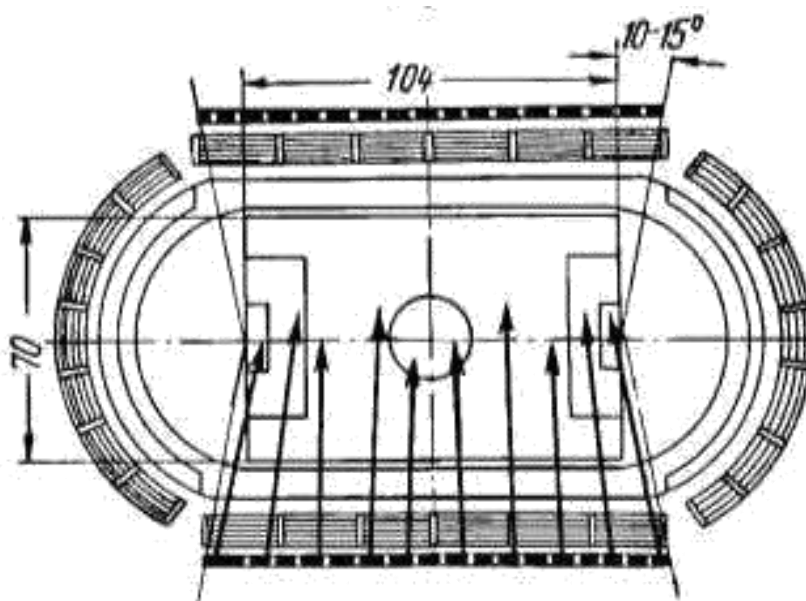


Рисунок 1.3 - Лінійна система освітлення.

У кваліфікаційній роботі я утримаюся від розгорнутого аналізу плюсів і мінусів альтернативних варіантів розміщення батарей прожектора, оскільки ця інформація вже достатньо висвітлена в літературі та інтернет-джерелах і не має відношення до представленої моделі установки освітлення. Натомість я зосереджуюсь на детальному розгляді оптимальних рішень, які стають ефективнішими та продуктивнішими нашими моделями. Розглянуто також питання впровадження новітніх технологій та інноваційних підходів, які можуть значно покращити функціональність та надійність освітніх систем. Особливу увагу приділяють аспектам енергоефективності та довговічності матеріалів, що використовуються в конструкції, оскільки це важливо для зменшення експлуатаційних витрат та впливу на навколишнє середовище. Крім того, буде проаналізовано можливості ризиків та запропоновано способи їх мінімізації для забезпечення безперебійної роботи установок у різних умовах експлуатації.

1.2 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ТА ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАДІОНІВ

У минулому найпоширенішими джерелами світла були традиційні лампи розжарювання, відомі своєю різноманітністю. Незважаючи на перехід до більш енергоефективних варіантів, ці лампи продовжують використовуватися для освітлення стадіонів. Сучасні лампи включають технологічні досягнення для підвищення ефективності та пріоритетності екологічної стійкості. Однак, якщо говорити про освітлення шкільних спортивних майданчиків, то їх використання в першу чергу є економічно недоцільним через їх основні недоліки: обмежена яскравість, низький діапазон колірних температур 2300÷2900 К і лише 4% ККД (сcd).

Незважаючи на те, що люмінесцентні лампи мають певні переваги перед лампами розжарювання, такі як більш висока світлова ефективність і вищий коефіцієнт, вони не можуть конкурувати з сучасними енергоефективними джерелами світла.

Недоліки цих систем освітлення, включаючи обмеження потужності (максимальна потужність кожної лампи 150 Вт), складні схеми підключення, надмірний шум, а також акустичні та радіоперешкоди, пульсації світлового виходу, які шкідливі для здоров'я людини, та наявність у джерелах шкідливих для навколишнього середовища речовин, що потребують належної утилізації, перешкоджають їх використанню в системах освітлення спортивних майданчиків. Але не можна забувати про їхні переваги, такі як корисний ефект у межах 18-23% і задовільні спектри сприйняття світла, а також меншу вартість.

Натрієві лампи високого тиску (НАВ), які відомі своєю винятковою ефективністю, оскільки мають найвищу світловіддачу серед усіх газорозрядних ламп, що використовуються на даний момент, працюючи при потужності 100/200 лм/Вт, але ці лампи мають деякі недоліки, наприклад, поступове зменшення світлового потоку з часом.

Крім того, їхній спектр випромінювання, як правило, переважно жовтий, що

призводить до відносно низького індексу передачі кольору ($R_a = 25$). Як наслідок, лампи HPS непридатні для освітлення шкільних спортивних майданчиків.

Розберемо характеристики дугових ртутних ламп, також відомих як люмінесцентні ртутно-кварцові лампи (DRL). Ці лампи складаються зі скляної колби, яка всередині покрита люмінесцентним матеріалом. Усередині колби є кварцова трубка, яка заповнена парами ртуті під високим тиском. Під дією ультрафіолетового випромінювання, створюваного ртутно-кварцовій трубці, люмінофор випромінює світло. Однак це випромінювання спричиняє домінування блакитного відтінку в спектрі цих ламп, що спотворює справжні кольори. Для вирішення цієї проблеми до складу люмінофора входять певні добавки, хоча вони лише частково коригують передачу кольору. Незважаючи на такі переваги цієї групи джерел світла, як висока світлова віддача до 55 лм/Вт, термін служби 10 000 годин, компактність і довговічність у різних умовах навколишнього середовища, є суттєві недоліки. Основним недоліком є надмірна кількість синьо-зеленого випромінювання у випромінюваному спектрі, що призводить до незадовільної передачі кольору та робить лампи непридатними для цілей освітлення та спостереження за людьми.

Джерело живлення містить баластний дросель і забезпечує тривалий період запалювання приблизно 7 хвилин після активації. У разі раптового припинення живлення лампу можна перезапустити лише після періоду охолодження приблизно 10 хвилин. Крім того, ці лампи демонструють значні коливання інтенсивності випромінюваного світла, що перевершує ті, що спостерігаються у люмінесцентних лампах. Важливо відзначити, що даний клас ламп не підходить для цільового призначення, зазначеного в проекті.

Для досягнення оптимального освітлення шкільного спортивного майданчика найбільш ефективними варіантами є лампи DRI або енергозберігаючі світлодіодні лампи. У наступному розділі буде представлено математичну модель на прикладі Стегніківської школи

Тернопільської області, де використовуються світлодіодні прожектори. Будуть надані конкретні деталі та характеристики світлодіодного джерела світла, більш детально зосереджуючись на характеристиках ламп DRI.

Коли справа доходить до конструкції, лампи DRI схожі на лампи DRL, але вони включають точну кількість спеціальних добавок у свій пальник. Ці добавки, такі як натрій, талій та індій, ретельно підібрані для корекції спектру світла, випромінюваного металами. В результаті світлова віддача ламп DRI значно підвищується, коливається від 70 до 95 лм/Вт, а в деяких випадках можна досягти навіть більших значень. Це збільшення світловіддачі супроводжується кольоровістю випромінювання, яка точно імітує природне світло. Колби ламп DRI можуть бути еліпсоїдними або циліндричними, в них розміщено кварцовий або керамічний пальник. З терміном служби 8-10 тисяч годин ці лампи забезпечують тривалу роботу.

Керамічні пальники все частіше віддають перевагу для сучасних DRI-випромінювачів через їх високу стабільність під впливом активної речовини ламп. В результаті ці пальники не так сильно темніють під час роботи в порівнянні з кварцовими пальниками. Тим не менш, кварц все ще виробляється промисловістю через його відносно доступну ціну.

Однією з примітних характеристик сучасних ламп DRI є сферична конструкція пальника. Такий вибір конструкції ефективно мінімізує падіння яскравості, підтримує стабільність певних параметрів і підвищує інтенсивність «точкового» випромінювача.

Щоб активувати лампу DRI, необхідно створити зазор між електродами за допомогою імпульсу високої напруги. Цей процес зазвичай використовується в стандартних методах перемикачів.

Для досягнення різноманітної колірної гами лампи DRI, крім індуктивного баластного дроселя, оснащені пристроєм імпульсного запалювання (ІЗП). Включаючи домішки різного складу, можна регулювати спектральний склад випромінювання лампи, що дозволяє відтворювати різні кольори. Ось чому світлодіодні світильники широко використовуються в архітектурних,

спортивних, ландшафтних та інших освітлювальних приладах.

Таблиця 1.1 - Характеристики ламп ДРІ з добавками йодидів рідкоземельних елементів, що застосовуються для спортивного освітлення.

Характеристика	Тип лампи, потужність (Вт)		
	HQI 1000 W	HQI 2000 W	HQI 3500 W
Напруга мережі, В	220	380	380
Напруга на лампі, В	140	220	220
Робочий струм, А	7.7	10.3	18
Світловий потік, клм	80	170	325
Світлова віддача, лм/Вт	80	85	93
Кольорова температура, К	6000	6000	6000
Координати кольору, x, y	0,32; 0,35	0,32; 0,35	0,32; 0,35
Індекс кольоропередачі	85	85	95
Строк служби, год.	2000	2000	2000
Положення свічення	Довільне	Довільне	Довільне

Технічні характеристики ламп ДРІ від відомого європейського виробника Osram наведені в таблиці 1.1. Osram виробляє джерела світла класу HQI з різними складами рідкоземельних елементів. Для порівняння спектральних параметрів ламп ДРІ і стандартних джерел, наприклад,

використовуваного як еталонного, можна розрахувати значення колірних координат, які вповідають інтегралам

$$E_R \equiv R = \int_{400}^{700} F(\lambda) p(\lambda) \bar{r}_\lambda d\lambda$$

$$E_G \equiv G = \int_{400}^{700} F(\lambda) p(\lambda) \bar{g}_\lambda d\lambda$$

$$E_B \equiv B = \int_{400}^{700} F(\lambda) p(\lambda) \bar{b}_\lambda d\lambda$$

Де $F(\lambda)$ – спектральна густина енергетичного потоку джерел світла, яке освітлює приймач випромінювання; $p(\lambda)$ – спектральний коефіцієнт відбивання приймача; $r(\lambda), g(\lambda), b(\lambda)$, – спектральні чутливості відповідно червоного, зеленого та синього елементів. Проводиться оцінка за 14 стандартних еталонах МКО різних по кольору з стандартними функціями спектрального коефіцієнта відбивання в залежності від довжини хвилі. Така методика проведення розрахунків підтверджує переваги ламп ДРІ.

1.3 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОСВІТЛЕННЯ СПОРТИВНИХ СПОРУД

Щоб перерозподілити потік світла всередині освітлювального пристрою (ОП), використовуються різні методи. До них відносяться використання параболоїдних (рис. 1.5а), еліпсоїдальних (рис. 1.5б) або довільних (рис. 1.5в) дзеркальних відбивачів для відображення світла в певному напрямку. Крім того, для контрольованого пропускання світла використовуються лінзи Френеля (рис. 1.5д), асферичні або збиральні лінзи (рис. 1.5е) і призматичні пристрої (рис. 1.5е). Для досягнення як дифузного, так і направлено-розсіяного відбиття світла використовують дифузні, емальовані і матові рефлектори (рис. 1.5е). Молочні, опалові або матові розсіювачі (рис. 1.5д) використовуються для досягнення дифузного та направлено-розсіяного пропускання світла. Основними технічними характеристиками освітлювального приладу (ОП) є розподіл світлової потужності, яскравості, освітленості та коефіцієнт корисної дії.

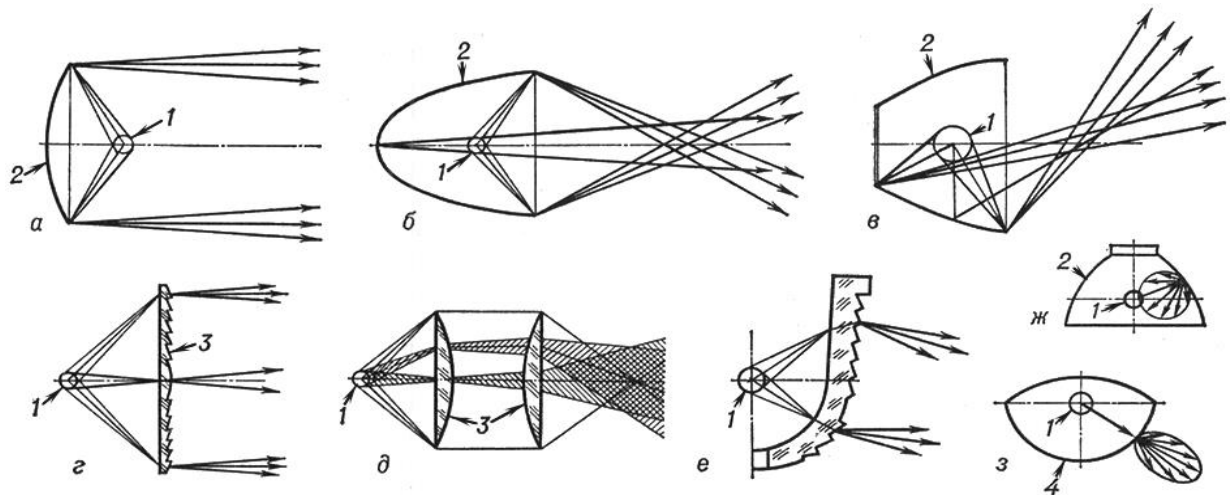


Рисунок 1.4 – Спрямування світлового потоку різними за класом відбивачами, розсіювачами

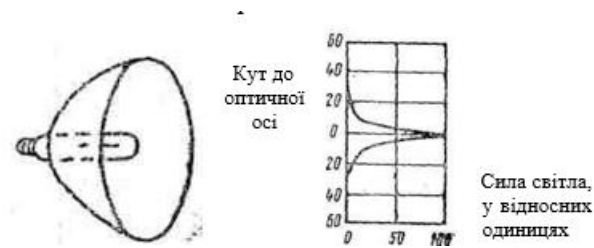


Рисунок 1.5 – Прожектор з параболічним відбивачем

Переважає розміщення прожекторів з параболічним відбивачем (рис. 1.5) - на щоглах, розташованих на значній відстані від освітлюваної території. Така конструкція забезпечує конічну форму світлового променя та мінімальний кут розсіювання. Перевагою такого розташування є можливість стратегічно розташувати еліптичні світлові плями на полі, максимізуючи ефективність системи освітлення. Джерелом світла в цих прожекторах можуть бути як лампи розжарювання (звичайні або точкові), так і лампи DRI з короткою газорозрядною дугою. Варто зазначити, що положення горіння джерела світла не є критичним фактором у цих прожекторах..

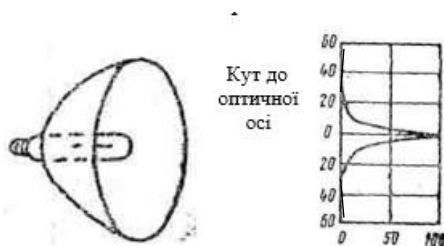


Рисунок 1.6 - Прожектор з параболо-циліндричним відбивачем

При розміщенні освітлювальних приладів вздовж довгих сторін, щоб досягти найбільш підходящої форми освітлення, ідеальний світловий промінь для цієї ділянки – «віялоподібний», з широким кутом розсіювання по горизонталі та вузьким по вертикалі. Це призводить до того, що при попаданні на горизонтальну поверхню промінь набуває прямокутної форми. Ця прямокутна світлова точка забезпечує оптимальний розподіл світла по спортивному майданчику. Для досягнення такого типу світлорозподілу використовують прожектори з параболо-циліндричними відбивачами (як показано на малюнку (1.6)). Ці прожектори оснащені джерелами світла, які мають лінійне тіло світла, наприклад лампи DRI з довгою дугою.

На рисунку 1.7 показані прожектори з асиметричною оптикою та екранованою лампою, що ефективно мінімізує засліплюючий вплив. Рефлектор складається з двох частин: верхня частина має форму еліптичного циліндра, а прилегла нижня частина нагадує параболічний циліндр. Лампа, розташована вздовж спільної фокальної осі цих елементів, випромінює світло. Слід зазначити, що інтенсивність світла у вертикальній площині асиметрична з чітким обмеженням у напрямках поблизу оптичної осі. Завдяки такій конструкції, прожектори забезпечують більш рівномірний розподіл світла, що сприяє покращенню видимості та зменшенню засліплення. Відбивачі ефективно фокусують світловий потік, направляючи його на потрібні ділянки, що освітлюється. Це дозволяє зменшити кількість світлового забруднення та забезпечити комфортне та безпечне освітлення. Додатково, екранована лампа знижує енергоспоживання, що робить такі прожектори економічно вигідними та екологічно дружніми.



Рисунок 1.7 – Прожектор з несиметричною оптикою і за екранованою лампою

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Сьогодні вкрай необхідно вирішити актуальну проблему відсутності систем освітлення спортивних майданчиків та околиць. Комплексне обстеження показало, що 87% закладів не мають належного освітлення. Отже, існує негайна потреба визначити пріоритетність проектування, моделювання та впровадження систем освітлення для цих спортивних споруд.

2. Для освітлювальних установок на спортивних майданчиках важливо віддати перевагу використанню найбільш енергоефективних сучасних джерел світла. До них відносяться імпульсні лампи дугового розряду (DRI) або світлодіоди. При виборі цих джерел світла слід враховувати такі фактори, як геометричні розміри майданчиків і рекомендована висота установки на опорах. Крім того, віддати перевагу конкретному типу джерела світла повинні орієнтуватися на спектральний склад випромінювання ламп, їх потужність і ретельний аналіз цих факторів.

3. Оптимальним вибором для освітлення спортивних майданчиків є використання світлових приладів з кутами розсіювання 15-25 і асиметричною оптикою. Ці пристрої ефективно розподіляють світловий потік по стандартизованих площинах, забезпечуючи достатній рівень освітленості та рівномірність на різних ділянках спортивного майданчика. Крім того, вони допомагають мінімізувати будь-який потенційний ефект засліплення.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА ВИМОГ ДО ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ

2.1. ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ СТАДІОНУ

Системи живлення кожного стадіону повинні бути розроблені відповідно до потреб матчів і трансляцій подій, які він прийматиме, від великих міжнародних матчів до громадських стадіонів для груп розвитку. Джерела живлення повинні бути стійкими та включати резервування, щоб забезпечити резервне живлення. Мінімальна відмовостійкість і резервування, необхідні на стадіоні для його передбачуваного використання та протягом усього запланованого терміну експлуатації, повинні бути ретельно розглянуті на етапі проектування. Необхідно також включити відповідну гнучкість, щоб дозволити збільшити резервування потужності (тимчасово для подій або постійно) або зменшити пізніше. Електричні системи стадіону повинні бути розроблені відповідно до цих потреб і міркувань. Зазвичай основним джерелом електроенергії для стадіону буде енергопостачання. Комунальне електропостачання зазвичай є найбільш економічно ефективним і стабільним джерелом електроенергії для задоволення потреб стадіонів, особливо в порівнянні з місцевим виробництвом на основі спалювання викопного палива. Відмовостійкість, надійність і якість джерел живлення для стадіонів слід ретельно розглядати та розуміти. Електричні системи стадіону повинні проектуватися в цьому контексті. Генератори забезпечують резервування електроенергії.

Загальні характеристики для аналізу включають наступне:

- Повітряні та підземні мережі, що постачають стадіон
- Виділені або спільні лінії, що живлять стадіон
- Потужність, вік і стан високовольтного та низьковольтного обладнання
- Збої в комунальних послугах (місцевий попередній запис)

Організація постачання стадіону буде змінюватися. Великі стадіони можуть бути забезпечені дуже безпечними спеціальними джерелами живлення високої напруги, що перемикаються на місці та вгорі. Невеликі стадіони можуть забезпечуватися лише одним джерелом живлення низької напруги з невеликим

резервуванням у верхній частині. Будь-яка перестановка може бути доречною залежно від потреб і контексту кожного стадіону.

Однак усі стадіони вимагатимуть певного рівня резервного живлення. Навіть найменші стадіони повинні гарантувати, що системи безпеки життя, які вимагають електроенергії, продовжують працювати у випадку надзвичайної ситуації та збою електроживлення, щоб гарантувати безпечну евакуацію всіх мешканців. Для великих стадіонів затримка або скасування професійного футбольного матчу через втрату електроенергії зазвичай вважається неприйнятним.

Первинне живлення може бути повністю або частково забезпечено генеруючим обладнанням на місці. Було б доцільно, щоб резервна копія була на місці постійно, або була тимчасово орендована для відповідних заходів. Стадіони, можливо, захочуть вивчити найбільш прийнятну модель оренди або власності для їхніх обставин. Електричний проект стадіону повинен враховувати всі ці фактори.

Подібним чином, незалежно від того, чи є резервні елементи тимчасовими чи постійними, порядок черговості та логіка керування для всіх автоматичних перемикачів (логіка каскадного перемикачів) повинні бути ретельно розроблені та реалізовані, щоб гарантувати, що всі елементи функціонують за призначенням. Дивлячись на постачання та попит на електроенергію, усі стадіони повинні прагнути досягти видатних цілей у сфері енергетики та стійкості та отримувати живлення від внутрішніх або зовнішніх джерел відновлюваної енергії, щоб досягти цілі будівлі з нульовим чистим викидом вуглецю. Типи навантажень повинні бути класифіковані, щоб допомогти визначити обсяг резервної потужності, а також тип і розмір резервного обладнання, яке буде вміщено в проекті. Типова розбивка навантажень і, отже, електрична конструкція, яка повинна їх обслуговувати, базується на їхній відповідній потребі в енергетичній стійкості.

У разі основного збою та відключення електроенергії: несуттєві та звичайні навантаження на стадіон. Вони можуть і вимкнутися,

наприклад:

- Електропостачання до харчових концесій
- Мала потужність в офісах
- Неосновні технології та системи зв'язку

Технічні навантаження:

Вони можуть мати дуже короткі збої, але їх буде швидко відновлено, щоб подія могла продовжитися. За умови роботи стійкості до продовження подій матч можна завершити, а глядачі залишитися на своїх місцях. Обслуговування стадіону, ймовірно, буде обмежено.

Енергетична стійкість живлення повинна бути розроблена таким чином, щоб звести нанівець потребу в евакуації, навіть якщо первинне живлення знеструмлюється.

- Робочі зони ЗМІ
- Турнікети
- Величезні відеоекрани та табло

Безперебійне технічне живлення (зазвичай піднабір технічного живлення) не вимикається – системи, які мають продовжувати роботу з метою продовження події та які не витримують навіть короткочасного відключення електроенергії, повинні бути забезпечені джерелом безперебійного живлення під час події.

- Освітлення поля (режим продовження матчу)
- Операційний центр стадіону/об'єкта
- Основні комунікаційні та ІТ-системи

Стійкість безпеки життя має бути завжди доступною. Електроживлення для аварійних систем, які мають вирішальне значення для безпеки кожної людини на стадіоні та забезпечують можливість евакуації з місця події, має отримувати незалежне стійке живлення.

- Системи виявлення, гасіння та сигналізації
- Аварійне освітлення на виході
- Експлуатація аварійного ліфта

2.2. ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ СТАДІОНУ

Освітлення футбольних стадіонів відіграє життєво важливу роль у нічних іграх. Враження глядачів залежить від налаштувань системи освітлення. Для гравців освітлення має забезпечувати достатнє освітлення, щоб вони могли використати свої навички повною мірою.

Висвітлення футбольного стадіону – це конструкція з сильною функціональністю, високими технологіями та відносно високим ступенем складності. Він повинен не тільки відповідати стандартам футбольних подій різного рівня, а й приділяти велику увагу реальному ефекту кольорової телетрансляції у реальному часі. Для забезпечення того, щоб зображення, що транслюються, були яскравими і чіткими, а кольори були точними, існують відповідні норми вертикальної освітленості, рівномірності інтенсивності світла, просторової тривимірності, колірної температури та індексу кольору джерела світла, і стандарти освітлення різних рівнів футбольних полів різні.

Стандарти освітлення футбольних стадіонів

Освітлення футбольних стадіонів має відповідати потребам аудіовізуальних засобів масової інформації, глядачів, професійних футболістів та офіційних осіб. Вимоги до освітлення залежать від того, чи використовується об'єкт для змагань чи тренувань, чи є змагання внутрішніми чи міжнародними, чи транслюються вони по телебаченню тощо. Відповідно до них існує безліч різних рівнів та різних параметрів. Розглянемо основні типи освітлення футбольних стадіонів та характеристики, які вони повинні мати.

FIFA: телевізійні події ($E_m \geq 1500\text{--}2000$ люкс / однорідність $\geq 0,7$). CRI80, колірна температура 5000-6200K

Рівень 1: Кубок світу або невеликі змагання ($E_m \geq 750$ лк/Рівномірність $\geq 0,6$). CRI80, CCT 5000-6200K, матчі, що не транслюються по телебаченню.

Рівень 2: Ігрова практика ($E_m \geq 500$ лк/Рівномірність $\geq 0,6$). CRI70, колірна температура 5000-6200K

Рівень 3: Стандартне тренувальне використання ($E_m \geq 300$ лк/Рівномірність $\geq 0,6$). CRI70, колірна температура 4200-6200K

Таблиця 2.1 – вимоги до горизонталі E, однорідності, коефіцієнта різкості, еталонної сітки, колірної температури, кольору, рейтингу відблисків.

Вимоги освітлення	Стандарт освітлення FIFA A	Стандарт освітлення FIFA B	Стандарт освітлення FIFA C	Стандарт освітлення FIFA D	1-й клас	2-й клас	3-й клас
Змагання чи тренування	Кубок світу	Club or U-20 world cup, Olympic	U-20 women's world cup	U-17 world cup	FIFA World Cup training	Match practice	Standard training
Eh ave (Середня горизонтальна освітленість) Eh ave	Minimum >1500 lux Average > 2000 lux	Minimum >1200 lux Average > 2000 lux	Minimum >800 lux Average > 1200 lux	Average > 1000 lux	Average > 750 lux	Average > 500 lux	Average > 300 lux
Однорідність U1h	> 0.50	> 0.50	> 0.50	> 0.40	> 0.40	> 0.40	> 0.40
Однорідність U2h	> 0.70	> 0.70	> 0.70	> 0.60	> 0.60	> 0.60	> 0.60
Фактор Мерхтіння (FF)	Average < Max < 1%	Average < Max < 15%	Average < Max < 30%	Not applicable	< 1%	not applicable	not applicable
Справочная сетка	96 points	96 points	96 points	96 points	96 points	40 points	40 points
Колірна температура (Tc)	5,000–6,200K	5,000–6,200K	4,200–6,200K	4,200–6,200K	5,000–6,200K	5,000–6,200K	4,200–6,200K
Передача Кольорів (Ra)	≥ 80Ra	≥ 80Ra	≥ 70Ra	≥ 70Ra	≥ 80Ra	≥ 70Ra	≥ 70Ra
Рейтинг засліплення (RG)	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Коефіцієнт обслуговування (MF)	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID
Джерело жив.	Pending	Pending	Pending	Pending	FPS D	FPS D	FPS D
Ev 0° 90° 180° 270° (lux, U1, або U2)	Find more details on FIFA	Find more details on FIFA	Find more details on FIFA	Find more details on FIFA	not applicable	not applicable	not applicable

Освітлення стадіону в основному футбольний стадіон має довжину 105 метрів і ширину 68 метрів. Однак розміри можуть відрізнятися для різних програм. І його довжина коливається від 90 до 120 метрів, а ширина може бути від 45 до 90 метрів.

Зазвичай, світлодіодні прожектори встановлюються навколо крайової конструкції даху стадіону. Однак, на деяких футбольних полях прожектори встановлюються на опорах/вежах по периметру поля, точка фокусування світильників, положення колони і т.д.

Ключовим елементом системи освітлення поля є однорідність освітлення по всьому полю у всіх еталонних площинах FIFA.

Рівномірність освітлення можна як рівномірність розподілу світла на заданій еталонній площині. Вимоги до уніфікації різних класів кортів можна знайти в розділі стандартів вимог до освітлення.

Однорідність освітлення відноситься до відношення мінімальної освітленості до середньої освітленості на певній поверхні. Чим більше значення, тим рівномірніший розподіл світла і комфортніше візуальне сприйняття. Досвід показав, що значення однорідності, розраховані у процесі проектування, є добрим орієнтиром, але часто перевищують вимірювані значення після встановлення фактичної освітлювальної системи. Тому FIFA рекомендує, щоб значення однорідності освітленості, розраховане в процесі проектування, було вищим за мінімальну вимогу, щоб врахувати можливе падіння при вимірюванні фактичного значення.

Блики відносяться до зорових умов, які викликають зоровий дискомфорт і погіршують видимість об'єктів через невідповідний розподіл яскравості або різкий контраст яскравості в просторі або часу. Відчуття світла у полі зору, якого людське око неспроможна адаптуватися, може викликати огиду, дискомфорт і навіть втрату зору. Водночас відблиски є однією з важливих причин зорової втоми. Дискомфортне засвічення на футбольному стадіоні викликане надто яскравим світлом від точки (світильника). Ось чому ми повинні приділяти більше уваги розташування світильника.

Методи визначення сліпучого ефекту джерела світла чи групи джерел світла складні. Рівень засліплення має певний зв'язок з кількістю світильника, потужністю світильника та положенням світильника. Бліки є суб'єктивним фактором, і міжнародна комісія з висвітлення (CIE) розробила практичну рейтингову систему для занять спортом на відкритому повітрі, засновану на великих польових випробуваннях. Наприклад, стандарт FIFA A вимагає перевірки рейтингу відблисків у 96 точках, і кожна точка оцінюється через кожні 15°. Це означає, що точка (360 °) повинна тестуватися у 24 напрямках. Положення спостерігача має бути на висоті 1,75 метра над землею.

І кінцевий результат (значення відблисків) - це максимальне значення відблисків кожного спостерігача у певному напрямку.

Висвітлення футбольного стадіону має бути затемненим для виконання різних завдань, таких як змагання, тренування або технічне обслуговування. У наведеному нижче списку наведено кілька прикладів:

Режим 1: режим повного збігу

Це включає роботу системи освітлення поля, яка задовольняє вимогам, встановленим для відповідного стандарту освітлення ФІФА.

Режим 2: режим навчання

Це включає систему освітлення кроку, що працює із середньою горизонтальною освітленістю 500 люкс.

Режим 3: режим обслуговування

Це включає систему освітлення кроку, що працює із середньою горизонтальною освітленістю 250 люкс.

Мерехтіння - це зміна яскравості безпосередньо видимого джерела світла, яке може бути викликане коливаннями самого джерела світла, або зовнішніми причинами, такими як напруга живлення, що швидко змінюється (блмання джерела живлення) або несумісність із зовнішніми диммерами. Ключем до виникнення мерехтіння є коливання вихідного струму драйвера світлодіода.

Якщо на виході блоку живлення світлодіода менше пульсацій та шумів, то і мерехтіння буде менше. Тому що будь-яке коливання хвилі струму може спричинити мерехтіння, особливо при низьких рівнях димування на виході

(середнє значення E). Довідка: $FF\% = 0,5 \times (E_{\max} - E_{\min}) / \text{середнє значення } E \times 100\%$.

Колірна температура є характеристикою видимого світла і виражається в одиницях абсолютної температури, відомих як Кельвін (K). Він описує відчуття чи зовнішній вигляд, як теплий (червоний) чи холодний (синій). Нижче наведено на рисунку 2.1 посібник з бажаного діапазону колірної температури для стадіонів FIFA.

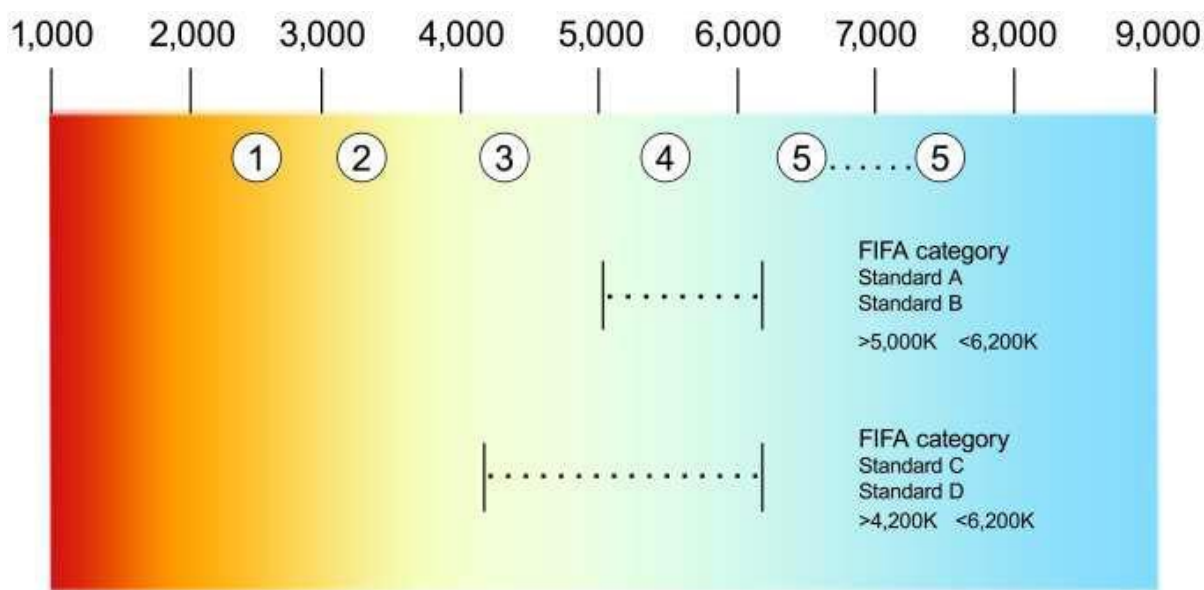


Рисунок 2.1 – CCT для стадіонів FIFA

CRI є якістю світла і його здатністю точно відтворювати кольори об'єктів. Передача кольорів виражається в балах від 0 до 100 Ra за індексом кольору (CRI). Чим вище значення CRI, тим краще здатність джерела світла точно відтворювати колір об'єктів, які він висвітлює.

Вимоги ФІФА передбачають, що система освітлення повинна мати хорошу перенесення кольорів, значення CRI стандартів FIFA A і B більше Ra80, а значення CRI стандартів FIFA C і D більше Ra70.

2.3. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАДІОНУ

Рівень освітленості в горизонтальній площині (E_g) є критичним фактором, який слід враховувати, оскільки саме на ньому зосереджена більшість поля зору людей, у тому числі тих, хто знаходиться на майданчику та глядачів. Середнє вимірювання горизонтальної освітленості на ігровому полі допомагає визначити оптимальні умови для адаптації очей і забезпечує візуальний фон, на якому можна спостерігати за гравцями та спортивним обладнанням, наприклад м'ячами.

Для забезпечення оптимальної видимості та ідентифікації гравців під усіма кутами важливо мати відповідне освітлення у вертикальній площині (E_v). Це особливо важливо під час спостереження за вертикальними об'єктами, такими як гравці, які можуть бути представлені у вигляді вертикальних площин по відношенню до лінії зору спостерігача. Тому необхідно впроваджувати спеціалізоване освітлення для вертикальних площин, які орієнтовані в різних напрямках.

Крім того, важливо, щоб освітлення на вертикальних поверхнях забезпечувало чітку видимість спортивного обладнання, зокрема м'яча, який постійно рухається по майданчику. Вертикальне освітлення значною мірою впливає на якість фото - чи відеозображення.

Коли справа доходить до імітації тіл гравців з усіх боків, освітлення використовується у вертикальних площинах, щоб відтворити напрямок світла.(див. рис. 2.2).

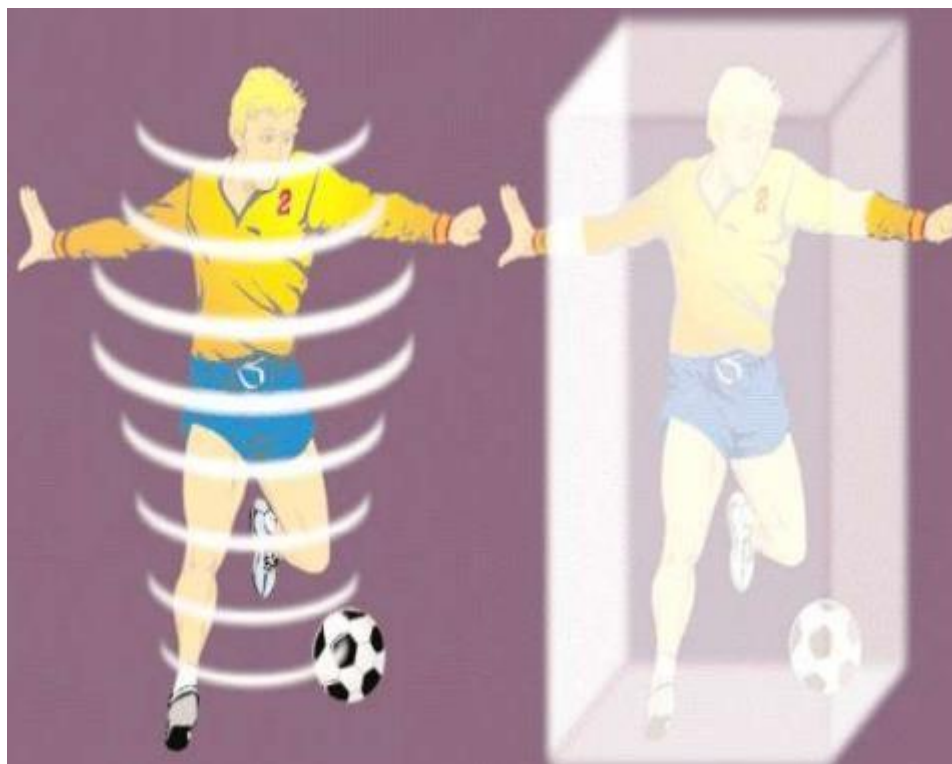


Рисунок 2.2 – Моделювання спостереження гравця у вертикальних площинах

Забезпечуючи рівномірне освітлення як на вертикальних, так і на горизонтальних поверхнях, можна ефективно запобігти різким змінам яскравості в полі зору спортсменів і глядачів. Нерівномірний розподіл освітлення може суттєво погіршити видимість, особливо для ігрових об'єктів або гравців, розташованих на певних позиціях на спортивному полі. Цей параметр зазвичай кількісно визначається як співвідношення між мінімальною та максимальною освітленістю (E_{\min}/E_{\max}), середньою та максимальною освітленістю ($E_{\text{сер}}/E_{\max}$) або мінімальною та середньою освітленістю ($E_{\min}/E_{\text{сер}}$).

Для виконання стандартів і нормативних значень освітленості шкільного спортивного майданчика завданням у кваліфікаційній роботі було розробити модель освітлювальної установки, яка б створювала конкретні рівні освітленості у відведених місцях спортивного майданчика.

Для виконання поставленого завдання розрахунку прожекторної Важливо встановити освітлення спортивного майданчика.

Технічні умови включають визначення необхідної кількості прожекторів для досягнення заданого рівня освітленості стандартизованих поверхонь у межах

спортивного майданчика, а також визначення точних координат для встановлення опор та відповідного розташування прожекторів. Крім того, вказівки передбачають встановлення відповідної висоти для монтажу прожекторів над поверхнею, що освітлюється, визначення кутів нахилу у вертикальній площині та визначення кутів повороту в горизонтальній площині.

При співпраці над проектами освітлення доцільно використовувати зосереджене розташування точкових світильників. Щоб досягти цього, рекомендується наступний метод. Розрахунок базується на використанні кривих, які представляють однаковий рівень освітлення від одного прожектора. Однак ці криві використовуються лише як проміжний крок для побудови графіків, які зображують однаковий рівень освітлення від груп прожекторів. У цьому контексті під групою точкових світильників розуміють кілька точкових світильників, які встановлені на одній опорі на однаковій висоті від освітлюваної поверхні та мають однаковий кут нахилу у вертикальній площині. Крім того, прожекторна щогла разом з усіма встановленими на ній прожекторами вважається потужним «ліхтарем». Розподіл світлового потоку і результуюча освітленість навколишнього простору буде змінюватися в залежності від кількості встановлених на щоглі прожекторів і параметрів їх установки.

Під час приблизних оцінок зазвичай можна використовувати методи світлового потоку або питомої потужності, описані раніше. Під час розрахунку прожектора рекомендується враховувати коефіцієнт запасу освітленості 1,5, який враховує вплив накопичення пилу на рефлектор і захисне скло, а також те, як це впливає на характеристики освітлення прожектора.

Щоб розпочати процес розрахунку освітлення прожекторів, основна увага полягає у встановленні нормалізованих значень освітлення в горизонтальній площині. Що стосується вертикальних площин, то розрахунок зводиться до визначення необхідної освітленості.

Використання прожекторів зарезервовано для важливих випадків, таких як зйомка шкільних змагань за допомогою фотографії чи відео. Визначаючи розміщення та орієнтацію прожекторів, слід уважно врахувати ймовірну лінію видимості спортсменів та уникнути будь-якого потенційного ризику

спричинення тимчасової сліпоти.

Щоб відповідати нормам і зменшити відблиски, спричинені прожекторами, необхідно підтримувати певне співвідношення між осьовою силою прожектора та квадратом його висоти над рівнем очей спостерігача. Цей коефіцієнт не повинен перевищувати 300. Рівняння, яке використовується для визначення мінімально допустимої висоти для встановлення точкових світильників, базується на цій вимозі.

$$H = \sqrt{\frac{I_{\text{макс}}}{300}} \quad (2.1)$$

або

$$H = 0.058 \sqrt{I_{\text{макс}}} \quad (2.2)$$

Мінімально допустима висота установки прожекторів регламентується за умови створення на освітлюваній території освітленості, що відповідає нормам. Якщо ж на території створюється більша освітленість, ніж цього потребують норми, то можна, зберігаючи ті ж умови видимості, дещо скоротити мінімально допустиму висоту установки прожекторів.

Якщо понижати висоту встановлення прожекторів до значення H_1 , освітленість, що у таких випадках повинна бути створена, за дослідженнями В. В. Мешкова, можливо для практики з достатньою точністю визначатися по формулі:

$$E \geq \frac{E_n}{H_1} \sqrt{3.33 \cdot 10^{-3} I_{\text{макс}}} \quad (2.3)$$

де E_n – освітленість, яка визначається замовником, лк; H_1 – допустиме значення висоти розташування прожекторів, м.

Визначення оптимальної висоти для установки прожекторів - це багатогранний процес, який передбачає врахування різних факторів. Крім оцінки потенційного відблиску, місцеві умови також відіграють важливу роль у цьому процесі прийняття рішень. Наприклад, необхідно враховувати наявність високих конструкцій біля майданчиків, де можна встановити прожектори, а також наявність тіні. Крім того, досягнення бажаного балансу між вертикальним і горизонтальним освітленням має вирішальне значення. Важливо відзначити, що зі збільшенням висоти установки прожекторів відповідно збільшується горизонтальне освітлення, але зменшується вертикальне освітлення.

При виборі висоти опор прожекторів важливо враховувати фінансовий аспект. Чим вище опори, тим вони дорожчі. При зміні кута нахилу прожектора, який є кутом між горизонтальною лінією і напрямком оптичної осі прожектора, відбуваються істотні зміни форми, площі і освітленості світлової плями малюнок 2.3.

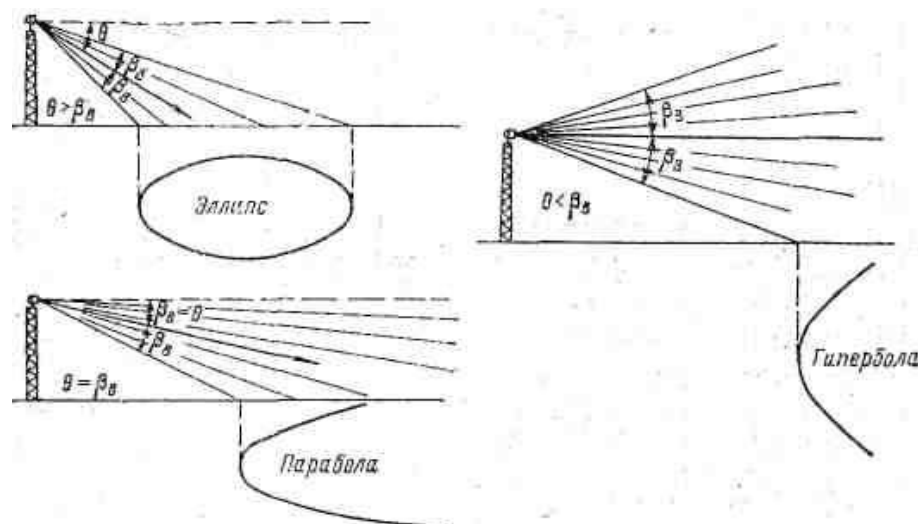


Рисунок 2.3 Залежність зміни форми світлової плями від кута орієнтації прожектора

Коли кут нахилу прожектора θ , більший за половину кута розсіяння по вертикальній площині ($\theta > \beta_v$), світлова пляма має еліптичну форму (рис. 2.2). Коли кути однакові θ і β_v – параболічну, а коли $\theta < \beta_v$ – її форма гіперболічна.

При направленні прожектора на освітлену поверхню в межах кута розсіювання коефіцієнт використання світлового потоку буде максимальним. Важливо зазначити, що цей сценарій не слід використовувати як доказ для того,

щоб відкинути ефективність використання менших кутів нахилу. Бувають окремі ситуації, коли підсвічування віддалених об'єктів або створення освітленості на вертикальній площині вимагає раціонального використання малих кутів нахилу, прожектори розташовуються на спеціально призначених прожекторних майданчиках, які передбачаються на опорах (див. рис. 2.4).



Рисунок 2.4 - Варіанти майданчиків для прожекторів

Для зображеного випадку утворення потрібної освітленості забезпечується прожекторним освітленням із кожної опори чвертини спортивної площадки, яка суміжна з прожекторною щоглою.

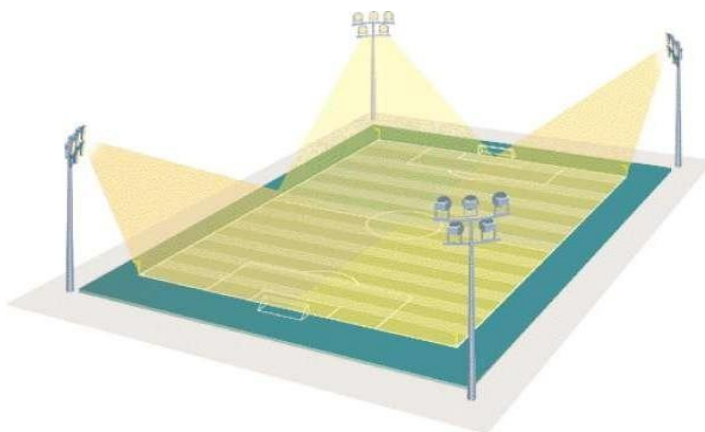


Рисунок 2.5 - напрямки світлового потоку прожекторів для всіх чотирьох прожекторних щогл

Щогли (опори) по кутах варто розміщувати поза межами можливого спостереження учасників занять на майданчику та поблизу до дотичних крайніх сторін майданчика. Розміщувати кутові щогли потрібно під кутом не менше 10

градусів за вужчою стороною майданчика і не менше 5 градусів до паралельних ліній до довгих сторін.

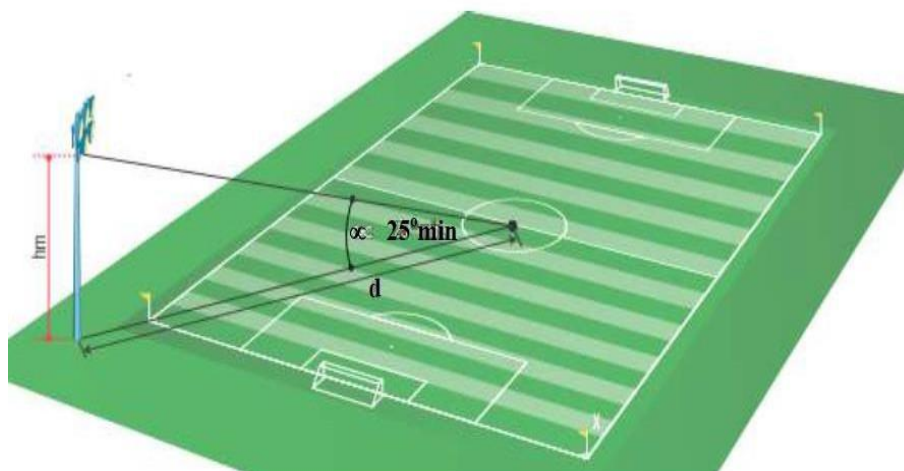


Рисунок 2.6 - Прожекторна площадка на мінімальній висоті встановлення

При бокових системах встановлення світильників є можливість використовувати нижчі опори, ніж при кутовому їх розташуванні. Використовуються найчастіше конфігурації із 4, 6 та 8-ми опор (щогл).

Бокові освітлювальні установки 4-х опор забезпечують кращі умови видимості глядачам у порівнянні із тими системами освітлення, коли 4 щогли виставляються у кута майданчика. Контролювати, так зване, заливаюче світло із системи 4-х щогл значно простіше, аніж, коли в освітлювальній установці 6 чи 8 місць для розташування прожекторів. У цьому незаперечна їх перевага.



Рисунок 2.7 Система 4-х щогл

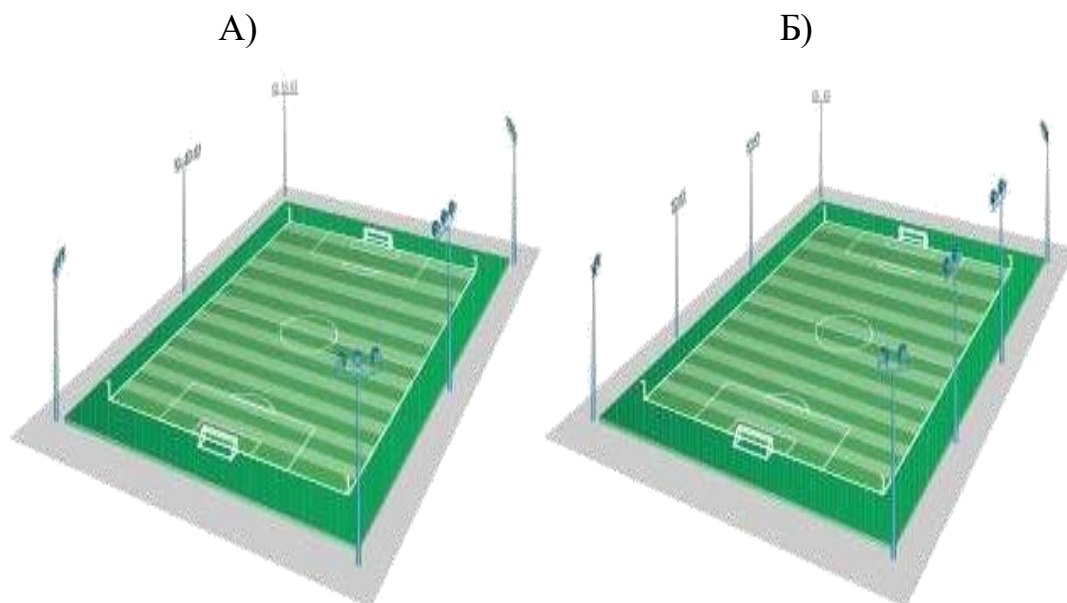


Рисунок 2.8 - 6-и (А) та 8-и (Б) щоглові установки

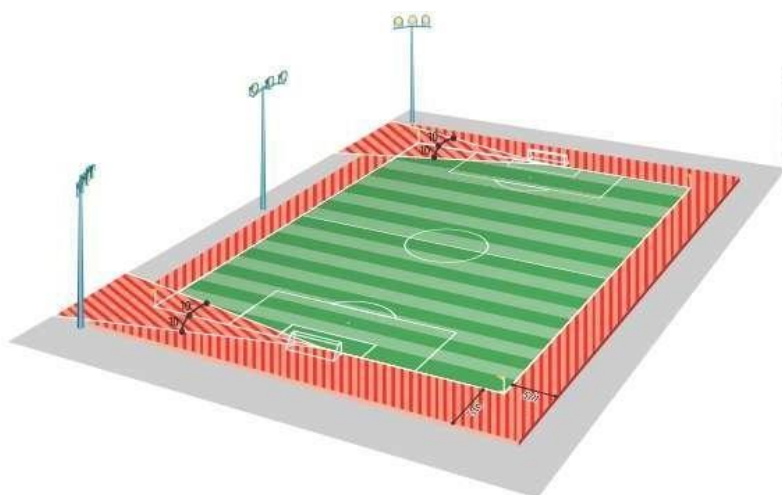


Рисунок 2.9 - допустиме розташування бічних щогл.

У ситуаціях, коли важливо зменшити вплив заливного освітлення на меншій висоті, використовується система освітлення, що складається з шести або восьми опор. Якщо ці опори розташовані поблизу помостів, допустимо розташовувати їх за межами глядацьких трибун. Щоб воротарі мали вільний огляд кутів спортивного поля, опори розташовуються під кутом не менше 10 градусів від стандартної лінії воріт.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У цьому розділі було розглянуто вимоги до системи живлення та освітлення футбольних стадіонів, що є критично важливими для забезпечення безперервності матчів та безпеки глядачів. Основні висновки можна підсумувати таким чином:

Вимоги до систем живлення:

1. Стійкість та резервування: Системи живлення стадіонів повинні бути розроблені з урахуванням високого рівня стійкості та резервування, щоб забезпечити надійне функціонування під час різних подій. Це включає можливість збільшення чи зменшення резервування залежно від потреб.

2. Основне джерело енергії: Основним джерелом енергії зазвичай є комунальне електропостачання, яке є найбільш економічно ефективним і стабільним.

3. Генератори та резервне живлення: Важливо забезпечити резервні джерела живлення, такі як генератори, які можуть бути встановлені постійно або орендовані тимчасово для конкретних подій.

4. Категоризація навантажень: навантаження на стадіон повинні бути класифіковані, щоб визначити обсяг і тип резервної потужності, необхідної для кожного з них. Це допоможе ефективно розподілити ресурси та забезпечити стабільність системи.

Вимоги до системи освітлення стадіону:

5. Значення освітлення: освітлення є критично важливим для проведення нічних ігор, забезпечуючи якісні умови для гравців і глядачів, а також для трансляцій.

6. Стандарти освітлення: система освітлення повинна відповідати різним стандартам залежно від типу події (тренування, внутрішні чи міжнародні змагання) та забезпечувати відповідну якість зображення для телетрансляцій.

Це включає параметри вертикальної освітленості, рівномірності інтенсивності світла, колірної температури та індексу кольору джерела світла.

7. Технологічні вимоги: системи освітлення стадіонів повинні враховувати високі технологічні вимоги для забезпечення яскравості, чіткості та точності кольорів зображень, що транслюються.

Практичне значення отриманих результатів:

Впровадження розроблених систем живлення та освітлення дозволить забезпечити стабільне та безперервне проведення матчів на стадіонах різних рівнів, від великих міжнародних матчів до місцевих спортивних заходів. Це також підвищить безпеку глядачів та учасників подій, знизить ризики пов'язані зі збоями електроживлення та покращить якість телетрансляцій.

Обмеження та перспективи:

Одним з обмежень може бути висока вартість впровадження та обслуговування таких систем, особливо для менших стадіонів. Проте, подальші дослідження та розвиток технологій можуть допомогти знизити ці витрати та підвищити ефективність систем. Перспективи досліджень можуть включати впровадження відновлюваних джерел енергії та розробку нових технологій для покращення енергоефективності стадіонів.

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

3.1. ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Що стосується сучасного освітлення, то оптимальним вибором є світлодіодний прожектор. Беззаперечні переваги світлодіодних (LED) технологій перевершують переваги традиційних джерел освітлення. Світлодіоди зробили революцію в енергоефективності, що призвело до значного зниження витрат, що є вирішальним фактором, враховуючи поточні тарифи на електроенергію. Серед основних застосувань світлодіодів використання світлодіодних прожекторів виділяється як пріоритет.

Енергозберігаючі світлодіодні прожектори забезпечують відмінну якість освітлення. Ці універсальні точкові світильники можна використовувати як у приміщенні, так і на вулиці, залежно від їх потужності. Що стосується зовнішнього освітлення, світлодіодні прожектори є найкращим вибором.

Найважливіше використання світлодіодного прожектора виявляється через переваги, які він пропонує. По суті, цей варіант прожектора виявляється найважливішим.

Це освітлення автостоянок, будинків, вулиць, ландшафтів, паркових зон, реклами, стадіонів, будівельних майданчиків, спортивних залів для різноманітних ігор.

У цій дискусії я зосереджуюся на основних перевагах світлодіодних прожекторів, які використовують світлодіодну технологію як джерело світла. Включення світлодіодів у прожектори дає низку переваг у порівнянні з іншими подібними пристроями, такими як галогенні лампи, лампи DnAT та DRI.

- Цей виріб має максимальний термін служби 20 000 годин.
- При роботі на номінальній потужності 30 Вт випромінює світловий потік 2400 лм.

Першокласний світлодіодний прожектор має здатність надійно працювати за різних температур, що робить його придатним для використання в складних

умовах. Міцний алюмінієвий корпус забезпечує достатню міцність і довговічність, пропонуючи захист від потенційних пошкоджень. Світлодіоди, які використовуються в цих освітлювальних приладах, бездоганно працюють протягом року, незалежно від несприятливих погодних умов. Крім того, покриття корпусу стійке до ультрафіолетового випромінювання, що гарантує, що його зовнішній вигляд залишається незмінним протягом усього терміну служби виробу.

Коли прожектор працює, він генерує тепло, яке ефективно розсіюється за допомогою компонентів, що розсіюють тепло. Ці елементи працюють для швидкого зниження температури працюючого елемента. Це особливо важливо, коли прожектор використовується в приміщенні.

Якщо мова йде про освітлення вулиць або паркових зон біля спортивних майданчиків, світлодіодний прожектор є беззаперечно безпечним варіантом. Не тільки це, але й його енергоефективність також чудова. Насправді ці точкові світильники споживають значно менше електроенергії порівняно з поширеними галогенними альтернативами. Хоча початкова вартість першокласного світлодіодного прожектора може бути дещо вищою, у довгостроковій перспективі він виявляється вигідною інвестицією завдяки подовженому терміну служби. Це особливо вигідно, враховуючи клопоти, пов'язані із заміною компонентів освітлення.

Розглядаючи впровадження світлодіодних точкових світильників, важливо брати до уваги конкретну область, де вони будуть використовуватися, а також призначений рівень захисту. Для внутрішнього освітлення рекомендується прожектор IP 44, тоді як для зовнішнього освітлення більше підходить прожектор IP 65. Технічний паспорт виробу містить детальну інформацію щодо його довговічності. Крім того, слід враховувати такі фактори, як кут розсіювання світлового променя, форма корпусу прожектора та будь-яке додаткове обладнання, яке використовується під час роботи. Одним із популярних варіантів

є включення датчика руху, що виявляється дуже зручним для особистого використання та забезпечує значну економію енергії.

Після того, як ви визначили світлодіодний прожектор, який найкраще відповідає вашим вимогам і який можна легко придбати, важливо вивчити стратегії вибору та ціни компаній, які пропонують сучасні освітлювальні рішення. Численні веб-сайти пропонують різноманітний асортимент сучасних прожекторів із різноманітними функціями, що робить вибір ідеального варіанту простим завданням.

Світлодіодні лампи використовують світлодіоди як джерело світла. Однією з основних переваг світлодіодних ламп є їх значно менше енергоспоживання в порівнянні з лампами, що живляться від альтернативних джерел енергії. Крім того, світлодіодні лампи мають подовжений термін служби. Крім того, процес встановлення світлодіодних джерел є простим, залежно від конкретного типу лампи. Ресурс світлодіодної лампи становить до 25 тисяч годин для корпусних світлодіодів і до 100 тисяч годин для SMD світлодіодів.

Світлодіодні лампи є найбільш перспективним напрямком розвитку світлотехніки в електротехніці. Вони все частіше використовуються в офісних і промислових приміщеннях, а також на складах, в театрах, магазинах, торгових центрах і навіть для зовнішнього освітлення будівель, спортивних майданчиків, стадіонів і прилеглих територій. У виробництві світлодіодних ламп використовуються тільки високоякісні світлодіоди типу SMD. Термін служби цих ламп у 5 разів довший, ніж у традиційних ламп розжарювання, і в 2 рази довший, ніж у люмінесцентних ламп, що призводить до значної економії витрат на енергію для будівель. Станом на початок 2010 року світлодіодні лампи досягли тих же технічних стандартів, що й найкращі люмінесцентні лампи. Однак, на відміну від люмінесцентних ламп, на світлодіодні лампи не впливає часте вмикання та вимикання, що робить їх придатними для використання в будь-якій промисловості, навіть у ситуаціях, коли можуть виникнути перебої з електропостачанням.

Світлодіодні лампи отримали значне визнання серед споживачів і стрімко домінують на ринку електроустановочної продукції. Їх привабливість полягає в їх універсальності та можливості змінювати колір випромінюваного світла. Крім того, світлодіодні лампи бувають різних розмірів, що дозволяє використовувати їх як освітлювальні прилади в будь-якій частині інтер'єру, наприклад, стіни з гіпсокартону або підвісні стелі в спортивних залах.

Коли справа доходить до заміни традиційних джерел світла світлодіодними лампами, немає необхідності змінювати конструкцію лампи. Це пояснюється тим, що світлодіодні лампи відповідають стандартному розміру цоколя та мають розміри, які відповідають звичайним джерелам світла. Щоб проілюструвати переваги світлодіодних джерел випромінювання для проектування освітлення шкільних спортивних майданчиків, розглянемо приклад лампи LED TM 220.

На упаковці ламп міститься інформація про їх технічні характеристики, зокрема термін служби 30 000 годин, відповідність стандартам пожежної безпеки та екології, енергоефективність. У більшості випадків яскравість світіння світлодіодів перевершує яскравість світіння традиційних ламп, а також вони стійкі до перепадів температур під час експлуатації. Щоб забезпечити належне функціонування світлодіодів, необхідний перетворювач, як показано на малюнку 2.10. Цей перетворювач перетворює змінний струм від електромережі в необхідний постійний струм і регулює його надходження під час роботи світлодіода. Для ефективного використання енергоефективних джерел живлення рекомендується використовувати світлодіодні драйвери, які перетворюють змінний струм від міської електромережі (напругою 220/380 В і частотою 50 Гц) в постійний струм, необхідний для світлодіодів. Це перетворення також захищає світлодіоди від коливань напруги.

Деякі драйвери розроблені для роботи конкретної системи світлодіодного освітлення, а інші сумісні з найбільш поширеними типами світлодіодів. Світлодіодні драйвери зазвичай мають компактні розміри, що дозволяє їх легко розмістити в розподільній коробці світлодіодного освітлення. Вони

демонструють чудову ефективність у багатьох системах світлодіодного освітлення та мають можливість дистанційного керування джерелом живлення.



Рисунок 3.1 – LED-drivers – блок живлення

Задачі драйверів – виконувати сервонування світлодіодів, при необхідності приглушувати зміну кольоровості спектру свічення. Системи контролю такі як фотоелементи, датчики присутності, задимлення, пульти дистанційного керування, автоматизовані системи освітлення є сумісними із такими драйверами світлодіодних систем освітлення.

Завдяки широкому асортименту освітлювальних приладів, доступних на ринку, зручно підібрати відповідні прожекторні лампи з фотометричними, спектральними, електротехнічними та економічними характеристиками, які відповідають вимогам, зазначеним у кваліфікаційній роботі. Для розробки моделі та проектування освітлювальної установки я зупинив свій вибір на вітчизняному ДО72У (виробництва ТОВ «ОСП Корпорація Ватра») у варіанті ДО72У-120-03 У1. Крім того, для порівняння я вибрав світлодіодний прожектор GL-FL120 (виробництва Philips) через його відповідність поставленим завданням та електротехнічні та світлотехнічні параметри, які мають переваги перед аналогічними освітлювальними приладами. Тут я надам короткий огляд їхніх ключових характеристик. Світлодіодний прожектор ДО72У.



Рис. 3.2 Світлодіодний прожектор ДО72У

Світильник світлодіодний ДО72У-120-03 У1, представлений на рисунку 3.2, відповідає вимогам, викладеним у вітчизняних ТУ У 27.4-33680115-043:2012. Ця універсальна лампа типу прожектора підходить для широкого діапазону цілей освітлення.

Світильники можна використовувати в різних місцях, таких як транспортні зони, промислові приміщення, будівельні майданчики, залізниці, сільськогосподарські поля та спортивні комплекси. Корпусні деталі світильників виготовлені з високоякісних алюмінієвих сплавів, а монтажний кронштейн виготовлений із сталевого прокату. Світлопроникний елемент - модифіковане прозоре плоске загартоване скло. Ці світильники оснащені електронним джерелом живлення Mean Well і пропонують опцію джерел світла Gree або Seoul Semiconductor. Блок живлення підключається через один кабельний вхід, для якого потрібен кабель діаметром від 6 до 12 мм. Провід, який використовується для підключення, має перетин від 1,5 до 4 мм² в залежності від потужності обраного джерела світла.

Основні характеристики освітлення цього продукту включають напругу живлення 220 В, ступінь захисту IP65 і діапазон потужності 60, 100 або 120 Вт, залежно від уподобань користувача. Світловий потік коливається від 7200 до 14400 лм, що відповідає обраному варіанту потужності. Для конкретної моделі ДО72У-120-03 У1 інтенсивність світла при кутах розсіювання 2α становить відповідно 75, 58 і 30 куб. Кути розсіювання 2α для горизонтального та

вертикального напрямків при $I=0,5 \cdot I_{\max}$ становлять 15/15, 20/20 та 25/25. Детальні криві інтенсивності світла можна знайти на малюнках 3.2 і 3.3, представлені як у прямокутній, так і в полярній системах.

Програмне середовище DiaLux спеціально вибирає цей світлодіодний прожектор для моделювання освітлювальних установок, усуваючи потребу в додаткових програмних інструментах для визначення просторового розподілу його світлового потоку.

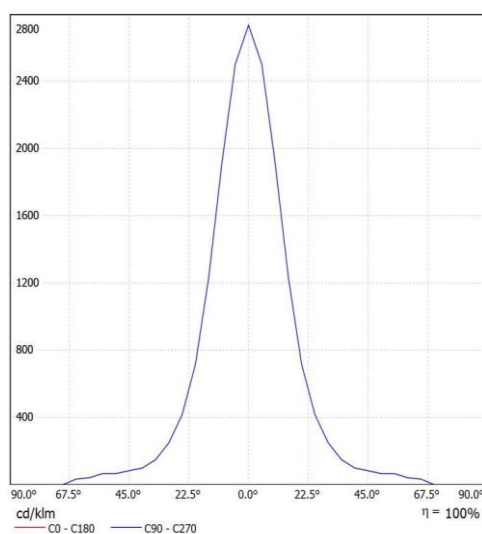


Рисунок 3.3 Крива сили світла прожектора ДО72У-120-03 У1 у кд/клм
(прямокутна система координат)

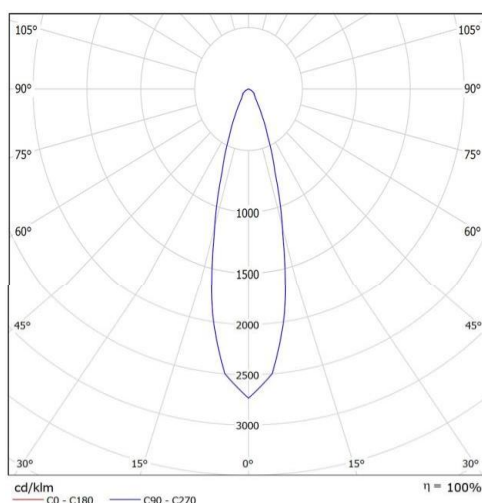


Рисунок 3.4 Крива сили світла прожектора ДО72У-120-03 У1 у кд/клм
(полярна система координат)

Прожектор світлодіодний марки GL-FL120.

Світлодіодний прожектор GL-FL120, як показано на (Рис. 3.5), споживає електроенергію 110 Вт. Це конкретне освітлювальне рішення було розроблено як заміну традиційним люмінесцентним лампам і лампам розжарювання, головним чином з метою

Спортивний комплекс оснащено високопродуктивним світлодіодним чіпом Philips Lumileds, який ефективно перетворює електричну енергію у видимий потік світла.

Прожектор має вражаюче тривалий термін служби понад 30 000 годин. Передбачається, що він працюватиме протягом шести-восьми годин у темний час доби, оскільки передбачається, що природного освітлення буде достатньо для спортивного майданчика протягом світлового дня.

Виходячи з цього розрахунку, прожектор має потенціал для роботи понад п'ятнадцять років, що призведе до значної економії витрат на технічне обслуговування..



Рисунок 3.5 - GL-FL120 світлодіодний прожектор

У прожектора GL-FL120 забезпечується якісне свічення холодного білого відтінку кольору з кольоровою температурою 6000 К та індексом кольоропередачі R більшим рівним 80. Для серії FloodLight характерне не лише понижене споживання електроенергії в порівнянні з аналогічними традиційними світильниками, але й зменшення вази на 40%. На 30% збільшилась ефективність цієї серії у порівнянні з серією SportLight.

Також для регулювання режиму освітлення використаю інтелектуальне реле Zelio Logic. Інтелектуальні реле Zelio Logic призначені для керування простими системами автоматизації й поєднують чудове співвідношення ціни-якості та зручність використання; вони є реальною альтернативою використанню кабельного логічного з'єднання й спеціальних карт.

Zelio Logic представлено двома лінійками: Compact, яка передбачає фіксовані конфігурації, і Modular, у якій використовуються модулі розширення. Інтелектуальні реле використовуються для ПІД-регулювання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, а також забезпечення можливостей підключення модема 2G/3G.

Zelio Soft є програмним забезпеченням для налаштування конфігурації Zelio Logic, яке забезпечує спрощене програмування маленьких установок мовою Ladder, FBD чи SFC. Будова контролера Zelio Logic представлено на рисунку 3.6



Рисунок 3.6 – загальний вигляд контролера Zelio Logic 2

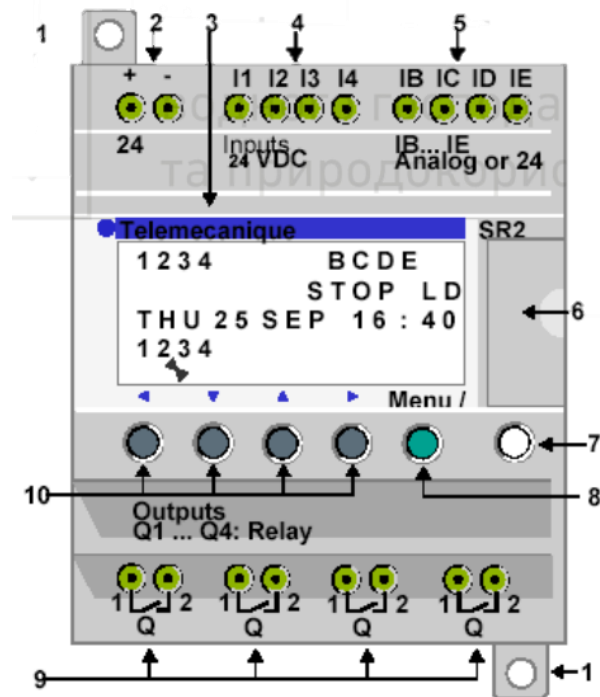


Рисунок 3.7 Вигляд передньої панелі контролера Zelio Logic 2

Позиція	Опис
1	Висувна монтажна ніжка
2	Гвинтові клеми для підключення живлення
3	Рідкокристалічний дисплей (4 рядки, 18 символів у кожному)
4	Гвинтові клеми для дискретних входів
5	Гвинтові клеми для аналогових входів (0...10 В), які можуть використовуватися як дискретні у деяких моделях
6	Роз'єм для резервної пам'яті або кабеля під'єднання ПК
7	Клавіша Shift
8	Клавіша вибору і підтвердження
9	Гвинтові клеми дискретних виходів
10	Клавіши-стрілки (або сконфігуровані Z-клавіши)

Таблиця 3.1 – опис панелі контролера Zelio Logic 2

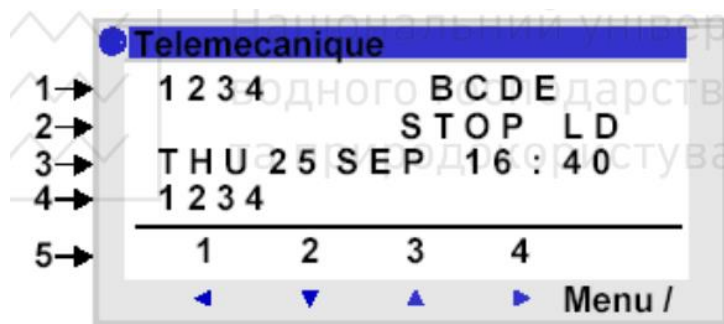


Рисунок 3.8 – екран контролера Zelio Logic 2

Позиція	Опис
1	Відображення стану входів (B...E відображають аналогові входи)
2	Відображення режиму роботи (RUN / STOP) та режиму програмування (LD / FBD)
3	Відображення дати (число і час для пристроїв, що підтримують таку можливість)
4	Відображення стану виходів
5	Контекстне меню / кнопки швидкого доступу / іконки, які відображають режим роботи

Таблиця 3.2 - опис екрана контролера Zelio Logic 2

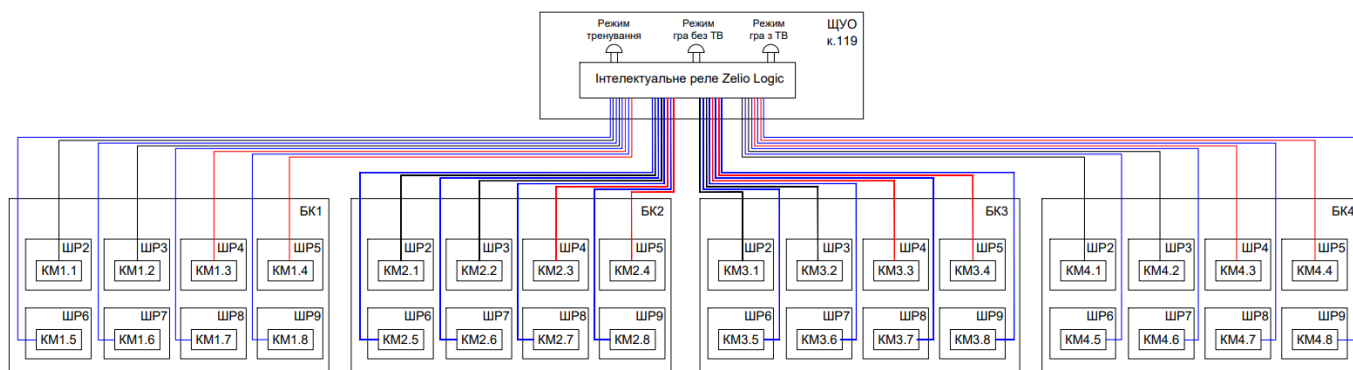


Схема 3.1 - ЩУО. Логічна схема щита управління освітленням зони гри

Примітки:

- 1) ЩУО повинно забезпечити 3 режими освітлення футбольного поля:
 - Режим "Тренування";
 - Режим "Гра без ТВ"; - Режим "Гра з ТВ трансляцією".
- 2) Режим "Тренування". Контактори під номерами 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 вмикаються разом.

3) Режим "Гра без ТВ". Контактори вмикаються поступово з витримкою часу 10 хвилин між ступенями.

- первая ступень: вмикаються контактори під номерами 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 - разом;

- вторая ступень: вмикаються контактори під номерами 1.3, 1.4, 2.3, 2.4, 3.3, 3.4, 4.3, 4.4 - разом (через 10 хвилин після першої ступені);

4) Режим "Гра з ТВ трансляцією". Контактори вмикаються поступово з витримкою часу 10 хвилин між ступенями.

- первая ступень: вмикаються контактори під номерами 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 - разом;

- вторая ступень: вмикаються контактори під номерами 1.3, 1.4, 2.3, 2.4, 3.3, 3.4, 4.3, 4.4 - разом (через 10 хвилин після першої ступені);

- третья ступень: вмикаються контактори під номерами 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 разом (через 10 хвилин після першої ступені);

- четвертая ступень: вмикаються контактори під номерами 1.6, 2.6, 3.6, 4.6 разом (через 10 хвилин після першої ступені);

- пятая ступень: вмикаються контактори під номерами 1.7, 2.7, 3.7, 4.7 разом (через 10 хвилин після першої ступені);

- шестая ступень: вмикаються контактори під номерами 1.8, 2.8, 3.8, 4.8 разом (через 10 хвилин після першої ступені);

5) Інтервал часу можна зменшити під час виконання пуско-налагоджувальних робіт, переконавшись, що світильники запускаються.

6) В ЩУО необхідно передбачити ручне управління на випадок виходу з ладу інтелектуального реле.

3.2. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Технічні рішення прийняті в проєкті відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших діючих норм і правил та забезпечують безпечну експлуатацію споруди при дотриманні передбачених проєктом заходів. Обрана схема живлення одним кабелем в робочому режимі. При зникненні живлення на одному з введів виконується перемикання живлення перекидним рубильником на резервний ввід (перемикання споживачів 1-ої категорії проводиться автоматично за допомогою пристрою автоматичного перемикання резерву (АВР). У ввідний-розподільчому пристрої передбачається установка лічильників технічного обліку споживаної електроенергії. Введення і розподіл електроенергії $\sim 380/220\text{В}$ передбачається від проєктованого ввідно-розподільчого пристрою, розташованого в електрощитовій. Силові електроприймачами є споживачі технологічного и побутового забезпечення, вентиляційного, сантехнічного обладнання и електроосвітлення. Напряга сілової мережі прийнято $380/220\text{В}$, 50Гц. Для живлення силових електроприймачів передбачається установка розподільних щитів з автоматичними вимикачами на відхідних фідерах. Для відключення систем вентиляції у разі пожежі в ВРП на ввідному автоматі, що живить обладнання вентиляції, встановлюється незалежний розчеплювач з заведенням на нього контактом від пожежної сигналізації. Розетки та вимикачі встановити на стінах на висоті 0,8 м від рівня підлоги, крім тих, висота яких вказана на плані. Всі розетки мають захисні шторки. Остаточне розташування розеток і вимикачів уточнити при монтажі. Умовні позначення прийняті за ГОСТом 21.614-88 Розподільна мережа виконується кабелями з мідними жилами з ПВХ ізоляцією, які не розповсюджують горіння, з низьким димо-газовиділенням, прокладеними в приміщеннях за гіпсокартонними перегородками і над підвісними стелями в негорючих ПВХ гофротрубах. Живлення приладу пожежної сигналізації і щитів аварійного освітлення виконується вогнетривким кабелем з безгалогенові ізоляцією кабелем FLAME-X 950 (N) НХН FE180/E90 з вогнестійкістю не менше 90 хв. Лінії живлення аварійного освітлення і пожежної сигналізації прокладати окремо від інших кабельних ліній, кріпити їх вогнетривкими кабельними тримачами до стелі. Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом передбачається заземлення всіх металевих неструмоведучих частин електрообладнання, що не перебувають під напругою, але які можуть опинитися під нею внаслідок порушення ізоляції згідно вимог гл. 1.7. ПУЕ та ДСТУ Б В.2.5-82-2016, з системою заземлення TN-C-S. Як нульовий захисний провідник використовується одна з жил кабелів і проводів, що з'єднує обладнання з нульовою захисною шиною РЕ силових щитів. Нульові захисні

жили кабелів живлення, з'єднані через нульову захисну шину ВРП з зовнішнім контуром захисного заземлення за проектом наружних мереж. На введенні в будівлю виконати основну систему зрівнювання потенціалів шляхом приєднання до нульової захисної шини ВРП та до магістралі захисного заземлення, металевих частин будівельних конструкцій, сталевих труб систем центрального опалення, вентиляції та кондиціонування. Виконати додаткову систему зрівнювання потенціалів шляхом приєднання до нульових захисних шин розподільних щитів сталевим дротом Φ 6мм або гнучких мідними провідниками, металевих рам вікон і дверей, металевих кабельних лотків, трубопроводів всіх призначень і металевих корпусів технологічного обладнання. Монтаж і випробування виконувати відповідно до вимог СНиП 3.05.06-85 "Електротехнічні пристрої" і рішеннями 5.407-11, 5-407-49, 5.407-62 і 5.407-83. Акти на приховані роботи складаються на прокладку проводів під штукатуркою і всередині гіпсокартонних стін. Кабелі обрані по тривало допустимому навантаженні і перевірені на втрату напруги. Для прийому, розподілу та обліку електроенергії, представлена схема електрична принципова ввідно-розподільного пристрою ВРП, який складається з з вступних, комутаційних апаратів і приладів відхідних ліній, фідерів.

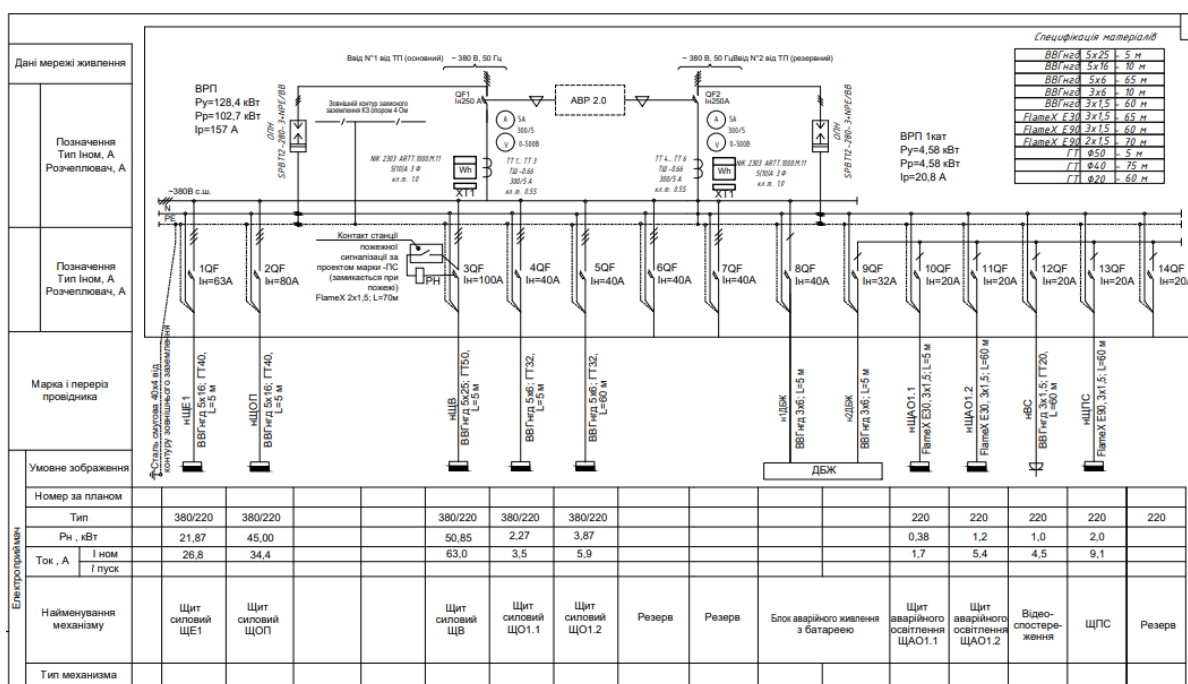
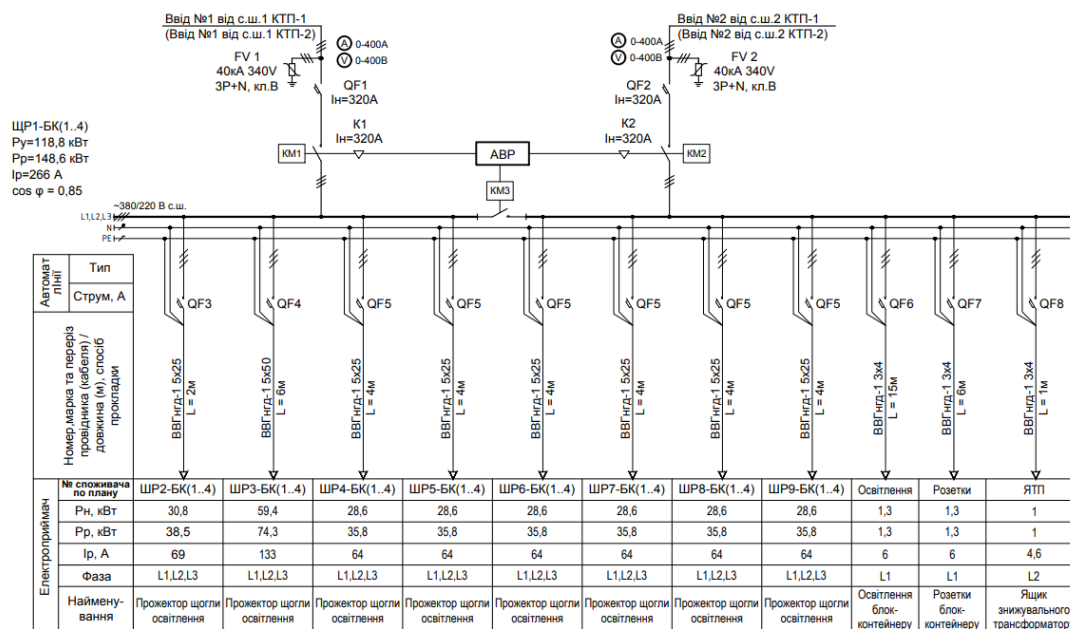


Схема 3.2 - Ввідно-розподільний пристрій ВРП. Схема електрична принципова однолінійна.

Примітки:

1. Довжини кабелів, проводів і гофро рукаві перед нарізкою уточнити безпосереднім виміром за місцем під час монтажу.
2. Проходи електророзводок через стіни виконати в гільзах з труб типу М-Р, врахованих в специфікації даного проекту.
3. Допускається заміна заводом-виробником апаратів щита на апарати іншого типу, характеристики яких відповідають характеристикам наведених на схемі.
4. Остаточна комплектація шафи ВРП уточнюється постачальником.

Схема 3.3 – лист ШР1-БК



Таблиця 3.3 – Специфікація обладнання до схеми 3.3

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл-ть	Примітки
	KM1..KM3	Контактор EATON 3р; I _г =320А	3	
	QF1, QF2	Вимикач автоматичний 3р; I _г =320А	2	
	QF3..QF6	Вимикач автоматичний 3р VZMB1 A100; I _г =100А	4	
	QF7..QF10	Вимикач автоматичний 3р VZMB2 A160; I _г =160А	4	
	QF11..QF13	Вимикач автоматичний FAZ B6/1 1р I _{н.р} =6А	3	
	VF1	ОПН 15кА 340V 3P+N, кл.В	2	компл.

Для управління різними режимами освітлення розроблено схему 3.4. Ящик управління освітленням стадіону - це спеціалізоване електрообладнання, призначене для централізованого керування освітленням стадіону. Він дозволяє вмикати, вимикати та регулювати яскравість освітлювальних приладів на стадіоні з одного місця.

Типова електрична схема принципова для такого ящика управління може включати:

- Вхідні кола живлення (трифазна мережа змінного струму)
- Автоматичні вимикачі для захисту від короткого замикання та перевантаження
- Контактори або реле для комутації силових ланцюгів освітлення
- Пристрої керування та управління (кнопки, перемикачі, таймери, контролери тощо)
- Кола сигналізації та індикації режимів роботи
- Можливість дистанційного керування через інтерфейси зв'язку

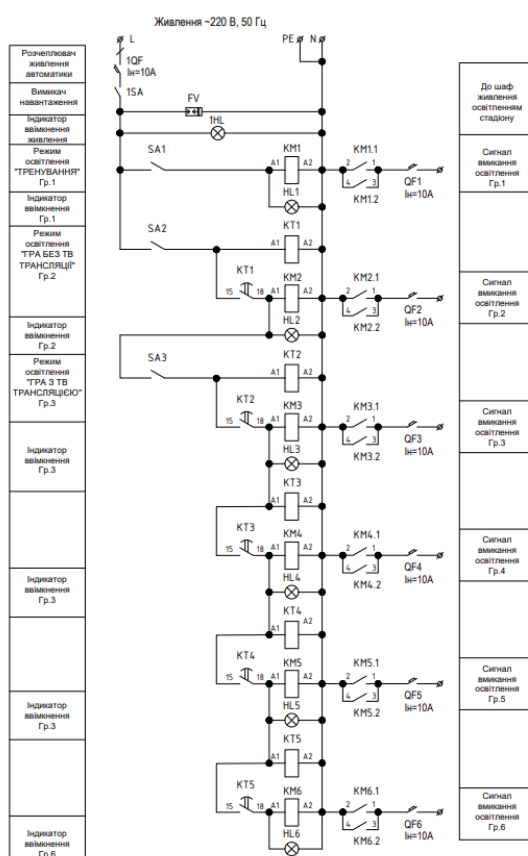


Схема 3.4 - Ящик управління освітленням стадіону. Схема електрична принципова

3.4 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

Проект системи освітлення футбольного поля виконаний на підставі наступних матеріалів:

1.«Регламент інфраструктури стадіонів та заходів безпеки проведення змагань з футболу УАФ 2020

2.«UEFA Stadium Infrastructure Regulations» 2018

3.«FIFA Guide to the artificial lighting of football pitches» 2002

4.«FIFA Football Stadiums Technical recommendations and requirements» 2011

Проектом передбачено виконання вимог до системи освітлення стадіону згідно до Категорії 4: Категорія 4 - для матчів, які транслюються, стадіон повинен бути обладнаний системою освітлення, яка відповідає наступним мінімальним рівням: середньої горизонтальної освітленості $E_h \text{ ave} > 1500 \text{ lx}^*$; коефіцієнти рівномірності горизонтальної освітленості $U_{1h} > 0,5$ та $U_{2h} > 0,7$; середньої вертикальної освітленості $E_v \text{ ave} > 1250 \text{ lx}$; мінімальної вертикальної освітленості $E_v \text{ min} > 700 \text{ lx}$; коефіцієнти рівномірності вертикальної освітленості $U_{1v} > 0,4$ та $U_{2v} > 0,5$. Щоб гарантувати продовження матчу у випадку збою електричного живлення, в наявності повинне бути джерело незалежного резервного живлення, яке було б здатне забезпечити повне еквівалентне значення інтенсивності світла.
Дополнительное требование середньої горизонтальної освітленості $E_h \text{ ave} > 2000 \text{ lx}^$;

Система освітлення стадіону працює у наступних режимах ввімкнення:

1. Тренування (схема 3.6)

2. Гра без трансляції по ТБ (схема 3.7)

3. Гра з трансляцією по ТБ (схема 3.8)

4. Аварійний режим з живленням від «Ввод 1» (схема 3.9)

5. Аварійний режим з живленням від «Ввод 2» (схема 3.10)

Освітлення стадіону виконано по 4-х щогловій схемі. Щогли освітлення встановлені на фундаменти та розташовані за трибунами стадіону. Розміщення щогл освітлення показано на схемі 3.5 – «схема розташування освітлювальних мачт та напрямки націлювання прожекторів».

Природно-кліматичні умови стадіону характеризуються наступними параметрами:

- Клімат
- помірно-континентальний
- Кліматична зона II
- Розрахункова температура: літня «+24°C», зимова «-24°C»
- Вітрове навантаження - 500 ПА
- Снігове навантаження 1200 ПА
- Вітрове навантаження при ожеледі - 300 ПА
- Річна кількість опадів 558 мм

Загальні вимоги до щогл освітлення. Прожектори змонтовані на щоглах освітлення висотою 46 метрів до нижнього ряду прожекторів та 52 метра до найвищого ряду. На кожній щоглі встановлено 54 прожектора в 6 горизонтальних рядах по 9 прожекторів в ряду.

Загальна встановлена потужність системи освітлення стадіону складає 453.6 кВт. Система живлення повинна забезпечити питаючу напругу 400В на ввіді у щоглу при роботі системи освітлення в режимі гри з трансляцією по ТБ. Для забезпечення безперервної ТБ трансляції передбачити живлення кожної щогли освітлення 2-ма кабелями живлення. Кожний кабель живлення повинен бути розрахований на живлення всіх прожекторів на щоглі. Проект виконано відповідно до діючих норм, правил, інструкцій, стандартів і забезпечує безпечну експлуатацію будівлі при дотриманні передбачених проектом заходів, а також норм і правил експлуатації.

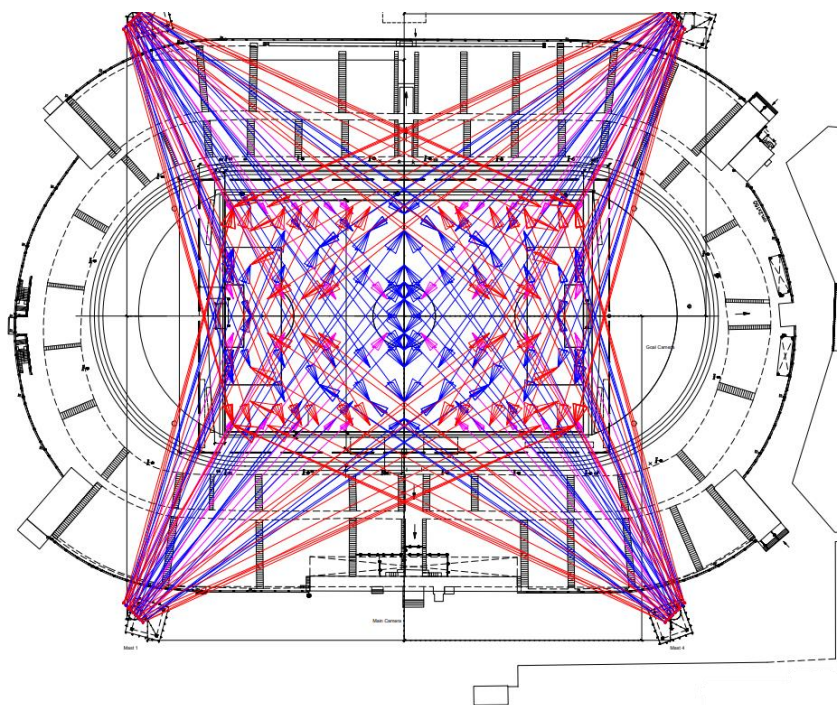


Схема 3.5 – розташування освітлювальних матчт та напрямки націлювання прожекторів

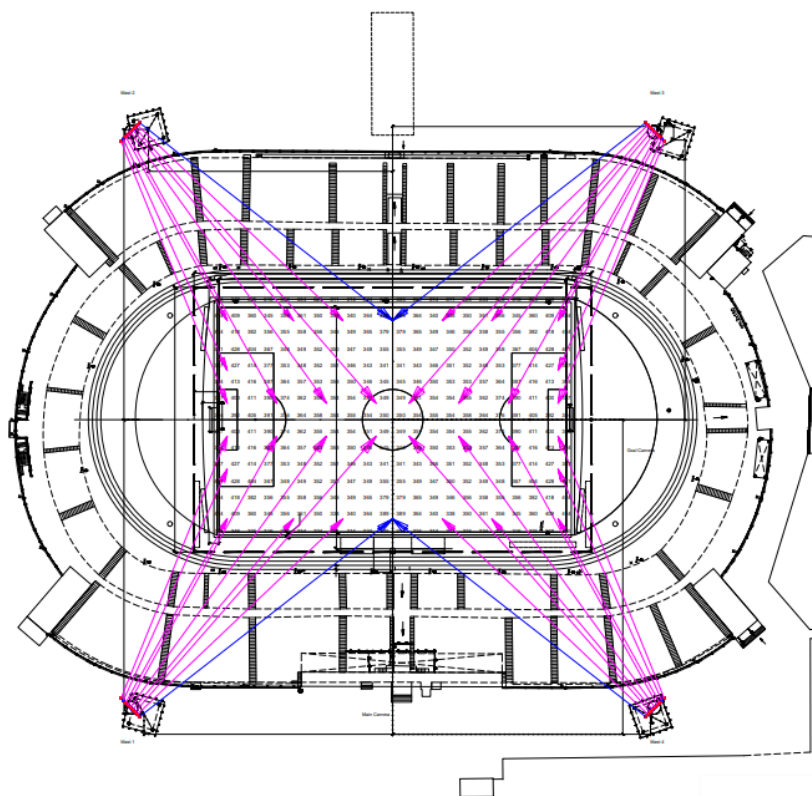


Схема 3.6 – Електроосвітлення зовнішнє, режим тренування.

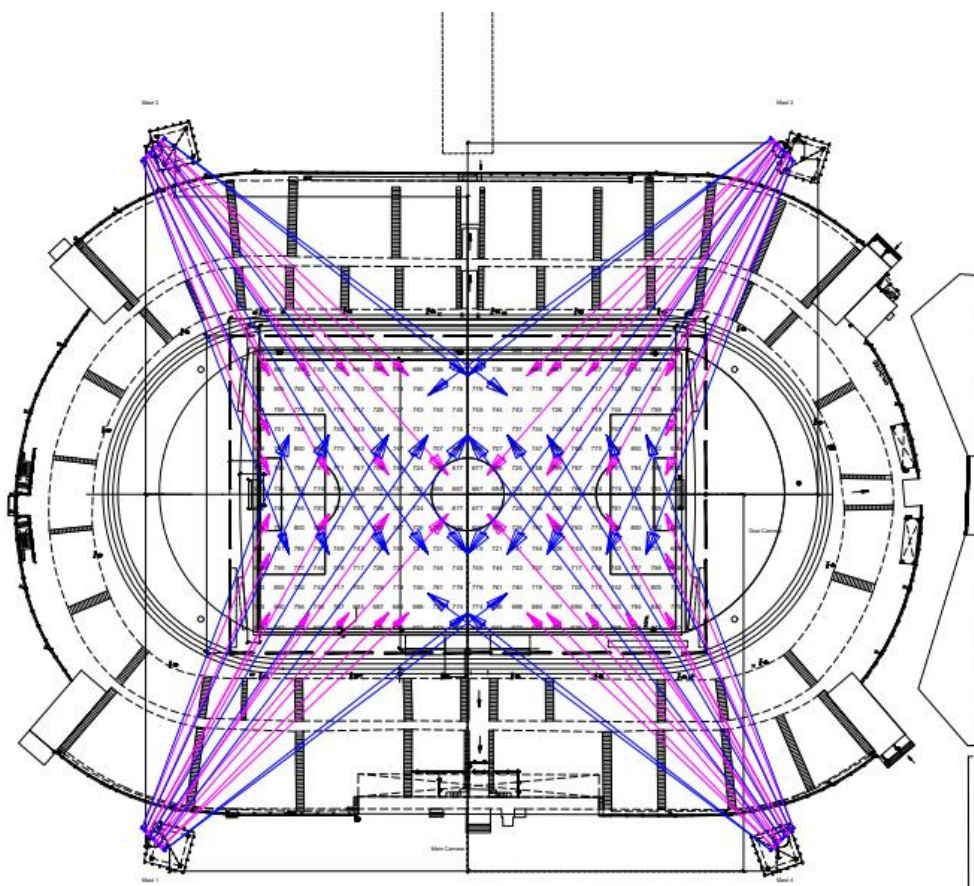


Схема 3.7 – Електроосвітлення зовнішнє, режим гри без ТВ трансляції

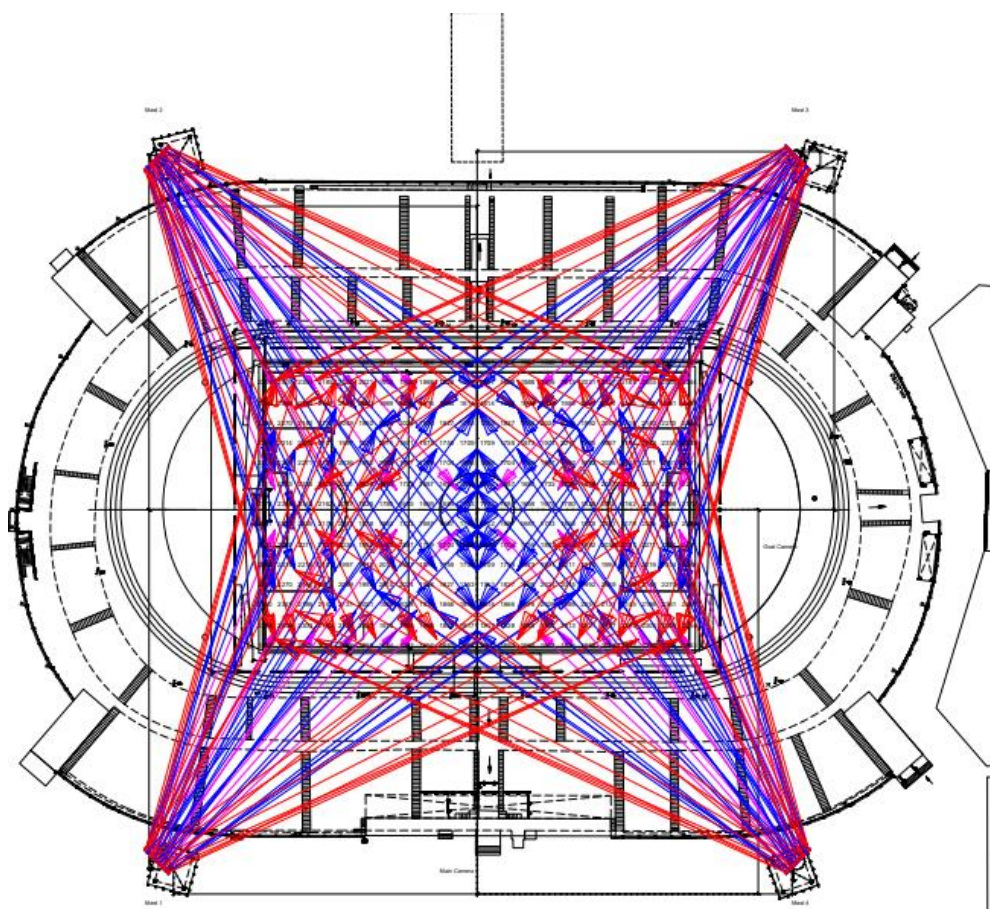


Схема 3.8 – Електроосвітлення зовнішнє, режим гри з ТВ трансляцією

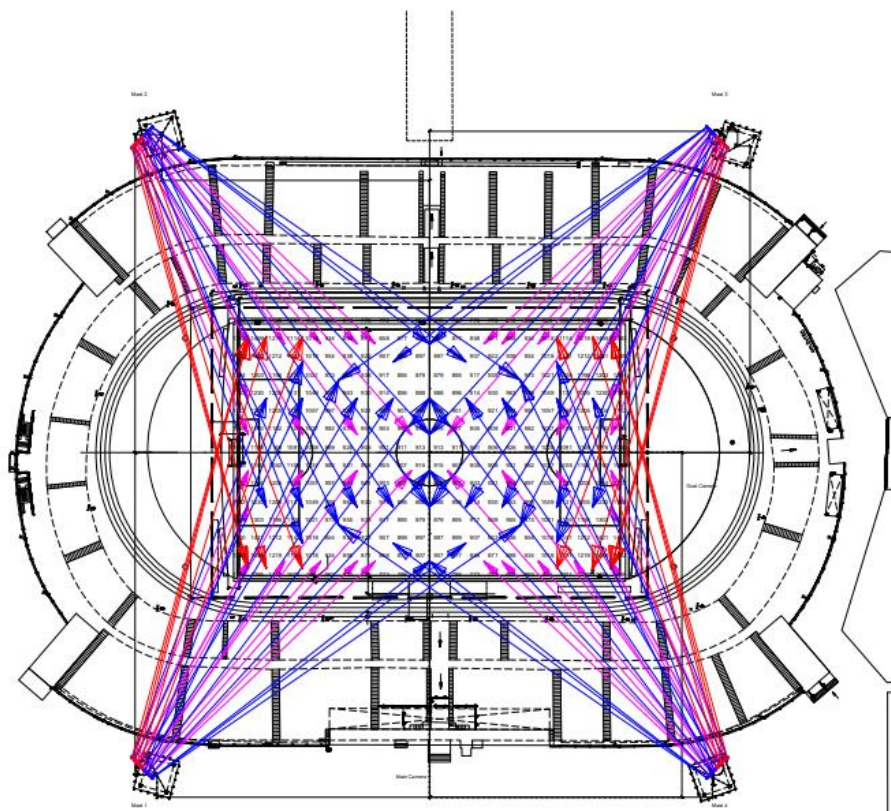


Схема 3.9 – Електроосвітлення зовнішнє, аварійний режим з живленням від «Ввод 1»

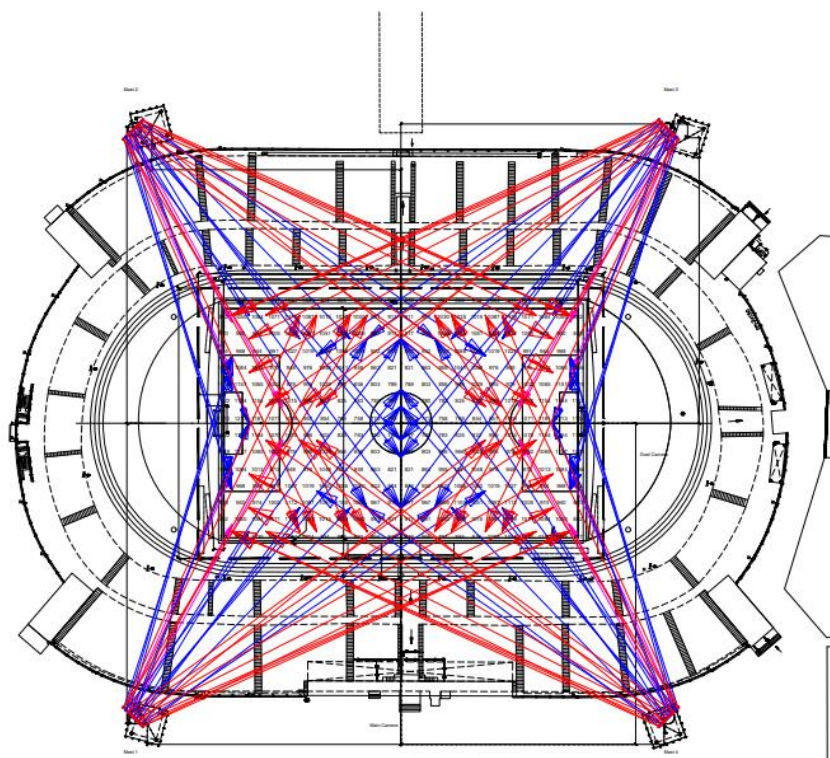


Схема 3.10 – Електроосвітлення зовнішнє, аварійний режим з живленням від «Ввод 2»

Розрахункові контрольні точки – це спеціально позначені місця на полі, де проводяться виміри рівня освітленості. Ці точки рівномірно розподілені по всій площі поля, щоб забезпечити об'єктивну оцінку освітленості.

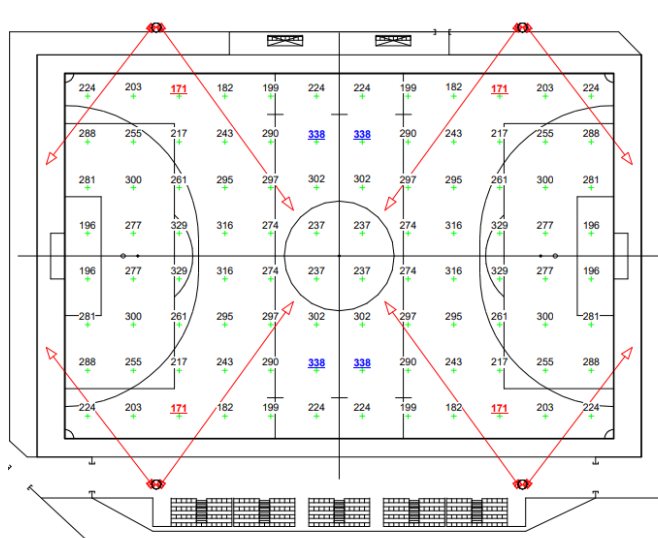


Рисунок 3.9 – Значення освітленості футбольного поля в розрахункових контрольних точка

Візуалізація розподілу освітленості є важливою задачею при проектуванні освітлення для футбольних стадіонів. Вона допомагає оцінити, наскільки рівномірно поле освітлення і виявити ділянки з недостатньою або непобутовою освітленістю. Це критично для забезпечення комфортних умов гри та трансляції матчів. Побудова теплової карти (рисунок 3.9) , на основі розрахункових даних створюється квітова карта, де різні кольори позначають різні рівні освітленості. Це наглядно показує, де освітлення найбільш/найменше інтенсивніше.

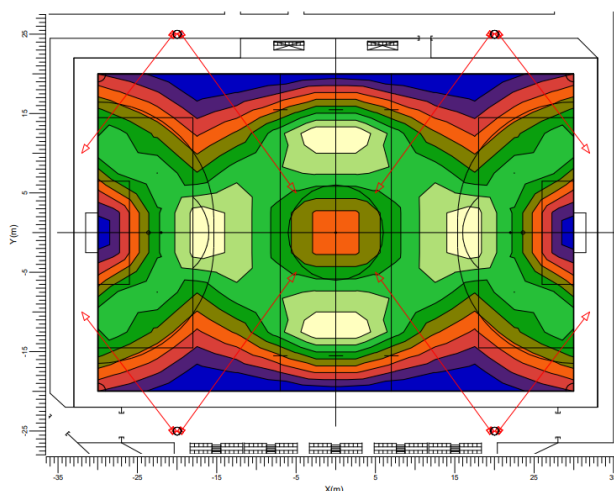


Рисунок 3.10 – Візуалізація розподілу освітленості по поверхні футбольного поля стадіону

3.4 РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ

Характеристики об'єкта проектування та вибір нормованих світлотехнічних характеристик. Об'єктом проектування є стадіон (рисунок 3.11), розташований в Полтавській політехніці. Стадіон призначений, як для тренувального процесу, так і для проведення домашніх матчів футбольного клубу політехніки.

Характеристики футбольного поля стадіону наступні:

1. довжина – 100 м;
2. ширина – 65 м;
3. відстань від бокової лінії футбольного поля до внутрішньої кромки асфальтових бігових доріжок – 1 м;
4. ширина бігових доріжок – 2,5 м



Рисунок 3.11 – Розміщення стадіону на карті НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Для освітлення стадіону виберемо чотирищоголову систему освітлення, дотримуючись наступних вимог:

- кут між перпендикуляром, опущеним на поздовжню вісь поля або її продовження з будь-якого світлового приладу, та горизонтальною площиною повинен становити не менше 27° (рисунок 3.8);

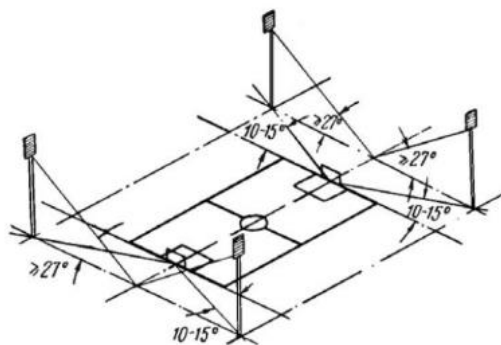


Рисунок 3.12 – Вимоги до розташування щогл при чотирищогловій системі освітлення

- лінія, котра знаходиться позаду лицьової лінії і з'єднує точки розміщення основ щогл, повинна знаходитись на відстані від лицьової лінії, достатній, щоб кут між напрямом від основи щогли на центр воріт і лицьовою лінією поля складав $10 - 15^\circ$.

- мінімальний кут між лініями, котрі сполучають основи щогл з серединою бокової лінії становить 5° . Розташуємо опори світлових приладів на відстані 8,5 м від бокової лінії футбольного поля та на відстані 7,5 м від лицьової лінії поля.

При цьому кут α між лініями, котрі сполучають основи щогл з серединою бокової лінії можна розрахувати за формулою:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\Delta a}{\frac{B}{2} + \Delta b}, \quad (3.1)$$

де $\Delta = a$ 7,5 м – відстань між лицьовою лінією та основами щогл;

$B = 65$ м – ширина футбольного поля;

$\Delta = b$ 8,5 м – відстань між боковою лінією та основами щогл. Підставивши

чисельні значення для Δa , B , Δb у формулу (3.1), отримаємо:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{7,5}{\frac{65}{2} + 8,5} = 10,4^\circ,$$

що допустимо, оскільки кут α має бути в межах від 10 до 15° . Кут β між лініями,

котрі сполучають основи щогл з серединою бокової лінії розрахуємо за формулою:

$$\beta = \arctg \frac{\Delta b}{\frac{A}{2} + \Delta a}, \quad (3.2)$$

де A – довжина футбольного поля;

Підставивши чисельні значення для Δa , A , Δb у формулу (3.2), отримаємо:

$$\beta = \arctg \frac{8,5}{\frac{100}{2} + 7,5} = 8,4^\circ,$$

що допустимо, оскільки мінімальне значення кута β повинне становити 5° .

Для такого розташування опор мінімальна висота H_{min} установки світлових приладів становить:

$$H_{min} = \frac{B}{2} \cdot \operatorname{tg} 27^\circ. \quad (3.3)$$

Підставивши значення $B = 65\text{м}$ у формулу (3.3), отримаємо:

$$H_{min} = \frac{65}{2} \cdot \operatorname{tg} 27^\circ = 16,5 \text{ м.}$$

Враховуючи результати, розмістимо світлові прилади на щоглах висотою 24 м (рисунок 3.9).



Рисунок 3.13 – Щогла для освітлення футбольного стадіону

Вибір площі поперечного перерізу проводів електричної освітлювальної мережі стадіону виконаємо, виходячи із результатів розрахунку на мінімум провідникового матеріалу.

Згідно цього методу площі, S поперечних перерізів проводів електричних освітлювальних мереж розраховуються на основі використання формули:

$$S = \frac{M_{II}}{c \cdot \Delta U} \quad (3,4)$$

де M_{II} – приведений момент електричного навантаження; c – коефіцієнт, який залежить від системи мережі, матеріалу й напруги і може набувати наступних значень:

для трифазної електричної мережі із нульовим проводом при напрузі 380/220В – $c = 72$;

для двофазної електричної освітлювальної мережі із нейтральним проводом при напрузі 380/220 В – $c = 32$;

для двопровідної освітлювальної мережі за напруги 220 В – $c = 12$;

ΔU – допустима втрата напруги у відсотковому відношенні від номінальної.

Для електричних освітлювальних мереж живлення прожекторних установок

$$\Delta U = 2,5 \%$$

Схему для розрахунку електричної освітлювальної мережі приведено на рисунку 3.10.

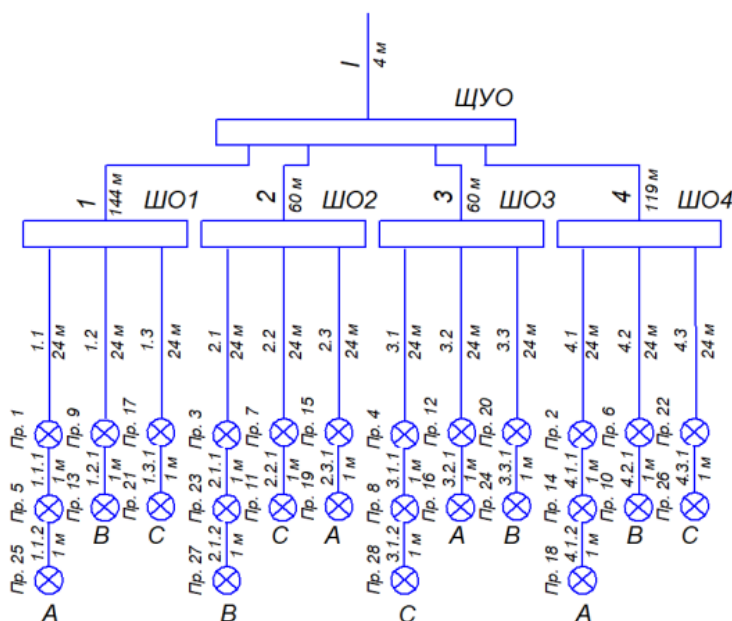


Рисунок 3.10 – Схема для розрахунку електричної освітлювальної мережі

Приведений момент M_{Γ} електричного навантаження конкретної ділянки електричної освітлювальної мережі можна розрахувати за формулою:

$$M_{\Gamma} = \sum M + \alpha \cdot \sum m, \quad (3.5)$$

де $\sum M$ – сума моментів конкретної і всіх наступних по напрямку живлення ділянок, в котрих число проводів дорівнює числу проводів конкретної ділянки;

$\sum m$ – сума моментів електричних навантажень ділянок, живлення котрих здійснюється через конкретну ділянку електричної освітлювальної мережі, а число проводів цих ділянок є іншим, ніж число проводів конкретної ділянки;

α – коефіцієнт приведення моментів, котрий становить 1,83 для системи трифазна лінія з нульовим проводом – однофазна лінія становить 1,83, 1,37 для системи трифазна лінія з нульовим проводом – двофазна лінія із нульовим проводом, для системи двофазна лінія з нульовим проводом – однофазна лінія.

Для ділянок електричної мережі 1.1.2, 2.1.2, 3.1.2 4.1.2, 1.2.1, 1.3.1, 2.2.1, 2.3.1, 3.2.1, 3.3.1, 4.2.1, 4.3.1 моменти електричного навантаження $M_{1.1.2}$ становлять:

$$M_{1.1.2} = 1 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ кВт}\cdot\text{м.}$$

Для ділянок 1.1.1, 2.1.1, 3.1.1, 4.1.1 електричної освітлювальної мережі моменти електричного навантаження $M_{1.1.1}$ становлять:

$$M_{1.1.1} = 1 \cdot 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ кВт}\cdot\text{м.}$$

Для ділянок 1.1, 2.1, 3.1, 4.1 електричної освітлювальної мережі моменти електричного навантаження $M_{1.1}$ становлять:

$$M_{1.1} = 24 \cdot 3 \cdot 0,8 = 57,6 \text{ кВт}\cdot\text{м.}$$

Для ділянок 1.2, 1.3, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 4.2, 4.3 електричної освітлювальної мережі моменти електричного навантаження $M_{1.2}$ становлять:

$$M_{1.2} = 24 \cdot 2 \cdot 0,8 = 38,4 \text{ кВт}\cdot\text{м.}$$

Моменти електричних навантажень ділянок 1, 2, 3 та 4 становлять:

$$M_1 = 144 \cdot 7 \cdot 0,8 = 806,4 \text{ кВт}\cdot\text{м,}$$

$$M_2 = M_3 = 60 \cdot 7 \cdot 0,8 = 366,0 \text{ кВт}\cdot\text{м},$$

$$M_4 = 119 \cdot 7 \cdot 0,8 = 666,4 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Момент M_I головної ділянки I становить

$$M_I = 4 \cdot 28 \cdot 0,8 = 59,6 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Приведені моменти $M_{\text{П1.1}}$ ділянок 1.1.1, 2.1.1, 3.1.1, 4.1.1:

$$M_{\text{П1.1}} = 1 \cdot 2 \cdot 0,8 + 1 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Для ділянок 1.2, 1.3, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 4.2, 4.3 електричної освітлювальної мережі моменти електричного навантаження $M_{\text{П1.2}}$ становлять:

$$M_{\text{П1.2}} = 24 \cdot 2 \cdot 0,8 + 1 \cdot 0,8 = 39,2 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Приведені моменти $M_{\text{П1.1}}$ ділянок 1.1, 2.1, 3.1, 4.1:

$$M_{\text{П1.1}} = 24 \cdot 3 \cdot 0,8 + 2 \cdot 1 \cdot 0,8 + 1 \cdot 0,8 = 60,0 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Приведені моменти ділянок 1, 2, 3 та 4 можна розрахувати за формулою:

$$M_{\text{П1}} = M_1 + 1,83 \cdot (M_{\text{П1.1}} + M_{\text{П1.2}} + M_{\text{П1.3}}),$$

$$M_{\text{П2}} = M_2 + 1,83 \cdot (M_{\text{П2.1}} + M_{\text{П2.2}} + M_{\text{П2.3}}), \quad (3.6)$$

$$M_{\text{П3}} = M_3 + 1,83 \cdot (M_{\text{П3.1}} + M_{\text{П3.2}} + M_{\text{П3.3}}),$$

$$M_{\text{П4}} = M_4 + 1,83 \cdot (M_{\text{П4.1}} + M_{\text{П4.2}} + M_{\text{П4.3}}).$$

Підставивши числові значення моментів у формулу (3.5), отримаємо:

$$M_{\text{П1}} = 806,4 + 1,83 \cdot (60,0 + 39,2 + 39,2) = 1059,67 \text{ кВт}\cdot\text{м},$$

$$M_{\Pi 2} = M_{\Pi 3} = 366,0 + 1,83 \cdot (60,0 + 39,2 + 39,2) = 619,27 \text{ кВт}\cdot\text{м},$$

$$M_{\Pi 4} = 666,4 + 1,83 \cdot (60,0 + 39,2 + 39,2) = 919,67 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Приведений момент M_{Π} ділянки I становить розраховуємо за формулою:

$$M_{\Pi} = M_I + M_m + M_{\Pi 2} + M_{\Pi 3} + M_{\Pi 4} \quad (3.7)$$

Підставивши значення M_I , M_{Π} , $M_{\Pi 2}$, $M_{\Pi 3}$ та $M_{\Pi 4}$ у формулу 3.6, отримаємо:

$$M_{\Pi} = 59,6 + 1059,67 + 619,27 + 619,27 + 919,67 = 3277,48 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Підставивши у формулу (3.3) значення для M_{Π} , ΔU та $c = 72$, отримаємо:

$$S = \frac{3277,48}{72 \cdot 2,5} = 18,21 \text{ мм}^2$$

З таблиці 1.3.6 Правил улаштування електроустановок [11] вибираємо провід з найближчою більшою площею поперечного перерізу $S_1 = 25 \text{ мм}$.

Реальна втрата напруги на ділянці I становить:

$$\Delta U = \frac{59,6}{72 \cdot 25} = 0,033\%$$

Для ділянок електричної освітлювальної мережі 1, 2, 3, 4, котрі живляться через ділянку I допустимий рівень спаду напруги ΔU_1 буде становити:

$$\Delta U_1 = 2,5 - 0,033 = 2,467 \text{ \%}.$$

Підставивши числові значення приведених моментів ділянок 1, 2, 3, 4 у формулу (3.3), а також значення для ΔU_1 та $c = 72$, отримаємо:

$$S_1 = \frac{1059,67}{72 \cdot 2,467} = 5,97 \text{ мм}^2$$

$$S_4 = S_3 = \frac{619,27}{72 \cdot 2,467} = 3,49 \text{ мм}^2$$

$$S_4 = \frac{919,67}{72 \cdot 2,467} = 5,18 \text{ мм}^2$$

З таблиці 1.3.6 [11] приймаємо: $S_1 = S_4 = 6 \text{ мм}^2$, $S_4 = S_3 = 4 \text{ мм}^2$.

Реальні спади напруги на ділянках 1, 2, 3, 4:

$$\Delta U_1 = \frac{806,4}{72 \cdot 6} = 1,867\%$$

$$\Delta U_4 = \Delta U_3 = \frac{366,0}{72 \cdot 4} = 1,271\%$$

$$\Delta U_4 = \frac{666,4}{72 \cdot 6} = 1,543\%$$

Допустимі спади напруг на подальших ділянках:

$$\Delta U_{1,1} = 2,467 - 1,867 = 0,600 \%,$$

$$\Delta U_{2,1} = \Delta U_{3,1} = 2,467 - 1,271 = 1,196 \%,$$

$$\Delta U_{4,1} = 2,467 - 1,543 = 0,924 \%.$$

Площі поперечного перерізу кабелів ділянок, котрі живляться через ділянку 1:

$$S_{1,1} = \frac{60,0}{12 \cdot 0,600} = 8,33 \text{ мм}^2$$

$$S_{1,2} = S_{1,3} = \frac{39,2}{12 \cdot 0,600} = 5,44 \text{ мм}^2$$

Приймаємо, що $S_{1,1} = 10 \text{ мм}^2$, $S_{1,2} = S_{1,3} = 6 \text{ мм}^2$

Реальні спади напруги:

$$\Delta U_{1,1} = \frac{57,6}{12 \cdot 10} = 0,480\%$$

$$\Delta U_{1.2} = \Delta U_{1.3} \frac{38,4}{12 \cdot 6} = 0,533\%$$

Допустимі спади напруги на ділянках 1.1.1, 1.2.1, 1.3.1

$$\Delta U_{1.1.1} = 0,600 - 0,480 = 0,120\%,$$

$$\Delta U_{1.2.1} = \Delta U_{1.3.1} = 0,600 - 0,533 = 0,067\%.$$

Площі поперечного перерізу цих ділянок:

$$S_{1.1.1} = \frac{2,4}{12 \cdot 0,120} = 1,66 \text{ мм}^2$$

$$S_{1.2.1} = S_{1.3.1} = \frac{0,8}{12 \cdot 0,067} = 1,00 \text{ мм}^2$$

Приймаємо $S_{1.1.1} = 2,5 \text{ мм}^2$, $S_{1.2.1} = S_{1.3.1} = 1,5 \text{ мм}^2$.

Реальний спад напруги на ділянці 1.1.1:

$$U_{1.1.1} = \frac{1,6}{12 \cdot 2,5} = 0,050\%$$

Допустима втрата напруги на ділянці 1.1.2

$$\Delta U_{1.1.2} = 0,120 - 0,050 = 0,070\%,$$

а розрахунковий переріз жил кабелю

$$S_{1.1.4} = \frac{0,8}{12 \cdot 0,070} = 0,952 \text{ мм}^2$$

Приймаємо $S_{1.1.4} = 1,5 \text{ мм}^2$. Реальні втрати напруги на ділянці 1.1.2:

$$\Delta U_{1.1.4} = \frac{0,8}{12 \cdot 1,5} = 0,044\%$$

Сумарні втрати напруги від ділянки 1.1.2 до ділянки I:

$$\Delta U = 0,044 + 0,050 + 0,480 + 1,867 + 0,033 = 2,474\%.$$

Аналогічно проводимо розрахунок перерізу проводів і для інших ділянок.

Результати розрахунку представлено в таблиці 3.4.

Сумарні втрати напруги від ділянок 2.1.2 та 3.1.2 до ділянки І:

$$\Delta U = 0,044 + 0,089 + 0,800 + 1,271 + 0,033 = 2,237 \%,$$

а від ділянки 4.1.2 до ділянки І:

$$\Delta U = 0,044 + 0,053 + 0,800 + 1,543 + 0,033 = 2,473 \%.$$

Ділянка	Допустима втрата напруги, %	Площа поперечного перерізу, мм ²		Реальна втрата напруги, %
		Розраховане значення	Табличне значення	
2.1, 3.1	1,196	4,18	6	0,800
2.1.1, 3.1.1	0,396	0,51	1,5	0,089
2.1.2, 3.1.2	0,307	0,22	1,5	0,044
2.2, 2.3, 3.2, 3.3	1,196	2,73	4	0,800
2.2.1, 2.3.1, 3.2.1, 3.3.1	0,396	0,17	1,5	0,044
4.1	0,924	5,41	6	0,800
4.1.1	0,124	1,61	2,5	0,053
4.1.2	0,071	0,94	1,5	0,044
4.2, 4.3	0,924	3,54	4	0,800
4.2.1, 4.3.1	0,124	0,54	1,5	0,044

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку ділянок електричної освітлювальної мережі на мінімум провідникового матеріалу

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Проведено детальний аналіз та розрахунок системи освітлення футбольного стадіону Полтавської політехніки імені Юрія Кондратюка. Виконані розрахунки показали, що чотирищоголова система освітлення відповідає всім необхідним нормативним вимогам щодо освітленості та рівномірності освітлення, що необхідно для забезпечення якісного проведення спортивних заходів.

Зокрема, визначено оптимальне розташування освітлювальних щогл, що забезпечує кут між напрямом від основи щогли до центру воріт та лицьовою лінією поля в межах від 10° до 15° . Також було розраховано, що мінімальний кут між лініями, котрі сполучають основи щогл з серединою бокової лінії становить 5° , що також відповідає нормативним вимогам.

На основі розрахунків висоти щогл та кута нахилу освітлювальних приладів було визначено, що мінімальна висота установки світлових приладів повинна становити 16,5 м, при цьому практичне використання щогл висотою 24 м забезпечує достатній рівень освітлення для стадіону.

Результати розрахунків підтверджують, що розроблена система освітлення відповідає сучасним стандартам, та забезпечує оптимальні умови для проведення тренувань та змагань з футболу на стадіоні. Впровадження даної системи сприятиме підвищенню рівня спортивних заходів та створенню комфортних умов для глядачів та спортсменів.

ВИСНОВКИ

У цій дипломній роботі було розглянуто та реалізовано комплексний підхід до проектування системи електропостачання та освітлення для футбольного стадіону. Основні досягнення та висновки роботи включають наступні аспекти:

1. Аналіз існуючих систем та технологій:

- Проведено детальний аналіз сучасних технологій в області електропостачання та освітлення спортивних споруд. Вивчено переваги та недоліки різних типів освітлювальних приладів, таких як дугові лампи та світлодіоди.
- Визначено ключові вимоги до систем енергопостачання стадіонів, включаючи надійність, стабільність та енергоефективність.

2. Розробка вимог та критеріїв до системи:

- Визначено основні технічні та експлуатаційні вимоги до системи освітлення футбольного стадіону, включаючи рівномірність освітлення та відповідність нормативним стандартам.
- Проаналізовано особливості проектування електропостачання стадіонів, враховуючи необхідність резервування потужностей та безперебійності роботи під час масових заходів.

3. Проектування та розрахунки систем:

- Виконано детальні розрахунки для проектування системи освітлення стадіону Полтавської політехніки імені Юрія Кондратюка, що показали відповідність всім необхідним нормативним вимогам.
- Запропоновано чотирищоглову систему освітлення, яка забезпечує оптимальне розташування світлових приладів, що сприяє досягненню високої рівномірності освітлення поля.
- Визначено оптимальні параметри висоти установки освітлювальних приладів, що становить 16.5 м як мінімальна висота, з рекомендацією використання щогл висотою 24 м для забезпечення найкращих результатів.

4. Економічний та практичний аспект:

- Використання сучасних енергоефективних технологій освітлення дозволяє значно знизити витрати на електроенергію та експлуатаційні витрати стадіону.
- Запропоновані технічні рішення сприяють покращенню умов проведення спортивних заходів, що в свою чергу сприяє залученню більшої кількості відвідувачів та підвищенню якості змагань на стадіоні.

Таким чином, виконане дослідження та проектування демонструють, що комплексний підхід до розробки систем електропостачання та освітлення для стадіонів дозволяє досягти високих показників надійності, ефективності та економічної доцільності, що є важливим фактором для успішної експлуатації спортивних споруд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комп'ютерне проектування освітлення спортивних споруд: навч. посібник / Л. А. Назаренко, В. О. Салтиков, Ю. О. Васильєва, О. М. Ляшенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2013. – 217 с.
2. ДБН В.2.2 – 13 – 2003. Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди. – К.: Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2003. – 105 с.
3. ДБН В 2.5-23–2003 Державні будівельні норми України. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.– К.: Держбуд України, 2004.– 180 с.
4. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
5. DIN EN 12193. Light and lighting - Sports lighting
6. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
7. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок
8. TECHNICAL SYSTEMS AND SERVICES – режим доступу: <https://publications.fifa.com/en/football-stadiums-guidelines/technical-guideline/stadium-guidelines/technical-systems-and-services/>
9. Освітлення стадіонів – режим доступу: <https://lrc.com.ua/uk/resheniya/osveshchenie-stadionov/>
10. Вимоги до освітлення спортивного стадіону – режим доступу: <https://ua.phoebuslight.com/news/what-are-the-requirements-for-lighting-a-sport-76410975.html>
11. Встановлення світлодіодного освітлення на професійних стадіонах – режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/>
- 12.UEFA Stadium Lighting Guide 2016 – режим доступу: <https://www.uefa.com/MultimediaFiles/>

ДОДАТКИ

Додаток А

CHAPTER 1. THEORETICAL OVERVIEW OF ELECTRICAL POWER SYSTEMS AND LIGHTING OF SPORTS FACILITIES

1.1. OVERVIEW OF ELECTRICAL FACILITIES

Through the study of various literary and Internet resources, as well as own visual observations in the research process, it was established that a significant number of general and specialized schools of the city and district of Ternopil do not have proper lighting on sports grounds. In fact, a staggering 87% of these sites lack any form of lighting. However, in recent years there have been positive developments, because thanks to the generous donations of sponsors and benefactors, newly established and existing educational institutions have managed to purchase lighting systems for their sports grounds. Therefore, the need for modeling and designing such lighting systems has become an urgent and urgent matter in our time.

The main task of the lighting systems of outdoor sports facilities, in particular sports fields of secondary schools, is to ensure sufficient visibility of observation objects for students, athletes and spectators in the evening (usually from 17:00 to 22:00). from October to April. The objects of observation can vary depending on the type of activity, whether they are participants such as gymnasts, runners and jumpers, or sports equipment such as balls and discs.

To ensure optimal visibility of the observed object, it is necessary to create lighting or a certain intensity of light on it. This value, expressed in lux, may vary depending on the specific facility and type of sport, as specified in the "Standards for electrical lighting of sports facilities"

The difference in brightness levels is dictated by several factors: the different speed with which the observed objects move, their distinct sizes, the different distances from the observers and the contrast they create against the background, on which they are visible. The prescribed guidelines establish the required luminance levels in the horizontal plane, as they are the easiest to calculate and measure.

In addition, in the corresponding scenarios, the lighting in the main vertical planes is also standardized. Given that sports facilities are often viewed from different angles, it is necessary that their lighting be designed three-dimensionally.

Achieving the proper level of visibility largely depends on the difference between the object being observed and the background that surrounds it. This difference is determined by the change in brightness between the object and the background. By applying a variety of lighting techniques and using contrasting colors, a significant level of contrast can be achieved.

To achieve optimal lighting of sports facilities, it is important to make accurate decisions about the direction in which the lighting will be directed. By making sure that the light hits the sports field at a right angle, you can create the desired light levels, light volume and appropriate contrast. However, it is important to note that lighting fixtures can have a blinding effect.

Phenomenon dazzle light devices is defined glare factor, which shows how many times the visibility of the object was disturbed due to the intense light emitted by the device. The blinding factor increases as the illumination of the observer's pupil from these radiation sources increases and decreases as the angle at which the light source is visible and the brightness of the familiar background on which the objects of observation are visible increase.

The intensity of the blinding effect depends on the angle at which the light is emitted. To mitigate this effect, lighting fixtures and floodlights are strategically placed at elevated heights and in locations that minimize their alignment with the natural line of sight for both athletes and spectators.

Evenness of lighting distribution is an important requirement for the system lighting that provides the same conditions for training or competition in different areas of the sports ground. Therefore, on children's playgrounds, the maximum horizontal illumination should not exceed three times the minimum illumination.

In addition to solving technical considerations, it is also necessary to take into account the economic aspects of lighting sports facilities. The affordability of the installation often plays a decisive role in determining its feasibility.

The overall efficiency of the lighting system is determined not only by its initial cost, but also by energy consumption, service life and operational reliability. Therefore, all these factors must be taken into account when designing lighting devices.

The lighting of stadiums, including schools, as well as small sports grounds, which are used for physical education and various game sports, such as football, ball hockey, volleyball, basketball and handball, has undergone significant development. The implementation of lighting installations takes place according to one of three systems, as shown in figures 1.1-1.3.

The common four-mast system (Fig. 1) is widely used in our country and many other countries. To illuminate the area, floodlights are placed on four tall masts located at the corners of the allocated space. In this lighting system, the floodlights on each mast are directed into the horizontal plane of the football or sports field, creating a sufficient level of illumination in the vertical plane that passes through the longitudinal axis of the field. With this targeting of spotlights, a satisfactory level of uniformity is achieved in the entire illuminated area.

The location of floodlight batteries is established based on the distance between the bases of the masts and the longitudinal axis of the field. At the same time, any vertical line of the searchlight, lowered on the longitudinal axis of the field or its continuation, must form an angle of at least 27° with the horizontal plane. To ensure optimal positioning, the floodlight supports will be strategically placed outside the pitch, maintaining an angle of $10-15^\circ$ between the base of the mast and the center of the goal along with the extension of the longitudinal edge of the pitch. (Fig. 1).

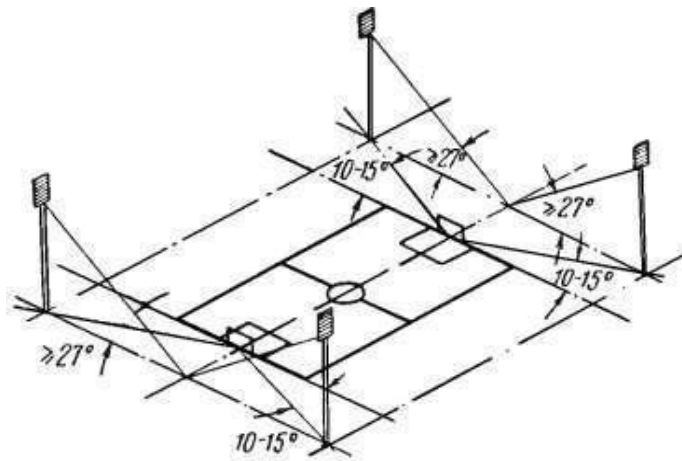


Figure 1.1 - Scheme of placement of 4 searchlight masts for lighting sports grounds

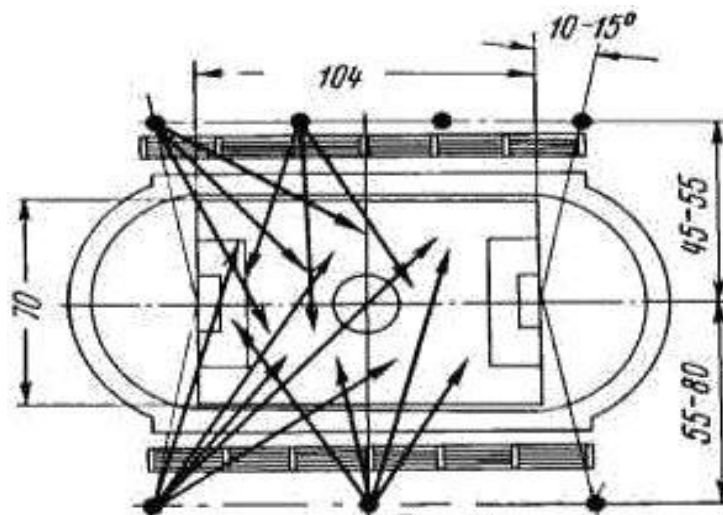


Figure 1.2 - 6- or 8-mast lighting system

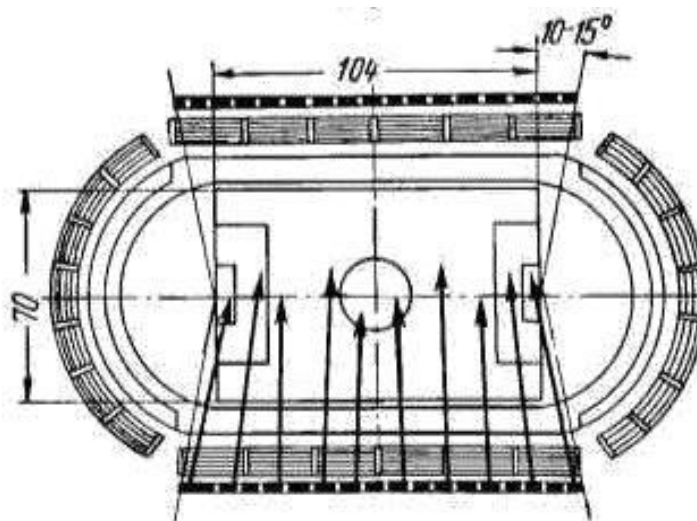


Figure 1.3 Linear lighting system.

In the qualifying work, I will refrain from a detailed analysis of the pros and cons of alternative options for placing the floodlight batteries, since this information is already sufficiently covered in the literature and Internet sources and is not relevant to the presented model of the lighting installation. Instead, I focus on detailing optimal solutions that become more efficient and productive with our models. The issue of introducing the latest technologies and innovative approaches, which can significantly improve the functionality and reliability of educational systems, was also considered.

Particular attention is paid to aspects of energy efficiency and durability of the materials used in the construction, as this is important to reduce operating costs and environmental impact. In addition, the possibilities of risks will be analyzed and ways of their minimization will be proposed to ensure uninterrupted operation of installations in various operating conditions.

1.2 BASIC PRINCIPLES AND TECHNICAL SOLUTIONS OF ENERGY SUPPLY OF STADIUMS

In the past, the most common light sources were traditional incandescent lamps, known for their versatility. Despite the transition to more energy-efficient options, these lamps continue to be used to light stadiums. Modern lamps incorporate technological advances to improve efficiency and prioritize environmental sustainability. However, if we talk about the lighting of school sports grounds, their use is primarily economically impractical due to their main disadvantages: limited brightness, low color temperature range of 2300÷2900 K and only 4% efficiency (ccd).

Although fluorescent lamps have certain advantages over incandescent lamps, such as higher luminous efficiency and a higher coefficient, they cannot compete with modern energy-efficient light sources.

Disadvantages of these lighting systems, including power limitations (maximum power of each lamp 150 W), complex wiring diagrams, excessive noise, as well as acoustic and radio interference, light output ripples that are harmful to human health, and the presence of sources that are harmful to the environment substances that require proper disposal prevent their use in lighting systems of sports grounds. But one should not forget about their advantages, such as a useful effect in the range of 18-23% and satisfactory spectra of light perception, as well as a lower cost.

High pressure sodium lamps (HPS), which are known for their exceptional efficiency as they have the highest light output of any gas discharge lamp currently in use, operating at 100/200 lm/W, but these lamps have some disadvantages, such as gradual dimming light flux over time. In addition, their emission spectrum is, as a rule, predominantly yellow, resulting in a relatively low color rendering index (Ra=25). As a result, HPS lamps are unsuitable for lighting school sports grounds. Let's analyze the characteristics of arc mercury lamps, also known as luminescent mercury-quartz lamps (DRL). These lamps consist of a glass bulb, which is covered with a luminescent material inside. Inside the flask is a quartz tube filled with mercury vapor under high pressure. Under the action of ultraviolet radiation created by the mercury-quartz tube, the phosphor emits light. However, this radiation causes a blue hue to dominate the

spectrum of these lamps, which distorts the true colors. To solve this problem, certain additives are included in the phosphor, although they only partially correct the color rendering. Despite the advantages of this group of light sources, such as high luminous efficiency up to 55 lm/W, service life of 10,000 hours, compactness and durability in various environmental conditions, there are significant disadvantages. The main drawback is the excessive amount of blue-green radiation in the emitted spectrum, which leads to unsatisfactory color rendering and makes the lamps unsuitable for lighting and human observation purposes.

The power supply contains a ballast choke and provides a long ignition period of approximately 7 minutes after activation. In the event of a sudden power failure, the lamp can only be restarted after a cooling period of approximately 10 minutes. In addition, these lamps exhibit significant fluctuations in the intensity of emitted light, which exceeds those observed in fluorescent lamps. It is important to note that this class of lamps is not suitable for the purpose specified in the project.

To achieve optimal lighting of the school sports ground, the most effective options are DRI lamps or energy-saving LED lamps. The next chapter will a mathematical model is presented based on the example of the Stegnikiv school in the Ternopil region, where LED floodlights are used. Specific details and characteristics of the LED light source will be provided, focusing in more detail on the characteristics of DRI lamps. When it comes to construction, DRI lamps are similar to DRL lamps, but they incorporate the exact amount of special additives in their burner. When it comes to construction, DRI lamps are similar to DRL lamps, but they incorporate the exact amount of special additives in their burner. These additives, such as sodium, thallium and indium, are carefully selected to correct the spectrum of light emitted by metals. As a result, the luminous efficiency of DRI lamps is significantly increased, ranging from 70 to 95 lm/W, and in some cases even higher values can be achieved. This increase in light output is accompanied by the chromaticity of the radiation, which accurately imitates natural light. Bulbs of DRI lamps can be ellipsoidal or cylindrical, they contain a quartz or ceramic burner. With a service life of 8-10 thousand hours, these lamps ensure long-term operation.

Ceramic burners are increasingly preferred for modern DRI emitters due to their high stability under the influence of the active substance of the lamps. As a result, these burners do not darken as much during operation compared to quartz burners. Nevertheless, quartz is still produced by industry because of its relatively affordable price.

One of the notable characteristics of modern DRI lamps is the spherical burner design. This design choice effectively minimizes the drop in brightness, maintains the stability of certain parameters and increases the intensity of the "point" emitter.

To activate the DRI lamp, a gap must be created between the electrodes using a high voltage pulse. This process is commonly used in standard switching methods.

In order to achieve a diverse color range, DRI lamps, in addition to an inductive ballast choke, are equipped with a pulse ignition device (IZP). Including impurities of different composition, it is possible adjust the spectral composition of the lamp radiation, which allows reproduce different colors. That is why LED lamps.

Characteristic	Lamp type, power (W)		
	HQI 1000 W	HQI 2000 W	HQI 3500 W
Mains voltage, IN	220	380	380
High-voltage on lamps, V	140	220	220
Operating current, AND	7.7	10.3	18
light flux, klm	80	170	325
Light output, lm/W	80	85	93
Colored temperature, K	6000	6000	6000
Coordinates color, x, y	0,32; 0,35	0,32; 0,35	0,32; 0,35
Index color rendering	85	85	95
Term hours services	2000	2000	2000
Position glow	Arbitrary	Arbitrary	Arbitrary

Table 1.1 - Characteristics of DRI lamps with additives of iodides of rare earth elements used for sports lighting

Technical characteristics of DRI lamps from the well-known European manufacturer Osram are listed in table 1.1. Osram produces light sources of the HQI class with different compositions of rare earth elements. To compare the spectral parameters of DRI lamps and standard sources, for example, used as a reference, it is possible to calculate the values of the color coordinates, which indicate the integrals

$$E_R \equiv R = \int_{400}^{700} F(\lambda) p(\lambda) \bar{r}_\lambda d\lambda$$

$$E_G \equiv G = \int_{400}^{700} F(\lambda) p(\lambda) \bar{g}_\lambda d\lambda$$

$$E_B \equiv B = \int_{400}^{700} F(\lambda) p(\lambda) \bar{b}_\lambda d\lambda$$

Where $F(\lambda)$ is the spectral density of the energy flow of light sources, which illuminates the radiation receiver; $p(\lambda)$ is the spectral coefficient reflection of the receiver; $\bar{r}(\lambda), \bar{g}(\lambda), \bar{b}(\lambda)$, are spectral sensitivities, respectively red, green and blue elements. The evaluation is carried out according to 14 standard MKO standards of different colors with standard functions of the spectral reflection coefficient depending on the wavelength. This calculation method confirms the advantages of DRI lamps.

1.3 MODERN APPROACHES TO SPORTS LIGHTING BUILDING

Different methods are used to redistribute the light flux inside the lighting device (OP). These include the use of paraboloid (Fig. 1.5a), ellipsoidal (Fig. 1.5b) or arbitrary (Fig. 1.5c) mirror reflectors to reflect light in a certain direction. In addition, Fresnel lenses (Fig. 1.5d), aspherical or converging lenses (Fig. 1.5e) and prismatic devices (Fig. 1.5e) are used for controlled light transmission. Diffuse, enameled and matte reflectors are used to achieve both diffuse and directional diffuse reflection of light (Fig. 1.5e). Milky, opal or matte diffusers (Fig. 1.5d) are used to achieve diffuse and directional-scattered light transmission. The main technical characteristics of a lighting device (OP) are the distribution of light power, brightness, illuminance and efficiency.

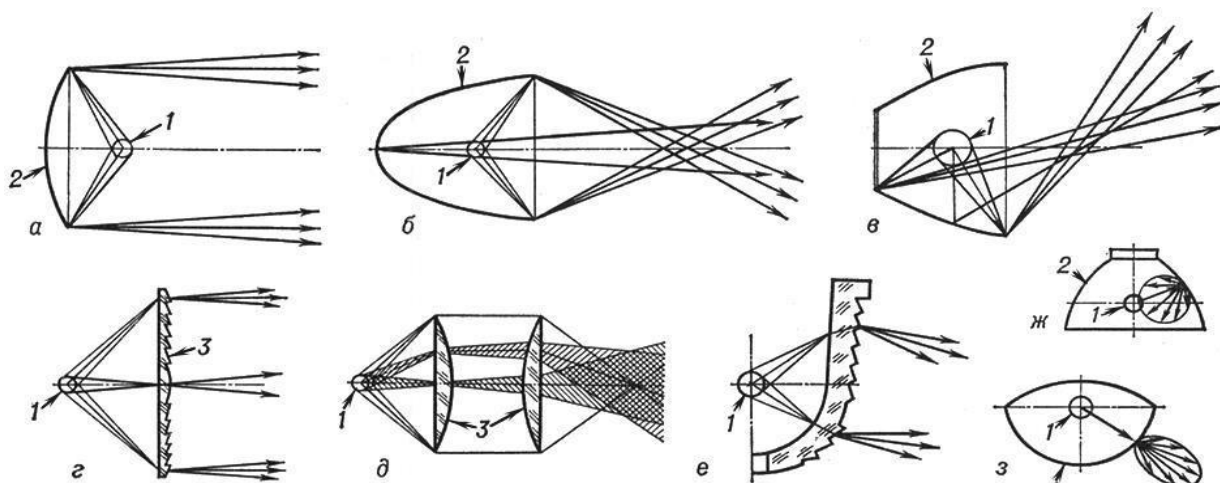


Figure 1.5 - "Direction of the light flux by different classes of reflectors, diffusers"

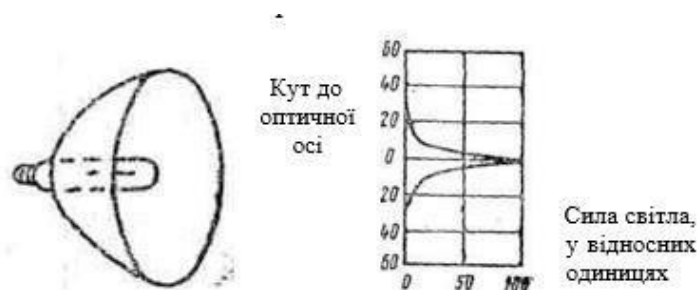


Figure 1.6 - "Spotlight with a parabolic reflector" Preferred placement of floodlights with a parabolic reflector.

Figure 1.6 - on masts located at a considerable distance from the illuminated area. This design provides a conical shape of the light beam and a minimum scattering angle. The advantage of this arrangement is the ability to strategically place elliptical light spots on the field, maximizing the efficiency of the lighting system. The light source in these floodlights can be either incandescent lamps (conventional or spot), and DRI lamps with a short gas discharge arc. It is worth noting that the burning position of the light source is not a critical factor in these spotlights.



Figure 1.7 - "Spotlight with a parabol-cylindrical reflector"

When placing lighting devices along the long sides, in order to achieve the most suitable form of illumination, the ideal light beam for this area is "fan-shaped", with a wide dispersion angle horizontally and narrow vertically. This leads to the fact that when hitting a horizontal surface, the beam acquires a rectangular shape. This rectangular light point provides optimal distribution of light on the sports field. To achieve this type of light distribution, floodlights with parabol-cylindrical reflectors (as shown in figure (1.7)) are used. These floodlights are equipped with light sources that have a linear light body, such as DRI lamps with a long arc.

Figure 1.8 shows spotlights with asymmetric optics and shielded lamp that effectively minimizes the blinding effect. The reflector consists of two parts: the upper part has the shape of an elliptical cylinder, and the adjacent lower part resembles a parabolic cylinder. A lamp located along the common focal axis of these elements emits light. It should be noted that the light intensity in the vertical plane is asymmetric with a clear limitation in the directions near the optical axis. Thanks to this design, the spotlights provide a more even distribution of light, which helps to improve visibility and reduce glare. Reflectors effectively focus the light flux, directing it to the desired areas that are illuminated.

This allows you to reduce the amount of light pollution and provide comfortable and safe lighting. In addition, the shielded lamp reduces energy consumption, which makes such floodlights cost-effective and environmentally friendly.



Figure 1.8 - "Spotlight with asymmetric optics and behind a shielded lamp"

Conclusions to section 1

1. Today it is extremely necessary to solve the actual problem of absence lighting systems of sports grounds and surroundings. A comprehensive survey showed that 87% of institutions do not have adequate lighting. Therefore, there is an immediate need to prioritize the design, modeling and implementation of lighting systems for these sports facilities.

2. It is important for lighting installations on sports grounds give preference to the use of the most energy-efficient modern light sources. These include pulsed arc discharge lamps (DRI) or LEDs. When choosing these light sources, such factors as the geometric dimensions of the sites and the recommended height of the installation on the supports should be taken into account. In addition, preference for a specific type of light source should be based on the spectral composition of the lamps' radiation, their power, and a thorough analysis of these factors.

3. The optimal choice for lighting sports grounds is use of light devices with dispersion angles of 15-25 and asymmetric optics. These devices effectively distribute the light flux on standardized planes, ensuring a sufficient level of illumination and uniformity in different areas of the sports ground. In addition, they help minimize any potential blinding effect.

Додаток Б – графічний матеріал

Розміщення прожекторних щогл для освітлення спортивних майданчиків

3

Огляд електроенергетичних систем та підходи до освітлення спортивних споруд.

Для забезпечення оптимального позиціонування опори прожекторів будуть стратегічно розміщені за межами поля, зберігаючи кут $10-15^\circ$ між основою щогли та центром воріт разом із продовженням поздовжньої крайньої лінії майданчика.

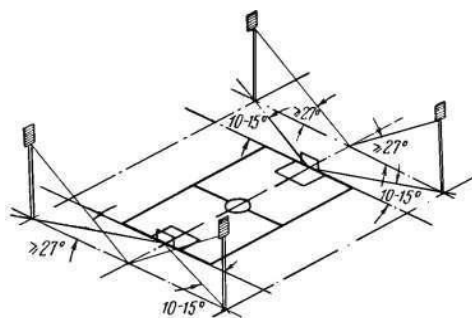


Схема розміщення 4 прожекторних щогл для освітлення спортивних майданчиків

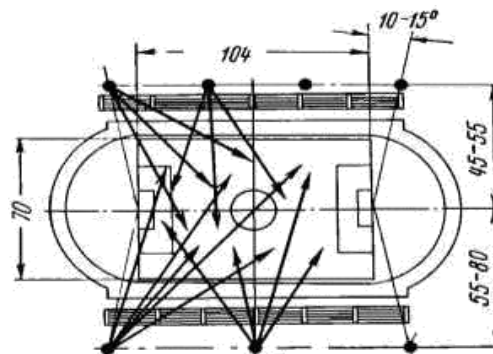


Схема 6 -ти чи 8-ми щоглової системи освітлення

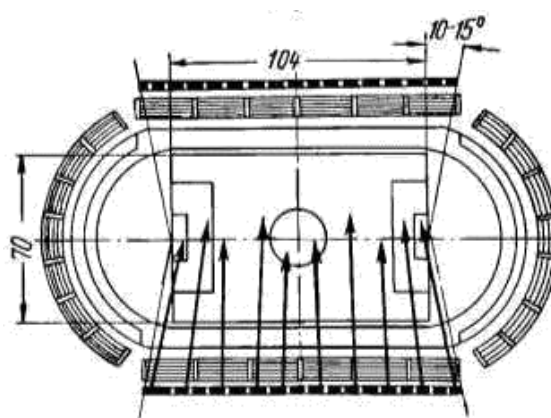


Схема - Лінійної системи освітлення

Вимоги до горизонталі E, однорідності, коефіцієнта різкості, еталонної сітки, колірної температури, кольору, рейтингу відблисків

Освітлення футбольних стадіонів має відповідати потребам аудіовізуальних засобів масової інформації, глядачів, професійних футболістів та офіційних осіб. Вимоги до освітлення залежать від того, чи використовується об'єкт для змагань чи тренувань, чи є змагання внутрішніми чи міжнародними, чи транслюються вони по телебаченню тощо. Відповідно до них існує безліч різних рівнів та різних параметрів. На таблиці показано основні типи освітлення футбольних стадіонів та характеристики, які вони повинні мати.

Вимоги освітлення	Стандарт освітлення FIFA A	Стандарт освітлення FIFA B	Стандарт освітлення FIFA C	Стандарт освітлення FIFA D	1-й клас	2-й клас	3-й клас
Змагання чи тренування	Кубок світу	Club or U-20 world cup, Olympic	U-20 women's world cup	U-17 world cup	FIFA World Cup training	Match practice	Standard training
Eh ave (Середня горизонтальна освітленість) Eh ave	Minimum >1500 lux Average > 2000 lux	Minimum >1200 lux Average > 2000 lux	Minimum >800 lux Average > 1200 lux	Average > 1000 lux	Average > 750 lux	Average > 500 lux	Average > 300 lux
Однорідність U1h	> 0.50	> 0.50	> 0.50	> 0.40	> 0.40	> 0.40	> 0.40
Однорідність U2h	> 0.70	> 0.70	> 0.70	> 0.60	> 0.60	> 0.60	> 0.60
Фактор Меркертіння (FF)	Average < 1% Max < 1%	Average < 1% Max < 15%	Average < 1% Max < 30%	Not applicable	< 1%	not applicable	not applicable
Довідкова сітка	96 points	96 points	96 points	96 points	96 points	40 points	40 points
Колірна температура (Tc)	5,000-6,200K	5,000-6,200K	4,200-6,200K	4,200-6,200K	5,000-6,200K	5,000-6,200K	4,200-6,200K
Передана Кольорів (Ra)	≥ 80Ra	≥ 80Ra	≥ 70Ra	≥ 70Ra	≥ 80Ra	≥ 70Ra	≥ 70Ra
Рейтинг засвіщення (RG)	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Коефіцієнт обслуговування (MF)	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID	0.9 LED or 0.8 HID
Джерело живл	Pending	Pending	Pending	Pending	FPS D	FPS D	FPS D
Ev 0° 90° 180° 270°	Find more details on	Find more details on	Find more details on	Find more details on	not applicable	not applicable	not applicable

Світлодіодний прожектор

Що стосується сучасного освітлення, то оптимальним вибором є світлодіодний прожектор. Беззаперечні переваги світлодіодних (LED) технологій перевершують переваги традиційних джерел освітлення. Світлодіоди зробили революцію в енергоефективності, що призвело до значного зниження витрат, що є вирішальним фактором, враховуючи поточні тарифи на електроенергію. Серед основних застосувань світлодіодів використання світлодіодних прожекторів виділяється як пріоритет.

Для розробки моделі та проектування освітлювальної установки було вибрано вітчизняний ДО72У (виробництва ТОВ «ОСП Корпорація Ватра») у варіанті ДО72У-120-03 У1. Крім того, для порівняння я вибрав світлодіодний прожектор GL-FL120 (виробництва Philips) через його відповідність поставленим завданням та електротехнічні та світлотехнічні параметри, які мають переваги перед аналогічними освітлювальними приладами.



Рисунок - Світлодіодний прожектор ДО72У



Рисунок - GL-FL120 світлодіодний прожектор

Інтелектуальне реле Zelio Logic

Для регулювання режиму освітлення використаю інтелектуальне реле Zelio Logic. Інтелектуальні реле Zelio Logic призначені для керування простими системами автоматизації й поєднують чудове співвідношення ціни-якості та зручність використання; вони є реальною альтернативою використанню кабельного логічного з'єднання й спеціальних карт.

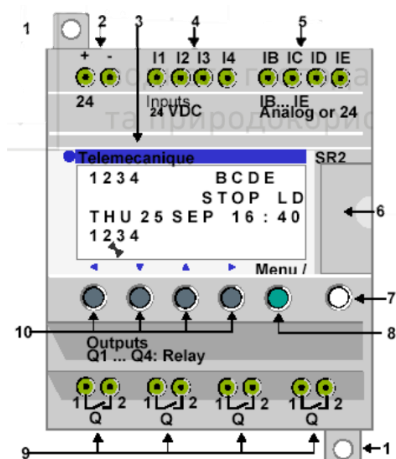


Рисунок 3.6 Видгляд передньої панелі контролера Zelio Logic 2



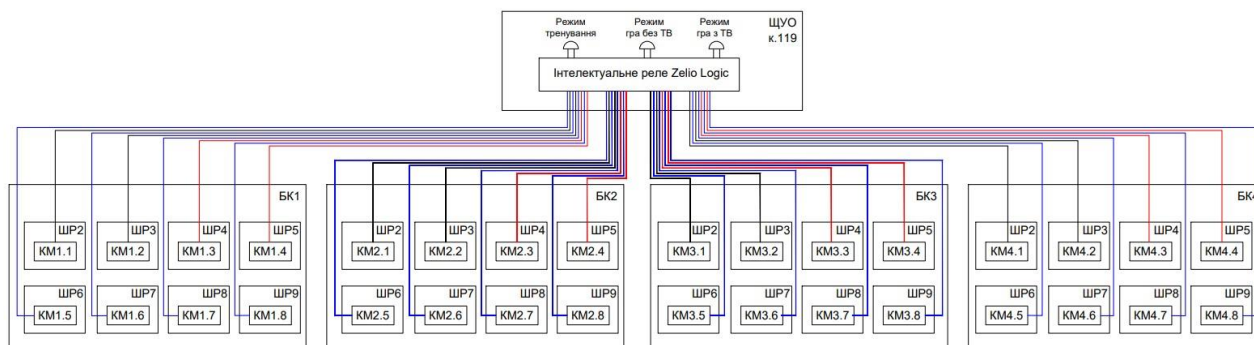
Рисунок 3.5 – загальний вигляд контролера Zelio Logic 2

Позиція	Опис
1	Висувна монтажна ніжка
2	Гвинтові клеми для підключення живлення
3	Рідкокристалічний дисплей (4 рядки, 18 символів у кожному)
4	Гвинтові клеми для дискретних входів
5	Гвинтові клеми для аналогових входів (0...10 В), які можуть використовуватися як дискретні у деяких моделях
6	Роз'єм для резервної пам'яті або кабеля під'єднання ПК
7	Клавіша Shift
8	Клавіша вибору і підтвердження
9	Гвинтові клеми дискретних виходів
10	Клавіші-стрілки (або сконфігуровані Z-клавіші)

Таблиця 3.1 – опис панелі контролера Zelio Logic 2

Схема - ЩУО. Логічна схема щита управління освітленням зони гри

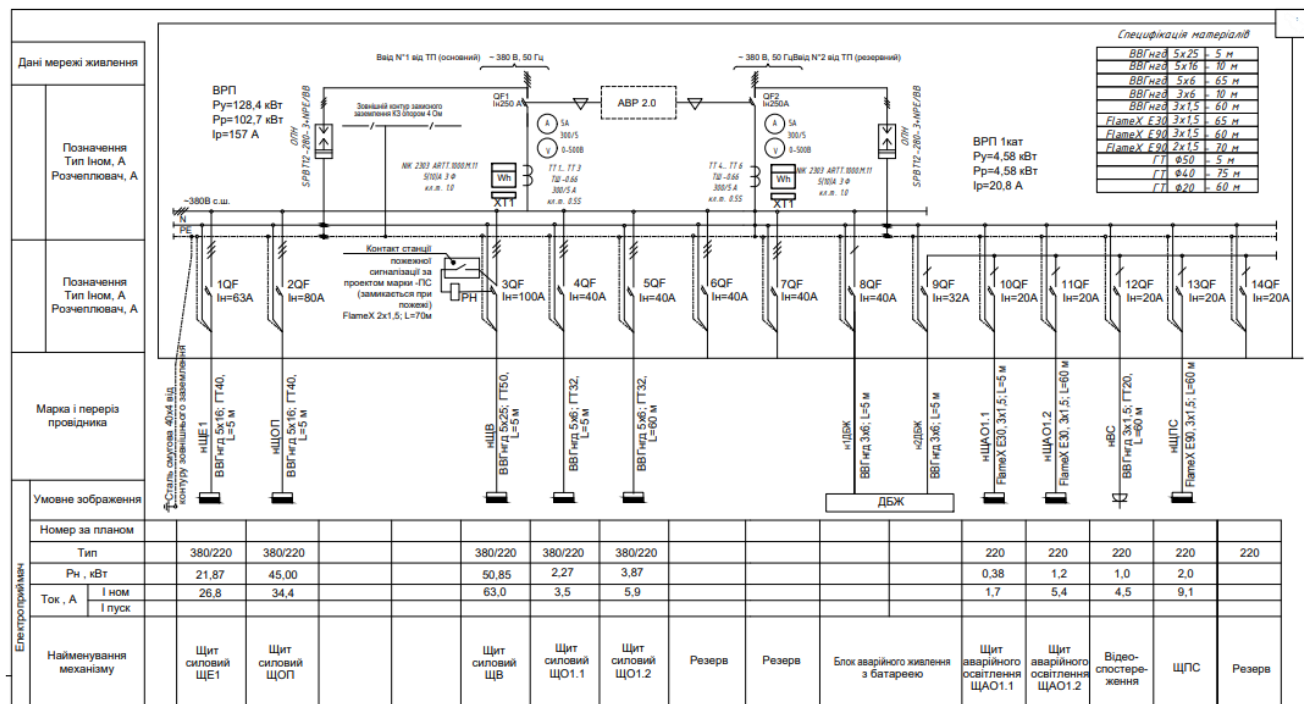
7



Реле Zelio Logic представлено двома лініями: Compact, яка передбачає фіксовані конфігурації, і Modular, у якій використовуються модулі розширення. Інтелектуальні реле використовуються для ПД-регулювання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, а також забезпечення можливостей підключення модема 2G/3G.

Zelio Soft є програмним забезпеченням для налаштування конфігурації Zelio Logic, яке забезпечує спрощене програмування маленьких установок мовою Ladder, FBD чи SFC

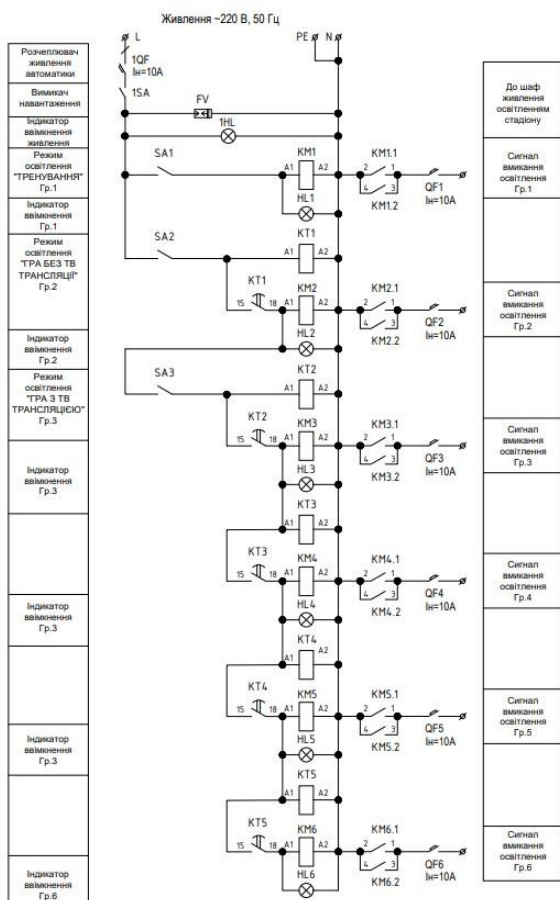
Ввідно-розподільний пристрій ВРП. Схема електрична принципова однолінійна. 8



Для прийому, розподілу та обліку електроенергії, представлена схема електрична принципова ввідно-розподільного пристрою ВРП, який складається з вступних, комутаційних апаратів і приладів відхідних ліній, фідерів.

Ящик управління освітленням стадіону

9



Для управління різними режимами освітлення розроблено схему. Ящик управління освітленням стадіону - це спеціалізоване електрообладнання, призначене для централізованого керування освітленням стадіону. Він дозволяє вмикати, вимикати та регулювати яскравість освітлювальних приладів на стадіоні з одного місця.

Типова електрична схема принципова для такого ящика управління може включати:

- Вхідні кола живлення
- Автоматичні вимикачі для захисту від короткого замикання та перевантаження
- Пристрої керування та управління
- Індикатори ввімкнення

Проект системи освітлення
футбольного поля виконаний на підставі
наступних матеріалів:

1.«Регламент інфраструктури
стадіонів та заходів безпеки проведення
змагань з футболу УАФ 2020

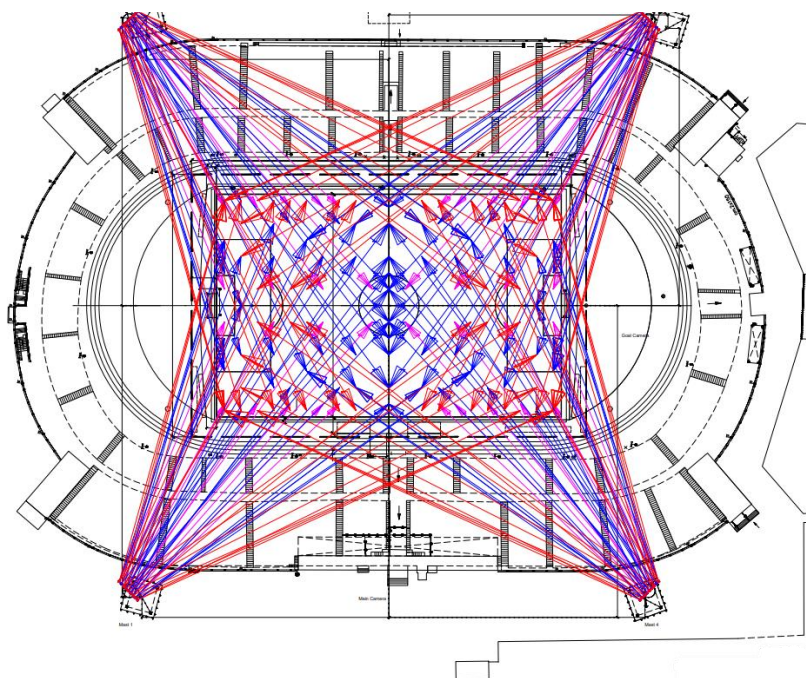
2.«UEFA Stadium Infrastructure
Regulations» 2018

3.«FIFA Guide to the artificial
lighting of football pitches» 2002

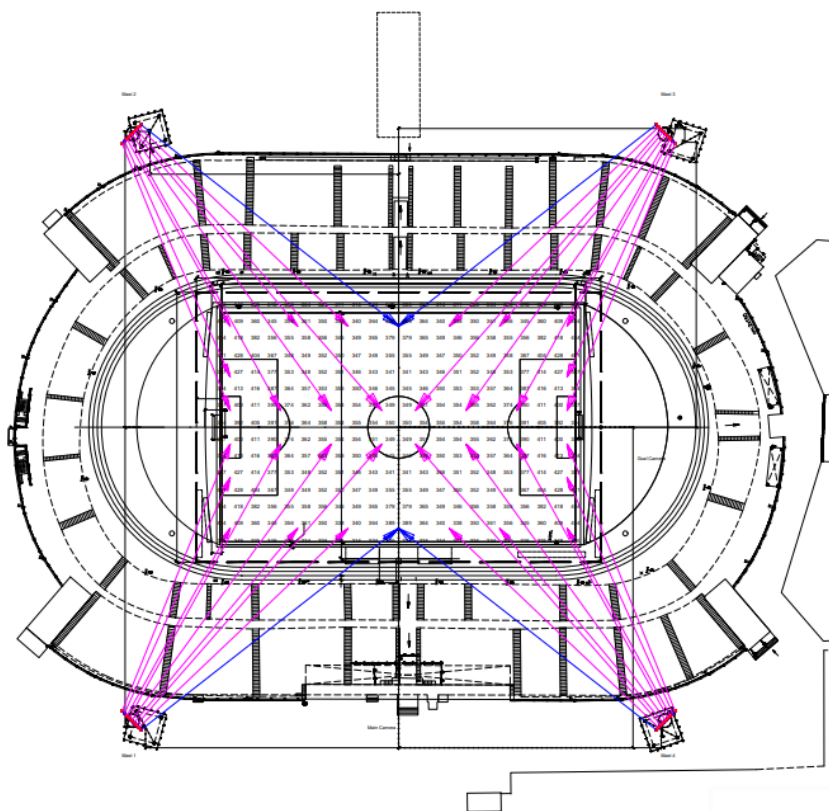
4.«FIFA Football Stadiums
Technical recommendations and
requirements» 2011

Проектом передбачено виконання
вимог до системи освітлення стадіону
згідно категоріям.

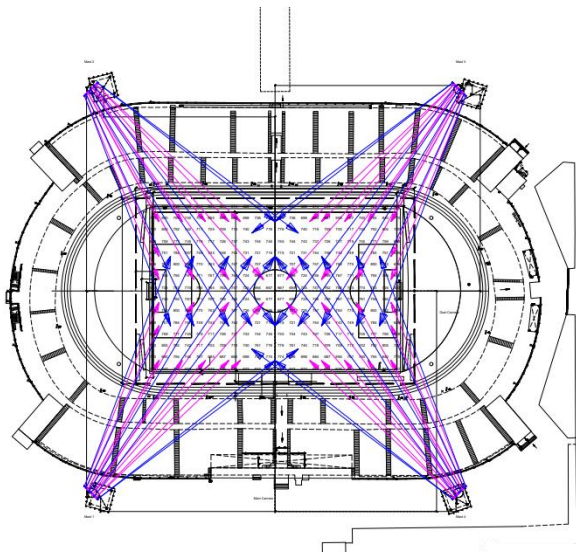
Розташування освітлювальних матчт та напрямки
націлювання прожекторів.



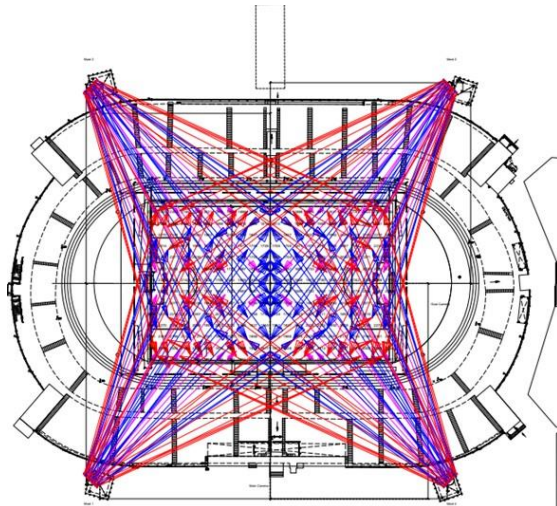
Електроосвітлення зовнішнє, режим тренування



Електроосвітлення зовнішне,
режим гри без ТВ трансляції

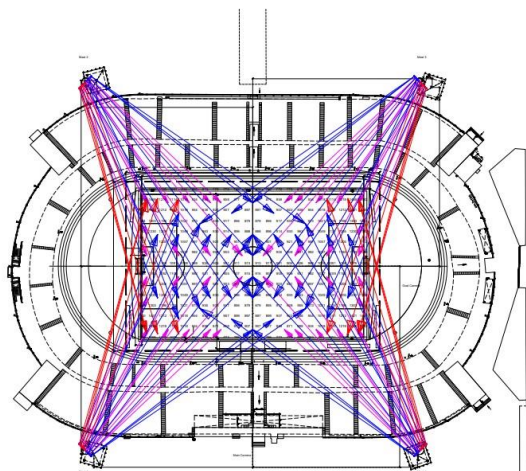


Гра з трансляцією по ТВ



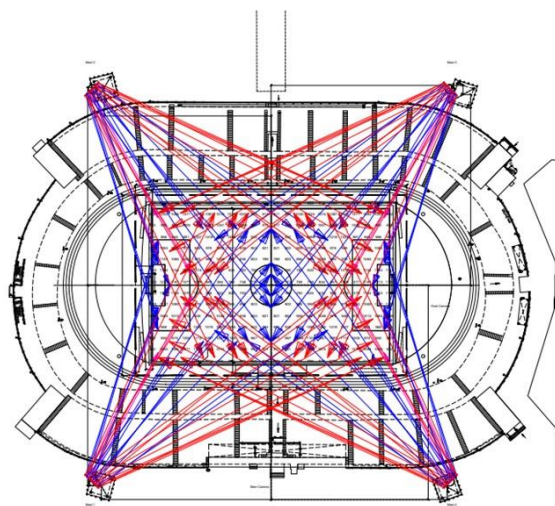
Аварійний режим з живленням від

«Ввод 1»



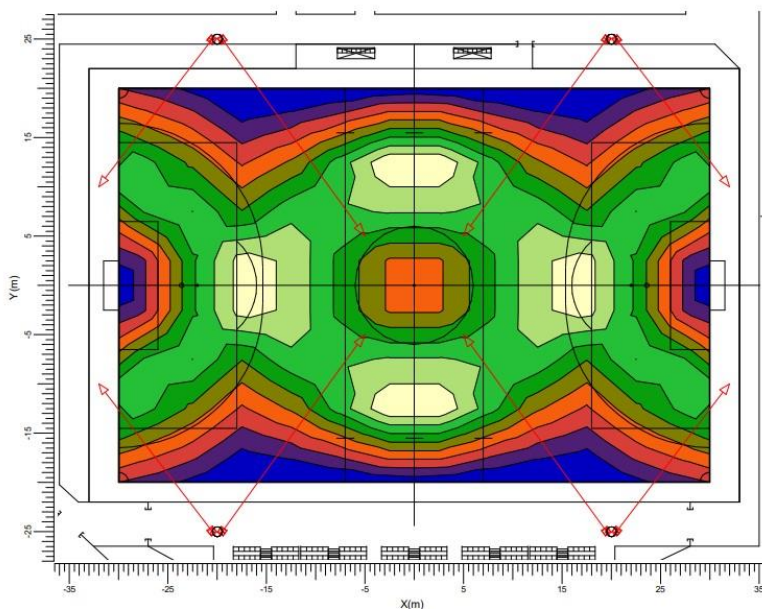
Аварійний режим з живленням від

«Ввод 2»



Візуалізація розподілу освітленості є важливою задачею при проектуванні освітлення для футбольних стадіонів. Вона допомагає оцінити, наскільки рівномірно поле освітлення і виявити ділянки з недостатньою або непобутовою освітленістю. Це критично для забезпечення комфортних умов гри та трансляції матчів. Побудова теплової карти, на основі розрахункових даних створюється квіткова карта, де різні кольори позначають різні рівні освітленості. Це наглядно показує, де освітлення найбільш/найменше інтенсивніше.

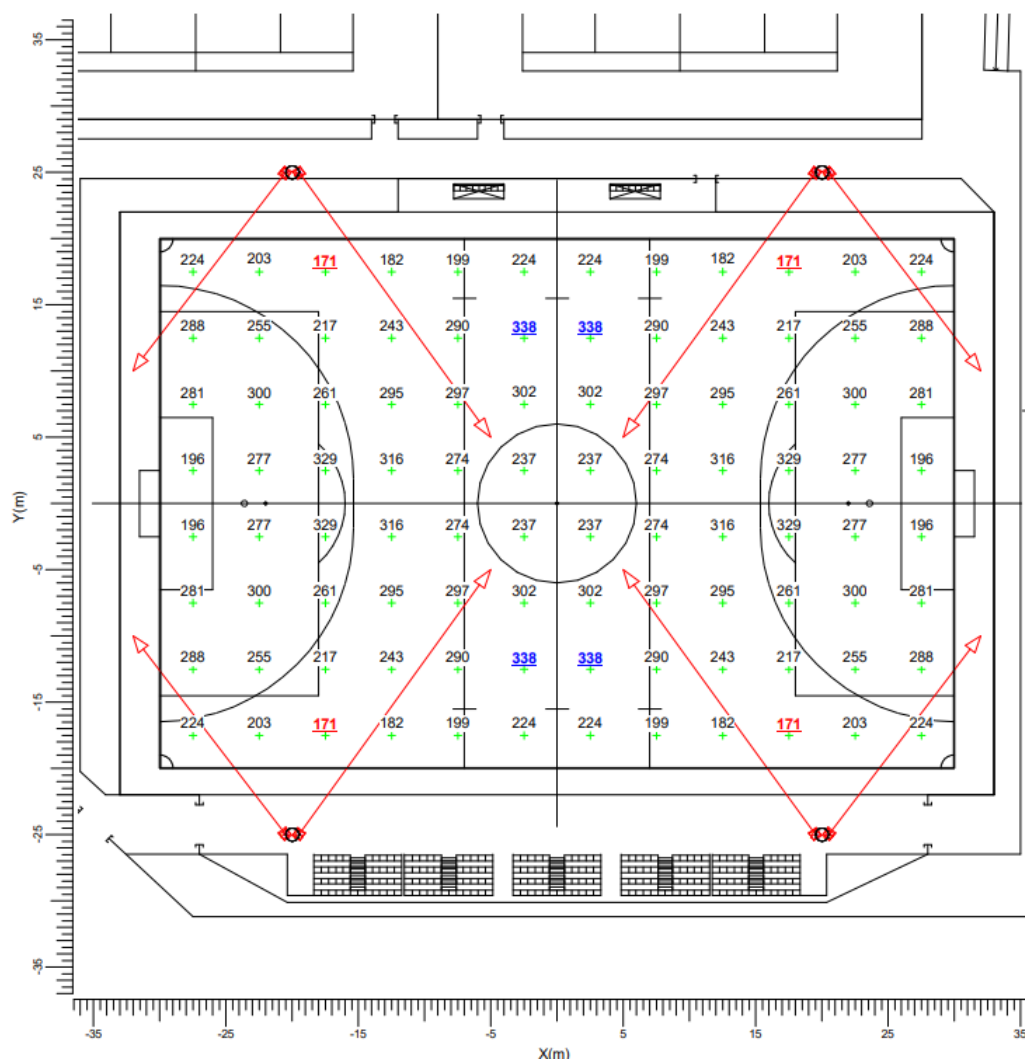
Візуалізація розподілу освітленості по поверхні футбольного поля стадіону



Результати розрахунку ділянок електричної освітлювальної мережі на мінімум
провідникового матеріалу

Ділянка	Допустима втрата напруги, %	Площа поперечного перерізу, мм ²		Реальна втрата напруги, %
		Розраховане значення	Табличне значення	
2.1, 3.1	1,196	4,18	6	0,800
2.1.1, 3.1.1	0,396	0,51	1,5	0,089
2.1.2, 3.1.2	0,307	0,22	1,5	0,044
2.2, 2.3, 3.2, 3.3	1,196	2,73	4	0,800
2.2.1, 2.3.1, 3.2.1, 3.3.1	0,396	0,17	1,5	0,044
4.1	0,924	5,41	6	0,800
4.1.1	0,124	1,61	2,5	0,053
4.1.2	0,071	0,94	1,5	0,044
4.2, 4.3	0,924	3,54	4	0,800
4.2.1, 4.3.1	0,124	0,54	1,5	0,044

Додаток В – додатковий графічний матеріал



Графічна таблиця – Освітлення поверхності

