

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра Электроснабжение и электротехника

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Реконструкция системы электроснабжения стадиона

Обучающийся

А. С. Шпак

(Инициалы Фамилия)



(личная подпись)

Руководитель

к. т. н., доцент Платов В. И.

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

В работе проведена разработка проекта реконструкции системы электроснабжения спортивного сооружения на примере стадиона спортивно-оздоровительного комплекса г. Билибино Чукотского автономного округа.

Согласно указанной цели, в работе решены следующие основные задачи:

- приведена характеристика объекта проектирования;
- обоснованы мероприятия по реконструкции схемы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса;
- проведён расчёт электрических нагрузок стадиона спортивно-оздоровительного комплекса, а также токов короткого замыкания на объекте проектирования;
- выбраны проводники и аппаратов защиты системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса;
- выбрана система управления наружным освещением на объекте проектирования.

Работа представлена расчётно-пояснительной запиской объёмом 60 страниц и шестью чертежами графической части формата А1 [11].

Содержание

Введение	4
1 Характеристика системы электроснабжения стадиона	7
1.1 Характеристика помещений и инфраструктуры стадиона спортивно-оздоровительного комплекса	7
1.2 Исходная характеристика системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса	13
1.3 Обоснование необходимости реконструкции системы электроснабжения стадиона	16
2 Разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения стадиона	19
2.1 Реконструкция принципиальной схемы	19
2.2 Расчёт силовой и компьютерной нагрузки инфраструктуры стадиона	23
2.3 Расчёт осветительной нагрузки инфраструктуры стадиона	28
2.4 Расчёт токов короткого замыкания	35
2.5 Выбор аппаратов защиты и кабелей системы электроснабжения инфраструктуры стадиона	37
2.6 Расчёт экономических показателей системы электроснабжения инфраструктуры стадиона	45
3 Выбор системы управления наружным освещением системы электроснабжения стадиона	52
Заключение	57
Список используемых источников	59

Введение

Спортивные стадионы являются важными объектами для проведения спортивных мероприятий, культурных мероприятий и развлекательных программ.

В последние годы современные стадионы все больше интегрируются в городскую инфраструктуру и повышают удобства для посетителей.

Роль и перспективы развития стадионов в современном обществе состоят в следующем:

- многофункциональное использование: современные стадионы используются для проведения множества мероприятий, чтобы привлечь внимание и обеспечить постоянный поток посетителей; помимо спортивных мероприятий, этот аспект может выражаться в проведении концертов, выставок, конференций, культурных мероприятий и даже организации корпоративных мероприятий, значит, стадионы становятся не только спортивными объектами, но и социально-культурными центрами;
- экологичность: в свете заметных изменений окружающей среды и увеличения концентрации углекислого газа, все больше спортивных сооружений (включая стадионы) интегрируют зеленые технологии и проявляют интерес к их устойчивому развитию, что может проявляться в использовании солнечных панелей, систем энергосбережения, энергоэффективного освещения, а также создания зеленых зон для отдыха и ландшафтного дизайна;
- улучшение комфорта: современный стадион – это обеспечение комфорта и развлечений для посетителей, значит, стадионы активно улучшают свою инфраструктуру, внедряют современные технологии, такие как беспроводной интернет, мобильные приложения для заказа еды и напитков, а также прочие комфортные условия, включая VIP-зоны;

- интеграция экономических средств: удобный доступ к стадионам является важным фактором эффективного использования энергии; в связи с этим, развитие транспортной проблемы, такой как общественный транспорт, пешеходные зоны и велосипедные дорожки, играет важную роль в решении данной проблемы не только для спортивного сооружения, но и всего города в целом;
- адаптивные и модульные конструкции: новые площадки в архитектуре и инженерии стадиона включают создание конструктивных и модульных конструкций, которые позволяют легко изменять вместимость и функциональность объекта в зависимости от проводимых мероприятий, что позволяет сократить расходы на обслуживание стадионов;
- цифровая трансформация: внедрение новых технологий, таких как дополненная и виртуальная реальность, интерактивные экраны и системы умного управления, позволяет стадионам заниматься более интересными и захватывающими зрелищами для посетителей, а также использовать возможности для дополнительной монетизации;
- социальная интеграция: проведение благотворительных и образовательных программ на стадионах, также способствует привлечению предприятий малого и крупного бизнеса, которые способны стать активными участниками в развитии города и решении проблем его жителей.

В целом, в перспективе развития стадионов лежат перечисленные выше мероприятия, направленные на повышение качества и надёжности спортивных сооружений, интеграцию современных технологий и «зеленых практик», а также активное участие в социальной и культурной жизни городов.

Основной целью данной работы является разработка проекта реконструкции системы электроснабжения спортивного сооружения на примере стадиона спортивно-оздоровительного комплекса г. Билибино

Чукотского автономного округа.

Объект исследования в работе – стадион спортивно-оздоровительного комплекса г. Билибино Чукотского автономного округа.

Предмет исследования – система электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса г. Билибино Чукотского автономного округа.

Согласно указанной цели, в работе должны быть решены следующие основные задачи:

- приведена характеристика объекта проектирования;
- обоснованы мероприятия по реконструкции схемы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса;
- «проведён расчёт электрических нагрузок стадиона спортивно-оздоровительного комплекса» [18];
- «рассчитаны токи короткого замыкания, осуществлён выбор аппаратов защиты системы внешнего и внутреннего электроснабжения» [15] стадиона спортивно-оздоровительного комплекса;
- выбрана система управления наружным освещением на объекте проектирования.

Результатом «работы является разработка, проверка и реализация технических решений, позволяющих» [12] внедрить качественные мероприятия по реконструкции системы электроснабжения рассматриваемого в работе стадиона.

Решение поставленных в работе задач планируется провести с использованием современных передовых и прогрессивных методов науки и техники, а также инноваций в электротехнической отрасли.

1 Характеристика системы электроснабжения стадиона

1.1 Характеристика помещений и инфраструктуры стадиона спортивно-оздоровительного комплекса

В работе детально рассматривается система электроснабжения спортивного сооружения на примере стадиона спортивно-оздоровительного комплекса г. Билибино Чукотского автономного округа. Стадион является частью спортивно-оздоровительного комплекса, который территориально расположен в г. Билибино Чукотского автономного округа, на ул. Геологов, 2.

Данный спортивно-оздоровительный комплекс является важнейшей частью инфраструктуры не только города Билибино, но и всего Чукотского автономного округа. Он включает в себя оздоровительный центр, бассейн, сеть спортивных и тренажёрных залов, Дворец Sports, а также стадион с инфраструктурой. Построен данный спортивно-оздоровительный комплекс в восьмидесятые годы двадцатого века по современным технологическом и техническим проектам, которые были актуальны в то время. Расположение на карте г. Билибино спортивно-оздоровительного комплекса со стадионом, рассматриваемым в работе, показано на рисунке 1 [14].



Рисунок 1 – Расположение на карте г. Билибино спортивно-оздоровительного комплекса со стадионом, рассматриваемым в работе

На территории спортивно-оздоровительного комплекса находится рассматриваемый в работе стадион. Он представляет собой футбольное поле (в центре) и две беговые дорожки (по периметру).

Стадион используется для проведения спортивных соревнований, тренировок, а также культурно-массовых мероприятий. Таким образом, он выполняет одновременно несколько важнейших функций, являясь универсальным.

Рядом со стадионом находятся две трибуны для зрителей общим размером 15 м × 4 м каждая. Вместимость каждой трибуны – 124 человека.

Для зрителей предусмотрена дорожка, которая ведет от трибун к выходу за трибунами.

Также на территории спортивно-оздоровительного комплекса расположена спортивная площадка. К ней и к стадиону ведет дорожка от площадки.

Кроме того, к инфраструктуре стадиона относится здание тренировочного комплекса (двухэтажное строение). Оно состоит из совокупности различных помещений, выполняющих роль тренировочных залов, кабинетов, комнат для отдыха, массажных и врачебных кабинетов, а также тренерских и раздевалок.

Площадка перед входом на стадион в спортивно-оздоровительный комплекс выполняет роль проходной.

Внутреннее пространство за стадионом между пристройками забетонировано. Оно используется для хозяйственных нужд.

Перед входом в здание тренировочного комплекса расположена площадка для проведения различных мероприятий.

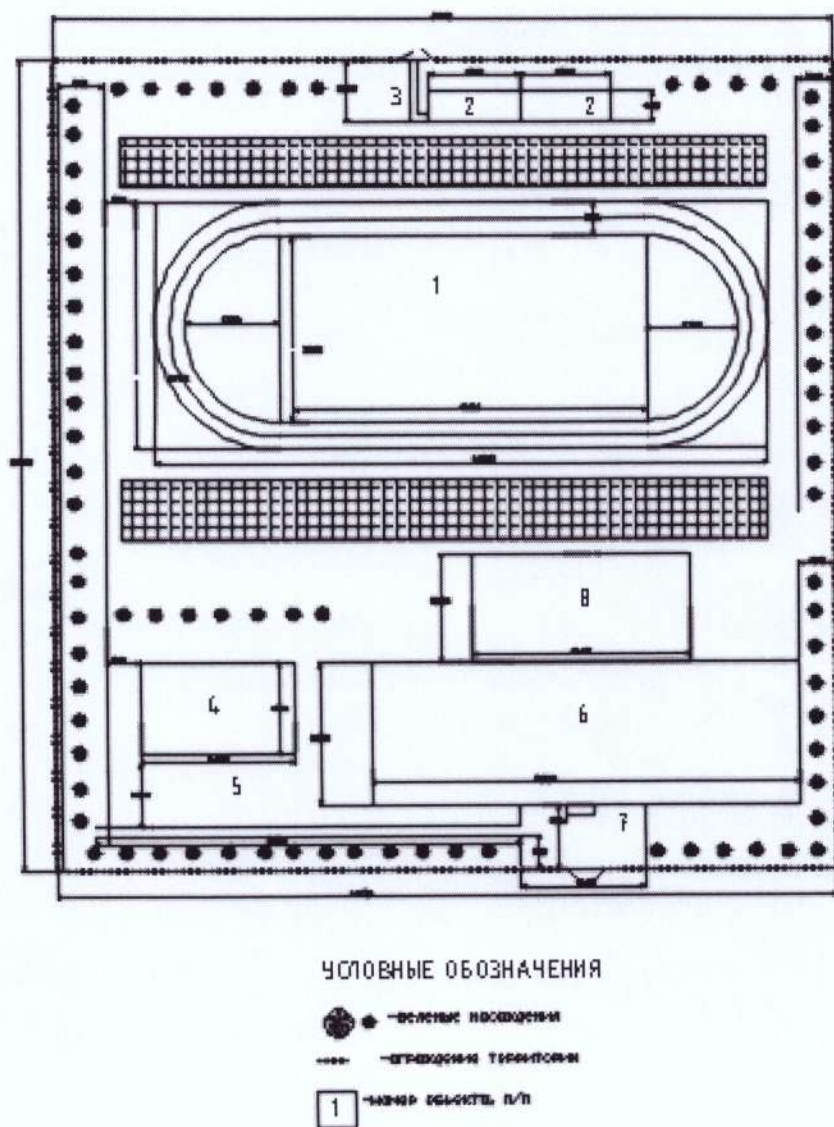
Она также забетонирована и используется для открытия и закрытия спортивных мероприятий, а также культурно-массовых мероприятий небольшого масштаба.

Территория стадиона и спортивно-оздоровительного комплекса обнесена высоким забором.

Также на территории спортивно-оздоровительного комплекса имеются зелёные насаждения (кустарники и деревья).

подавляющее большинство помещений и объектов спортивно-оздоровительного комплекса не относятся к пожароопасным и взрывоопасным. К помещениям с повышенной опасностью поражения людей электрическим током относятся душевые и санузлы, расположенные в здании тренировочного комплекса спортивно-оздоровительного комплекса.

«План размещения объектов стадиона и его инфраструктуры на территории спортивно-оздоровительного комплекса показан на рисунке 2» [1].



«Рисунок 2 – План размещения объектов стадиона и его инфраструктуры на территории» [2] спортивно-оздоровительного комплекса

«Наименование объектов стадиона и его инфраструктуры, расположенных на территории спортивно-оздоровительного комплекса, с указанием их размеров и площади, приведены в таблице 1» [11].

Таблица 1 – Наименование объектов стадиона и его инфраструктуры, расположенных на территории спортивно-оздоровительного комплекса

Номер объекта на плане	Наименование объекта	Размеры объекта, м		Площадь объекта, м ²
		Длина, м	Ширина, м	
1	Стадион с беговыми дорожками	100	36	3600
2	Трибуны	30	4	120
3	Дорожка к трибунам	12	2	24
4	Спортивная площадка	24	15	360
5	Дорожка к стадиону и спортивной площадке	91,5	2	183
6	Здание тренировочного комплекса (двухэтажное)	58	28	1624
7	Площадка перед входом в спортивно-оздоровительный комплекс	10	20	200
8	Внутреннее пространство	43,4	20	868

Основными потребителями стадиона, прилегающих дорожек, трибун и спортивной площадки, является освещение.

Силовая нагрузка есть только в двухэтажном здании тренировочного комплекса.

В силу этого факта, данное сооружение, входящее в инфраструктуру стадиона, рассматривается в работе детально.

Здание тренировочного комплекса имеет прямоугольную форму с размерами 28м × 58 м.

Оно состоит из совокупности различных помещений, выполняющих роль тренировочных залов, кабинетов, комнат отдыха, массажных и врачебных кабинетов, а также тренерских и раздевалок.

Исходные данные помещений, расположенных на территории тренировочного комплекса спортивно-оздоровительного комплекса, представлены в таблице 2.

«План размещения указанных объектов на территории здания тренировочного комплекса спортивно-оздоровительного комплекса показан на рисунке 3» [7].

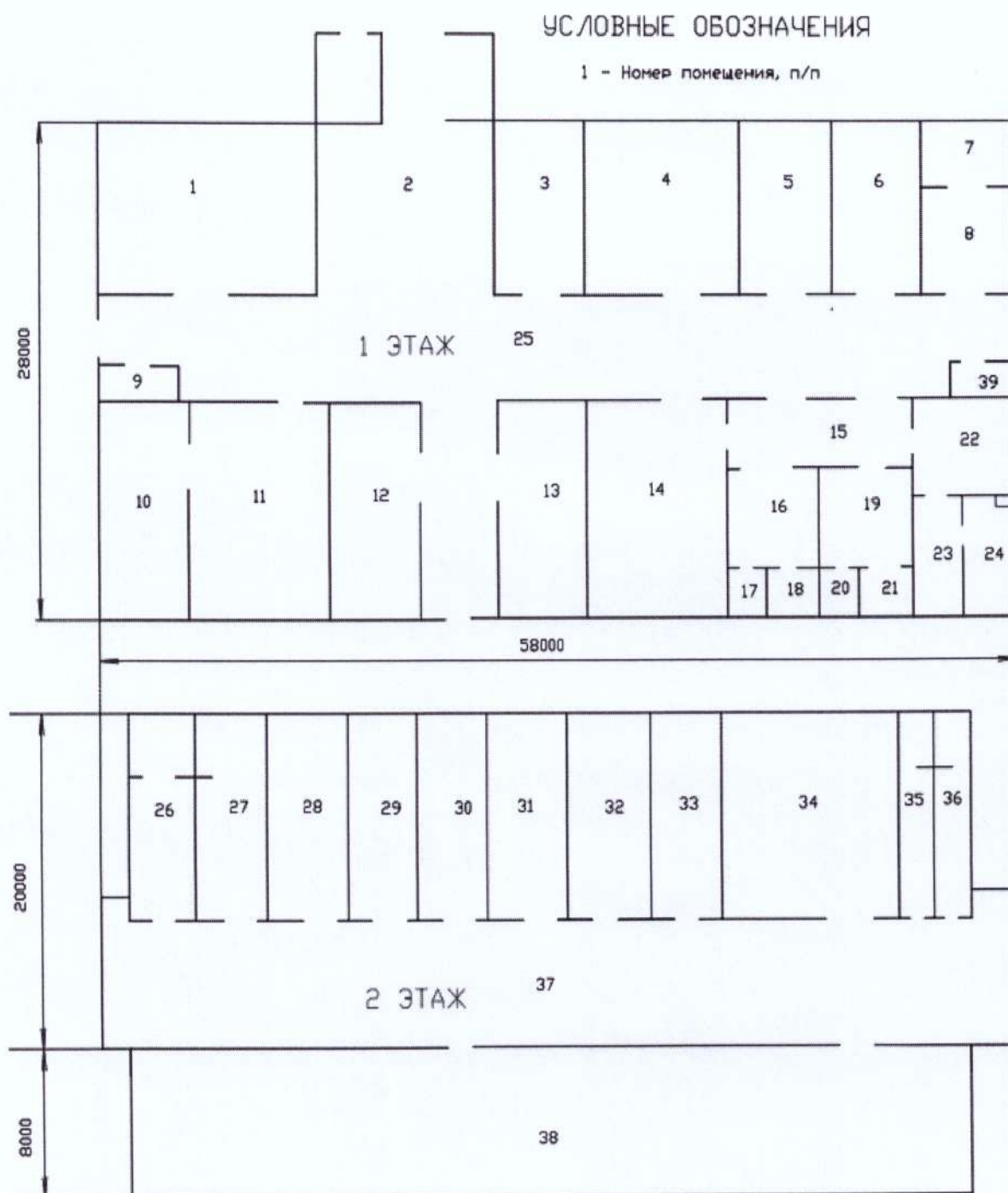


Рисунок 3 – План размещения объектов на территории тренировочного комплекса, входящего в инфраструктуру стадиона спортивно-оздоровительного комплекса

Таблица 2 – Исходные данные помещений, расположенных на территории здания тренировочного комплекса инфраструктуры стадиона

Номер помещения, по плану	Наименование помещения	Размеры		
		А, м	В, м	S, м ²
1 этаж				
1	Тренировочный зал №1	15	10	150
2	Вестибюль	12	10	120
3	Кабинет начальника спортивно-оздоровительного комплекса	6	10	60
4	Тренировочный зал №2	10	10	100
5	Тренерская	4	10	40
6	Кладовая	4	10	40
7	Щитовая	2	4	8
8	Санитарно – техническое помещение	8	4	32
9	Архив	2	5	10
10	Кабинет врача	12	6	72
11	Тренировочный зал №3	12	10	120
12	Тренировочный зал №4	6	12	72
13	Тренировочный зал №5	6	12	72
14	Спортивный зал	10	12	120
15	Коридор	4	10	40
16	Раздевалка женская	6	5	30
17	Женский с/у	2	2	4
18	Душ женский	2	3	6
19	Раздевалка мужская	6	5	30
20	Мужской с/у	2	2	4
21	Душ мужской	2	3	6
22	Столовая	5	6	30
23	Зал приёма пищи №1	3	7	21
24	Зал приёма пищи №2	3	7	21
25	Коридор 1 этажа	6	58	348
2 этаж				
26	Тренировочный зал №6	12	5	60
27	Тренировочный зал №7	12	5	60
28	Тренировочный зал №8	12	6	72
29	Тренировочный зал №9	12	5	60
30	Тренировочный зал №10	12	5	60
31	Тренировочный зал №11	12	5	60
32	Тренировочный зал №12	12	5	60
33	Комната отдыха	12	6	72
34	Массажный зал	12	12	144
35	Женский с/у	2	12	24
36	Мужской с/у	2	12	24
37	Коридор 2 этажа	8	58	464
38	Физкультурный зал	8	58	464
Прочие потребители				
39	Вентиляция и кондиционирование	-	-	-

1.2 Исходная характеристика системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса

Обеспечение электроэнергией инфраструктуры стадиона спортивно-оздоровительного комплекса, осуществляется от Билибинского района электрических сетей (РЭС) кабельной линией электропередачи (до главного распределительного щита – далее – ГРЩ). В этом ГРЩ(ВРУ) инфраструктуры стадиона спортивно-оздоровительного комплекса находятся автоматы, которые защищают сеть от ненормальных режимов, а также служат для обеспечения её коммутации. «Источником питания стадиона спортивно-оздоровительного комплекса является двухтрансформаторная ПС-10/0,4 кВ, которая, в свою очередь, питает главный распределительный щит (ГРЩ)» [10] инфраструктуры стадиона спортивно-оздоровительного комплекса, расположенный в помещении тренировочного комплекса. Поэтому в схеме внешнего электроснабжения ГРЩ «внешнего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса от питающей ПС-10/0,4, применяется двухлучевая радиальная схема, которая показана на рисунке 4» [4].

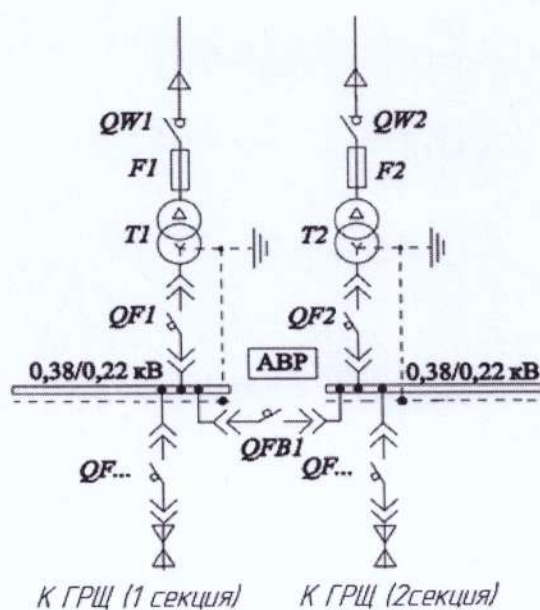


Рисунок 4 – Схема внешнего электроснабжения ГРЩ стадиона спортивно-оздоровительного комплекса от ПС-10/0,4 кВ (двухлучевая радиальная схема)

На стороне низкого напряжения ПС-10/0,4 кВ для каждой секции ГРЩ внешнего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса предусмотрены автоматы ввода.

При этом в схеме электроснабжения внешнего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса используются соответствующие типы и виды распределительных и питающих щитов (щитков).

Указанные щитки потребителей получают питание от ГРЩ внешнего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса по схемам, с учётом категории надёжности.

Для питания щитков потребителей второй и первой категории надёжности, к которой относится рассматриваемый в работе стадион спортивно-оздоровительного комплекса (вводной щит ГРЩ), применяется двухлучевая схема без АВР, которая показана на рисунке 5.



Рисунок 5 – Двухлучевая схема без АВР для питания потребителей I-й и II-й категории надёжности

«От указанных щитков выполняется распределение электроэнергии по конечным потребителям» [5] внешнего и внутреннего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса.

К силовым потребителям на территории объекта проектирования относятся только потребители тренировочного комплекса, а именно: розеточные группы и электроприёмники (получают непосредственное

питание от ЩРС), а также осветительные устройства (питание – от ЩРО и ЩАО).

При этом компьютерная сеть в инфраструктуре стадиона полностью отсутствует, что значительно затрудняет внедрение современных технологий, особенно на культурно-массовых мероприятиях и значимых спортивных соревнованиях.

Данная проблематика актуальна и требует решения.

Все остальные объекты системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса имеют исключительно осветительную нагрузку наружного освещения, которая получает питание от щитков наружного освещения (рабочего и аварийного).

На стадионе в настоящий момент используются прожекторы с мощными и неэффективными лампами типа ДРЛ, которые потребляют очень много электроэнергии, а также требуют частой замены ламп. В связи с этим, система освещения стадиона устарела.

Кроме того, отсутствует система автоматического управления системой наружного освещения, в настоящее время включение и выключения наружного освещения осуществляется в ручном режиме.

Такая система управления освещением является устаревшей и требующей модернизации путём автоматизации системы управления данного объекта.

Данная проблема актуальна и требуют решения.

Поэтому она детально должна быть рассмотрена и решена в данной работе.

На основании приведённых данных, с учётом описанной проблематики в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса, далее в работе проводится обоснование необходимости реконструкции объекта проектирования.

1.3 Обоснование необходимости реконструкции системы электроснабжения стадиона

Перспективы развития стадиона спортивно-оздоровительного комплекса включают в себя технологические инновации, которые повлекут изменения в экономическом и техническом аспектах.

Как было указано ранее, одним из основных направлений развития экономики является использование новых технологий, например, высокая и расширенная реальность, чтобы повысить достижения спортсменов. Технологии также включают в себя охрану окружающей среды, энергоэффективность и охрану окружающей среды.

Кроме того, на стадионе спортивно-оздоровительного комплекса планируется значительное увеличение различных мероприятий.

Это позволяет использовать объект в полной мере и получать дополнительный доход.

Также планируется использовать сооружения стадиона и его инфраструктуру для обучения и проведения тренировок, которые будут оплачиваться частными лицами и организациями.

Наконец, особое внимание планируется уделить учету и интересам пользователей, в том числе привлечению внимания, спонсоров и другим заинтересованным сторонам.

Развитие инфраструктуры стадиона спортивно-оздоровительного комплекса должно отражать эти потребности и предлагать наилучшие условия для всех пользователей.

В целом, перспективы развития стадиона спортивно-оздоровительного комплекса и улучшения его состояния и дохода, включают в себя использование новых технологий, более широкое использование объектов, повышение энергетической эффективности использования электроэнергии с учётом требований пользователей.

В результате проведения анализа системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса было установлено наличие следующих проблем:

- в инфраструктуре стадиона полностью отсутствует компьютерная сеть, что значительно затрудняет внедрение современных технологий, особенно на культурно-массовых мероприятиях и значимых спортивных соревнованиях;
- на стадионе используются прожекторы с мощными и неэффективными лампами типа ДРЛ, которые потребляют очень много электроэнергии, а также требуют частой замены ламп;
- отсутствует система автоматического управления наружным освещением, включение и выключения наружного освещения осуществляется в ручном режиме.

Исходя из приведённой информации, в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса предлагается внедрить следующие мероприятия, которые позволят решить приведённые выше проблемы и позитивно скажутся на всех перечисленных выше аспектах:

- внедрить компьютерную сеть в инфраструктуре стадиона путём установки щитков и проводников компьютерных потребителей в помещениях тренировочного комплекса;
- заменить неэффективные и устаревшие прожекторы с лампами типа ДРЛ на современные светодиодные источники света;
- разработать и внедрить систему автоматического управления наружным освещением.

Таким образом, на основании приведённой информации, с учётом предложенных мероприятий для устранения существующей проблематики на объекте исследования, далее в работе проводится решение основных поставленных задач по реконструкции системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса г. Билибино.

Обоснование мероприятий проводится расчётно-аналитическим путём.

Выводы по разделу.

В разделе приведена исходная характеристика системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса.

В результате проведения анализа системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса было установлено наличие следующих проблем:

- в инфраструктуре стадиона полностью отсутствует компьютерная сеть, что значительно затрудняет внедрение современных технологий, особенно на культурно-массовых мероприятиях и значимых спортивных соревнованиях;
- на стадионе используются прожекторы с мощными и неэффективными лампами типа ДРЛ, которые потребляют очень много электроэнергии, а также требуют частой замены ламп;
- отсутствует система автоматического управления наружным освещением, включение и выключения наружного освещения осуществляется в ручном режиме.

Исходя из приведённой информации, в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса предлагается внедрить следующие мероприятия, которые позволят решить приведённые выше проблемы и позитивно скажутся на всех перечисленных выше аспектах:

- внедрить компьютерную сеть в инфраструктуре стадиона путём установки щитков и проводников компьютерных потребителей в помещениях тренировочного комплекса;
- заменить неэффективные и устаревшие прожекторы с лампами типа ДРЛ на современные светодиодные источники света;
- разработать и внедрить систему автоматического управления наружным освещением.

Практическая реализация данных мероприятий осуществляется в работе далее.

2 Разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения стадиона

2.1 Реконструкция принципиальной схемы

Далее в работе, основываясь на исходной схеме электроснабжения объекта проектирования, проводится обоснование реконструированной электрической принципиальной схемы инфраструктуры стадиона спортивно-оздоровительного комплекса. Как было указано в работе ранее, на объекте проектирования требуется ввод компьютерных сетей в тренировочном комплексе стадиона, а также замена источников освещения на современный тип. С учётом этих факторов, проводится решение поставленных задач.

Однолинейная электрическая схема внешнего электроснабжения рассматриваемого стадиона спортивно-оздоровительного комплекса после реконструкции показана на рисунке 6.

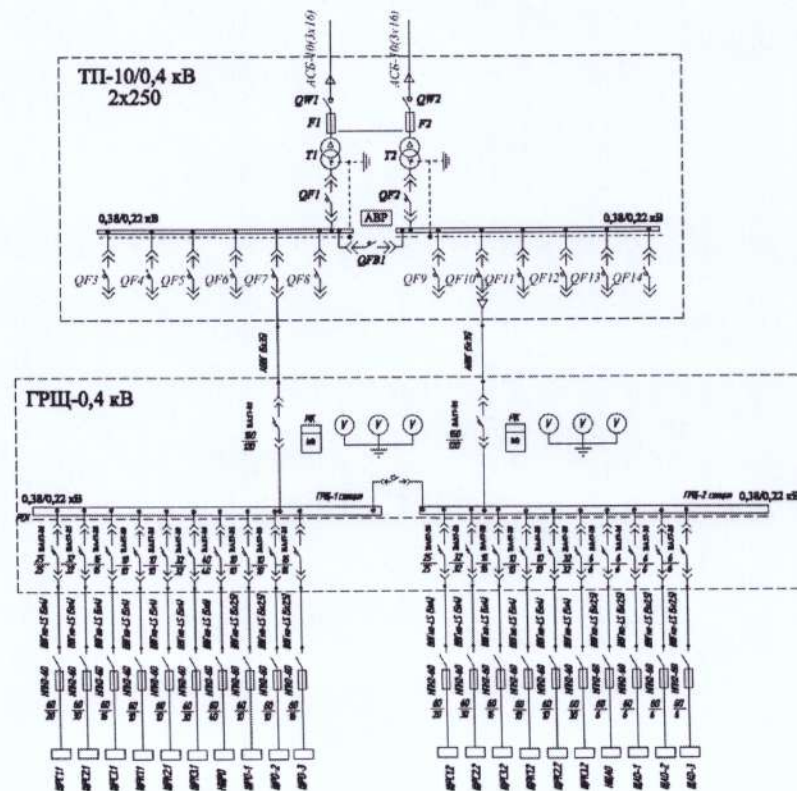


Рисунок 6 – Однолинейная электрическая схема внешнего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса после реконструкции

После окончательного выбора проводников и аппаратов, они также приведена в графической части работы в полном объёме.

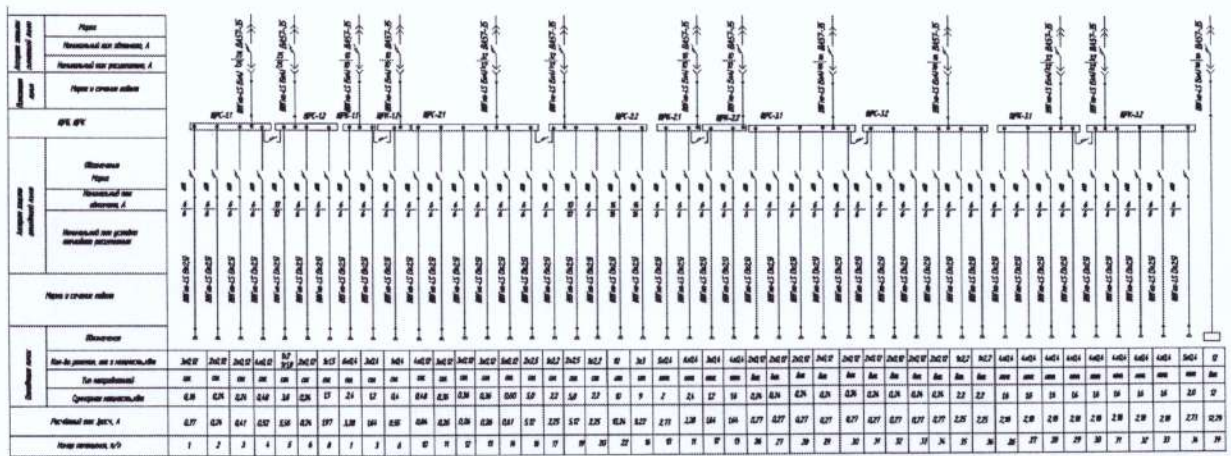


Рисунок 7 – Схема электрическая принципиальная распределительной сети внутреннего электроснабжения тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса с учётом новых компьютерных сетей

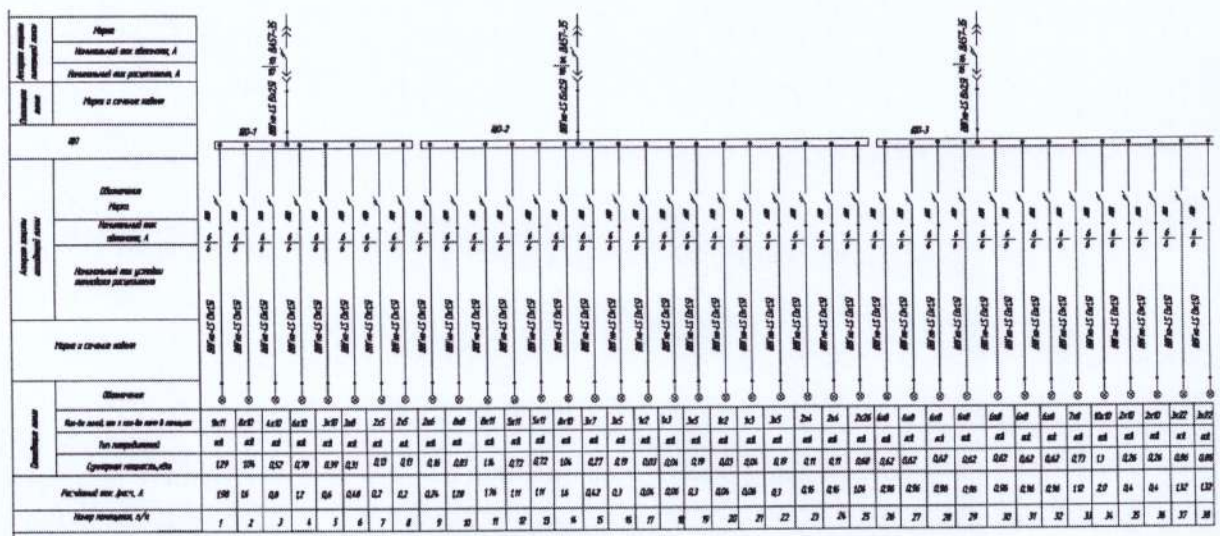


Рисунок 8 – Схема электрическая принципиальная распределительной сети освещения тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса с учётом новых осветительных ламп

Все принятые принципиальные схемы системы электроснабжения стадиона и его инфраструктуры спортивно-оздоровительного комплекса соответствуют требованиям основных положений нормативных документов.

После выбора и проверки их составных элементов (осуществляется в работе далее), они представлены в графической части работы.

Монтажные электрические принципиальные схемы в системах электроснабжения должны показывать реальное расположение электрооборудования как внутри, так и снаружи объекта.

Такие схемы разрабатываются для правильного монтажа многих видов проводников, электрических аппаратов.

Например, с помощью монтажных схем собирают электрические шкафы, сборки, составляют кабельный журнал, определяют способы монтажа и соединений в сети и прочее.

На монтажной электрической схеме внешнего электроснабжения изображается расположение объектов, к которым прокладываются кабельные линии питающей и распределительной сетей внешнего электроснабжения.

На электрических монтажных схемах системы внешнего электроснабжения стадиона и его инфраструктуры спортивно-оздоровительного комплекса должны быть показаны следующие основные элементы [4]:

- трансформаторы и источники питания;
- кабельные линии;
- щитки (главный распределительный, силовые, осветительные, компьютерные);
- прочие устройства и механизмы.

Проводится разработка монтажных схем стадиона после внесения изменений в результате реконструкции.

Монтажная электрическая схема внешнего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса и прилегающей инфраструктуры представлена на рисунке 9.

Монтажная электрическая схема внутреннего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса (внутреннего электроснабжения тренировочного комплекса) представлена на рисунке 10.

После окончательного выбора электрических аппаратов и проводников, они показаны также в графической части работы.

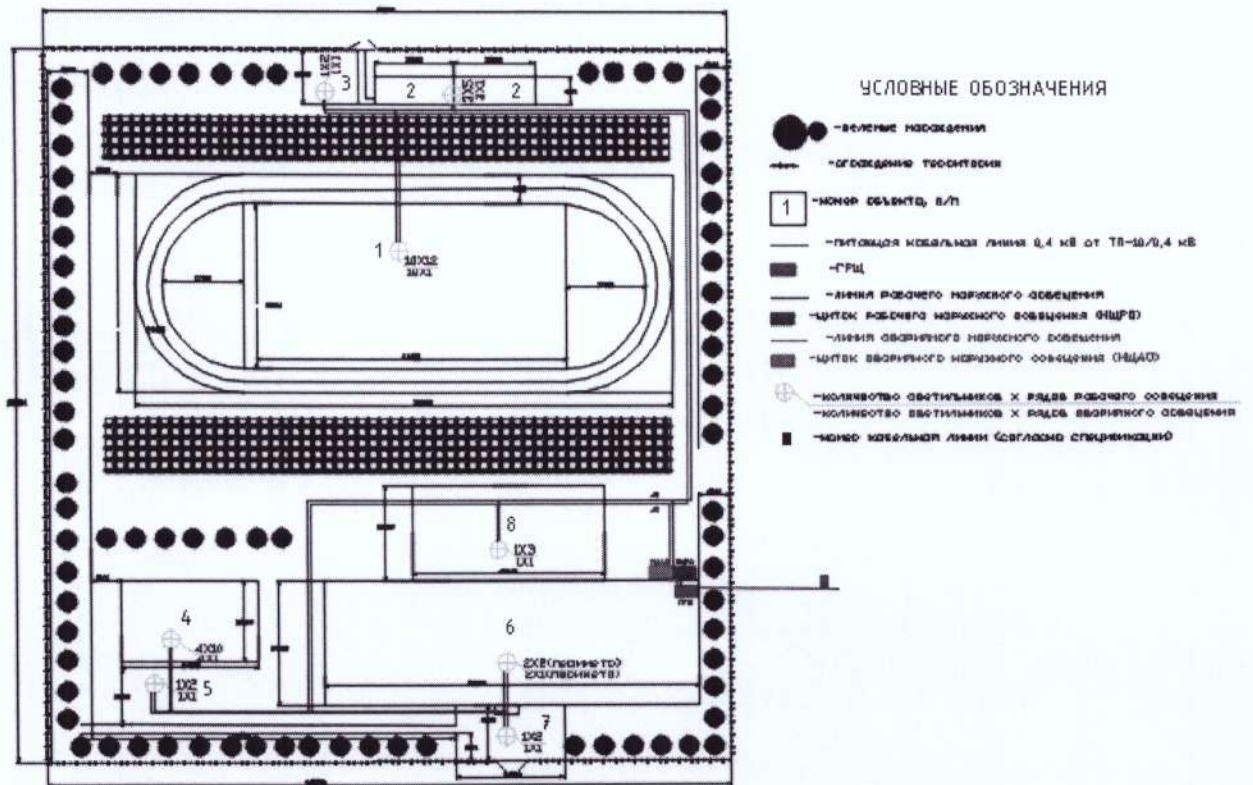


Рисунок 9 – Монтажная электрическая схема внешнего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса после реконструкции

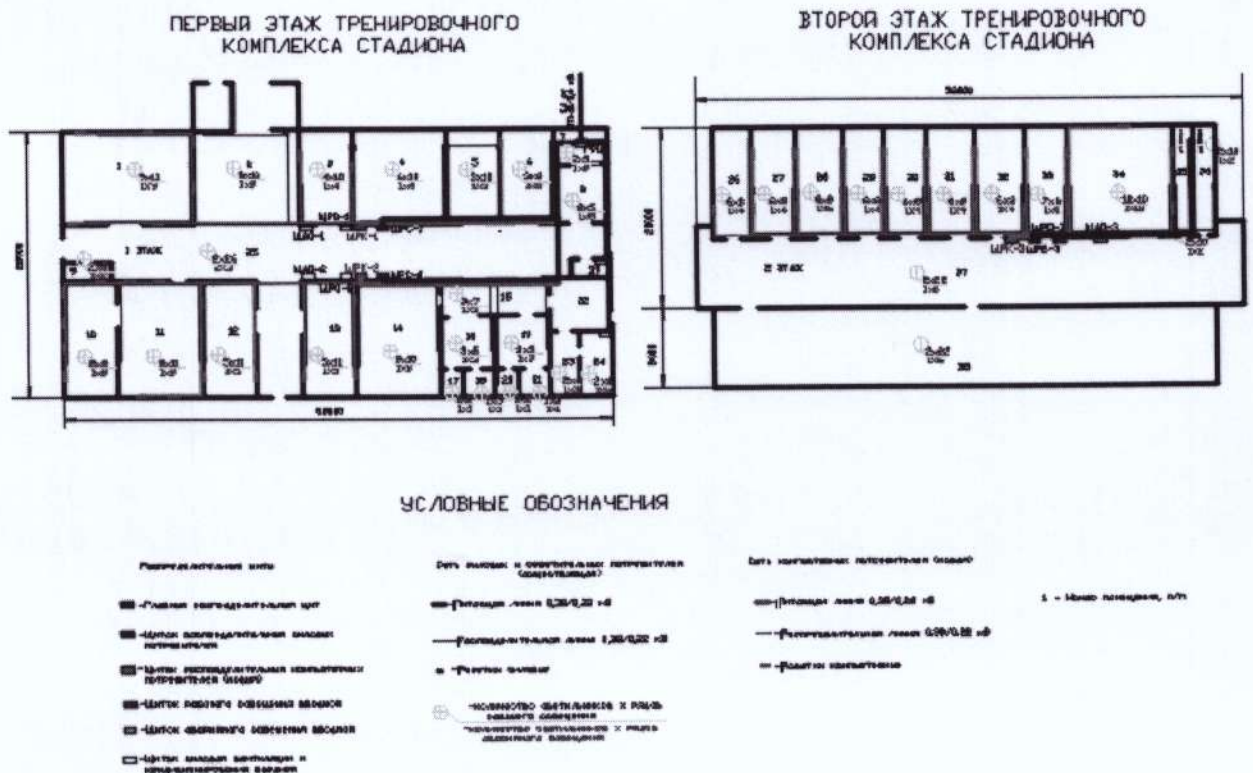


Рисунок 10 – Монтажная электрическая схема внутреннего электроснабжения тренировочного комплекса инфраструктуры стадиона после реконструкции

Таким образом, установлено, что реконструированная схема электроснабжения стадиона и его инфраструктуры спортивно-оздоровительного комплекса соответствует всем нормативным требованиям и может быть рекомендована к внедрению на объекте проектирования в результате проведения мероприятий по его реконструкции.

2.2 Расчёт силовой и компьютерной нагрузки инфраструктуры стадиона

Известно, что расчётные электрические нагрузки объектов являются основой для проектирования, модернизации и реконструкции систем электроснабжения [12]. Поэтому далее в работе, для достижения поставленной цели, следует провести расчёт электрических нагрузок, которые далее будут использованы для расчёта максимальных рабочих токов с последующими выбором и проверкой силовых трансформаторов, проводников линий, сборных шин, а также основного оборудования электрической сети стадиона спортивно-оздоровительного комплекса.

Как было указано ранее, в системе электроснабжения стадиона (в здании тренировочного комплекса), в результате реконструкции была установлена компьютерная сеть, необходимая для развития инфраструктуры объекта проектирования.

С учётом данного факта, далее в работе необходимо провести расчёт электрических нагрузок силовой и компьютерной сетей.

В работе расчёту подлежат значения активной, реактивной и полной расчётных нагрузок одиночных присоединений потребителей, систем сборных шин, а также всей питающей подстанции ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса.

Как известно, расчётный ток нагрузки нормального режима также относится к электрическим нагрузкам, поэтому в работе он также подлежит определению [3].

«Для внешнего электроснабжения стадиона, значение суммарной активной нагрузки на вводе рассчитывается так» [8]:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{сил}} + P_{\text{осв}}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где « $P_{\text{сил}}$ – суммарная активная силовая нагрузка, кВт» [8];

« $P_{\text{осв}}$ – суммарная активная осветительная нагрузка, кВт» [8].

«В данной работе выражение (1) примет вид» [19]:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{сил.уч.к}} + P_{\text{осв.уч.к}} + P_{\text{осв.н}}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

«где $P_{\text{сил.уч.к}}$ – суммарная активная силовая нагрузка, кВт» [19];

« $P_{\text{осв.уч.к}}$ – суммарная активная осветительная нагрузка, кВт» [19];

« $P_{\text{осв.н}}$ – суммарная активная осветительная нагрузка наружного освещения стадиона, кВт» [19].

«Значение суммарной реактивной нагрузки на вводе» [17]:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{сил.уч.к}} + Q_{\text{осв.уч.к}} + Q_{\text{осв.н}}, \text{ кВАр}, \quad (3)$$

«где $Q_{\text{сил.уч.к}}$ – суммарная реактивная силовая нагрузка, кВт» [17];

« $Q_{\text{осв.уч.к}}$ – суммарная реактивная осветительная нагрузка, кВт» [17];

« $Q_{\text{осв.н}}$ – суммарная реактивная осветительная нагрузка наружного освещения стадиона, кВт» [17].

«Значение суммарной полной нагрузки на вводе» [17]:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}, \text{ кВА}. \quad (4)$$

«В работе нагрузки розеточных групп приняты» [13]:

– «для силовых розеток (ЩРС): 0,06 кВт на одну розетку» [13];

– «для новых компьютерных розеток (ЩРК): 0,4 кВт на одну розеточную группу» [13].

«Расположение розеточных групп определяется, исходя из плана» [18] тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса. Значение расчётных нагрузок потребителей тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса определяется:

$$P_{\text{расч.}} = K_c P_{\text{уст.}}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

$$Q_{\text{расч.}} = P_{\text{расч.}} \cdot \text{tg} \varphi, \text{ квар}, \quad (6)$$

$$S_{\text{расч.}} = \sqrt{P_{\text{расч.}}^2 + Q_{\text{расч.}}^2}, \text{ кВА}, \quad (7)$$

$$I_{\text{расч.}} = \frac{S_{\text{расч.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \text{ А}, \quad (8)$$

«где $P_{\text{уст}}$ – установленная активная мощность потребителей, кВт» [17];

« K_c – коэффициент спроса» [2];

« $\text{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности» [2];

« $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение электрической сети, кВ» [7].

«Для силовых потребителей тренировочного зала №1 по (5-8)» [10]:

$$P_{\text{расч.}} = 0,36 \cdot 0,6 = 0,22 \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{р.1}} = 0,22 \cdot 0,48 = 0,11 \text{ квар}.$$

$$S_{\text{р.1}} = \sqrt{0,22^2 + 0,11^2} = 0,24 \text{ кВА}.$$

$$I_{\text{расч.}} = \frac{0,24}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 0,37 \text{ А}.$$

Аналогично определены расчетные нагрузки остальных потребителей тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса и результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет нагрузок силовых и компьютерных потребителей тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса

Наименование	$P_{уст.}$ кВт	K_c	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{расч.}$ кВт	$Q_{расч.}$ кВАр	$S_{расч.}$ кВА	$I_{расч.}$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 этаж								
Тренировочный зал №1								
Силовые потребители	0,36	0,60	0,90	0,48	0,22	0,11	0,24	0,37
Компьютерные потребители	2,4	0,80	0,90	0,48	1,92	0,92	2,12	3,28
Вестибюль								
Силовые потребители	0,24	0,60	0,90	0,48	0,14	0,07	0,16	0,24
Кабинет начальника спортивно-оздоровительного комплекса								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,2	0,18	0,27	0,41
Компьютерные потребители	1,2	0,80	0,90	0,48	0,96	0,46	1,06	1,64
Кладовая								
Силовые потребители	1,5	0,78	0,91	0,45	1,17	0,53	1,28	1,97
Тренерская								
Силовые потребители	0,48	0,85	0,75	0,88	0,41	0,36	0,54	0,84
Компьютерные потребители	1,2	0,80	0,90	0,48	0,96	0,46	1,06	1,64
Тренировочный зал №3								
Силовые потребители	0,36	0,85	0,75	0,88	0,31	0,27	0,17	0,26
Компьютерные потребители	2,4	0,80	0,90	0,48	1,92	0,92	2,12	3,28
Тренировочный зал №4								
Силовые потребители	0,36	0,85	0,75	0,88	0,31	0,27	0,17	0,26
Компьютерные потребители	1,2	0,80	0,90	0,48	0,96	0,46	1,06	1,64
Тренировочный зал №5								
Силовые потребители	0,36	0,85	0,75	0,88	0,31	0,27	0,17	0,26
Компьютерные потребители	1,2	0,80	0,90	0,48	0,96	0,46	1,06	1,64
Спортивный зал								
Силовые потребители	0,6	0,60	0,90	0,48	0,36	0,17	0,40	0,61
Раздевалка женская								
Силовые потребители	5,0	0,60	0,90	0,48	3,0	1,44	3,32	5,12
Женский с/у								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Раздевалка мужская								
Силовые потребители	5,0	0,60	0,90	0,48	3,0	1,44	3,32	5,12
Мужской с/у								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Столовая								
Силовые потребители	10,0	0,60	0,90	0,48	6,0	2,88	6,65	10,24
Залы приёма пищи №1,2								
Силовые потребители	9,0	0,60	0,90	0,48	5,4	2,59	5,98	9,22
Итого 1 этаж								
Силовые потребители	42,42	0,60	0,90	0,48	26,64	14,44	29,7	45,74
Компьютерные потребители	10,00	0,80	0,90	0,48	8,64	4,14	9,54	14,76

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Итого 1 этаж	52,42	-	-	-	35,28	18,58	39,87	61,31
2 этаж								
Тренировочный зал №6								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Тренировочный зал №7								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Тренировочный зал №8								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Тренировочный зал №9								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Тренировочный зал №2								
Силовые потребители	0,48	0,60	0,85	0,62	0,29	0,18	0,34	0,52
Комната отдыха								
Силовые потребители	3,8	0,72	0,76	0,86	2,74	2,35	3,61	5,56
Массажный зал								
Силовые потребители	0,24	0,60	0,90	0,48	0,14	0,07	0,16	0,24
Компьютерные потребители	0,4	0,80	0,90	0,48	0,32	0,15	0,35	0,55
Тренировочный зал №10								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Тренировочный зал №11								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Тренировочный зал №12								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Комната отдыха								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Кабинет врача								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	2,0	0,80	0,90	0,48	1,6	0,77	1,77	2,73
Женский с/у								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Мужской с/у								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Физкультурный зал								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Компьютерные потребители	2,0	0,80	0,90	0,48	1,6	0,77	1,77	2,73
Итого 2 этаж								
Силовые потребители	8,76	0,60	0,90	0,48	5,76	3,51	6,75	10,38

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Компьютерные потребители	18,4	0,80	0,90	0,48	14,72	7,03	16,31	25,1
Итого 2 этаж	27,16	-	-	-	20,48	10,54	23,03	35,44
Вентиляция и кондиционирование (тех. помещение)								
Силовые потребители	12,0	0,60	0,90	0,48	7,2	3,46	7,98	12,29
Всего потребителей по тренажёрному комплексу инфраструктуры стадиона								
Итого силовых потребителей	63,18	0,72	0,75	0,88	39,6	21,41	45,02	69,26
Итого компьютерных потребителей по	28,4	0,80	0,90	0,48	23,36	11,17	25,89	39,84
Итого силовых и компьютерных потребителей по тренировочному комплексу	91,58	-	-	-	62,96	32,58	70,89	109,06

Результаты таблицы 3 используются в работе далее.

2.3 Расчёт осветительной нагрузки инфраструктуры стадиона

«Известно, что сегодня основное распространение получили светодиодные источники освещения, которые имеют неоспоримое преимущество по сравнению с другими источниками (лампами накаливания, люминесцентными и галогенными)» [2].

Поэтому в работе проектируется освещение объекта (инфраструктуры стадиона) с применением светодиодных источников освещения. В рамках реконструкции, данные светильники заменяют осветительные установки наружного освещения стадиона с лампами типа ДРЛ.

Для наружного освещения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса следует применять:

- рабочее освещение;
- аварийное освещение.

«Расчетный световой поток Φ , лм» [14]:

$$\Phi = \frac{EkSz}{N\eta}, \text{ лм}, \quad (9)$$

где « E - нормированная освещенность, лк» [14];

« k - коэффициент запаса» [14];

« S - площадь, подлежащая освещению, м²» [14];

« z - коэффициент неравномерности освещения» [14];

« N - количество светильников, шт» [14];

« η - коэффициент использования светового потока» [14].

Затем в зависимости от вида объекта, его расположения и выбранного ранее источника света, «выбирается нормированная освещенность, коэффициент запаса и коэффициент неравномерности освещения» [17].

«Коэффициент соотношения λ » [12]:

$$\lambda = \frac{L}{H_p}, \quad (10)$$

где « L - расстояние между светильниками, м» [15];

« H_p - расчетная высота, м» [18].

«Количество светильников, шт.» [14]:

$$n_a = \frac{A}{L}, \quad (11)$$

где « A - длина освещаемого объекта, м» [14];

« B - ширина освещаемого объекта, м» [14].

«Количество всех светильников N , шт.» [14]:

$$N = N_a \cdot H_{ин}. \quad (12)$$

Нормы минимальной освещенности для спортивных объектов приведены в таблице 4 [14].

Таблица 4 – Нормы минимальной освещенности для спортивных объектов

Номер помещения, по плану	Наименование объекта	Размеры объекта, м		Площадь объекта, м ²	Средняя освещенность в горизонтальной плоскости, не менее, Е _н , лк
		Длина, м	Ширина, м		
1	Стадион с беговыми дорожками	100	36	3600	750
2	Трибуны	225	3	675	750
3	Дорожка к трибунам	30	4	120	500
4	Спортивная площадка	12	2	24	25
5	Дорожка к стадиону и спортивной площадке	24	15	360	750
6	Здание тренировочного комплекса (двухэтажное)	91,5	2	183	25
7	Площадка перед входом в спортивно-оздоровительный комплекс	69,5	34,35	1564,18	15
8	Внутреннее пространство	10	20	200	20
9	Стадион с беговыми дорожками	43,4	20	868	10

«Как видно из результатов расчёта наружного освещения спортивной площадки, при требуемом нормируемом значении $E_n=750$ лк фактическое значение $E_\phi=772$ лк, что полностью соответствует нормам» [8].

«Светотехнический расчёт остальных объектов стадиона спортивно-оздоровительного комплекса выполнен аналогично и результаты приведены в таблице 5» [6].

«Также согласно требованиям [8] необходимо предусмотреть аварийное освещение» [8].

«Светильники аварийного освещения выбираются из числа светильников общего освещения таким образом, чтобы их мощность и освещённость была не менее 10% от рабочего освещения» [17].

Таблица 5 – Светотехнический расчёт наружного освещения объектов инфраструктуры стадиона

Наименование объекта	Размеры объекта		Ен, лк	Результаты расчёта освещения					
	Длина, м	Ширина, м		Тип светильника	Мощность свет-ка, кВт	Кол-во рядов, шт.	Кол-во свет-в в ряду, шт.	Кол-во свет-в, шт.	Суммарная мощность осв-я, кВт
Стадион с беговыми дорожками	100	36	750	ДО15-120-001 Kosmos 750	0,117	10	12	120	14,04
Трибуны	30	4	500			3	5	15	1,76
Дорожка к трибунам	12	2	25			1	2	2	0,23
Спортивная площадка	24	15	750			4	10	40	4,68
Дорожка к стадиону и спортивной площадке	91,5	2	25			1	2	2	0,23
Здание тренировочного комплекса (двухэтажное)	69,5	34,35	15			2	2	4	0,47
Площадка перед входом в спортивно-оздоровительный комплекс	10	20	20			1	2	2	0,23
Внутреннее пространство	43,4	20	10			1	3	3	0,35
Аварийное освещение	-	-	-			-	-	18	2,1
Всего наружного освещения	-	-	-			-	-	-	24,09

«Для наружного освещения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса расчётная реактивная нагрузка с учётом выбранных источников света» [17]:

$$Q_{осв.н} = P_{осв.н} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \text{кВАр}, \quad (13)$$

Таким образом:

$$Q_{осв.н} = 24,09 \cdot 0,33 = 7,95 \text{ кВАр.}$$

«Полная расчётная нагрузка наружного освещения инфраструктуры стадиона» [10]:

$$S_{осв.н} = \sqrt{P_{осв.н}^2 + Q_{осв.н}^2}, \text{ кВА.} \quad (14)$$

$$S_{осв.н} = \sqrt{24,09^2 + 7,95^2} = 25,37 \text{ кВА.}$$

«Аналогично рассчитывается внутреннее освещение тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса и результаты приводятся в таблице 6» [6].

Для внутреннего освещения тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса выбраны из каталога светильники с параметрами:

- марка - ДБО54-13-001 Econom LED 865 (ТУ 3461-043-05014337-2009);
- предназначены для внутреннего освещения офисных, общественных и других помещений;
- технические данные согласно каталогу: 220 В, 50 Гц, LED модуль, 13Вт LED лампа E27, IP23, УХЛ4;
- световой поток светильника: 895 лм;
- размеры: L×B×H=320x136x105 мм;
- масса: 0,39 кг;
- корпус и декоративная панель из поликарбоната белого цвета.
- рассеиватель из поликарбоната, крепится к корпусу двумя специальными винтами.

Таблица 6 – Результаты светотехнического расчёта внутреннего освещения помещений тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса

Объект	Размеры объекта		Ен, лк	Результаты расчёта освещения						
	Длина, м	Ширина, м		Тип светильника	Мощность светил., кВт	Кол-во рядов, шт.	Кол-во свет-в в ряду, шт.	Кол-во свет-в, шт.	$P_{осв}$, кВт	$I_{осв}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I этаж										
ЩРО-1										
Тренировочный зал №1	15	10	400	ДБО54-13-001	0,013	9	11	99	1,29	1,98
Вестибюль	12	10	300	Econom	0,013	8	10	80	1,04	1,6
Кабинет начальника спортивно-оздоровительного комплекса	6	10	300	LED 865	0,013	4	10	40	0,52	0,8
Тренировочный зал №2	10	10	400		0,013	6	10	60	0,78	1,2
Массажный зал	4	10	400		0,013	3	10	30	0,39	0,6
Кладовая	4	10	200		0,013	3	8	24	0,31	0,48
Щитовая	2	4	300		0,013	2	5	10	0,13	0,2
Санитарно – техническое помещение	8	4	300		0,013	2	5	10	0,13	0,2
Всего ЩРО-1									4,59	7,06
ЩРО-2										
Архив	2	5	300	ДБО54-13-001	0,013	2	6	12	0,16	0,24
Тренерская	12	6	500		0,013	8	8	64	0,83	1,28
Тренировочный зал №3	12	10	400	Econom	0,013	8	11	88	1,14	1,76
Тренировочный зал №4	6	12	400	LED 865	0,013	5	11	55	0,72	1,11
Тренировочный зал №5	6	12	400		0,013	5	11	55	0,72	1,11
Спортивный зал	10	12	500		0,013	8	10	80	1,04	1,6
Коридор	4	10	200		0,013	3	7	21	0,27	0,42
Раздевалка женская	6	5	200		0,013	3	5	15	0,19	0,3
Женский с/у	2	2	200		0,013	1	2	2	0,03	0,04
Душ женский	2	3	200		0,013	1	3	3	0,04	0,06
Раздевалка мужская	6	5	200		0,013	3	5	15	0,19	0,3
Мужской с/у	2	2	200		0,013	1	2	2	0,03	0,04
Душ мужской	2	3	200		0,013	1	3	3	0,04	0,06
Столовая	5	6	300		0,013	3	5	15	0,19	0,3

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зал приёма пищи №1	3	7	300		0,013	2	4	8	0,11	0,16
Зал приёма пищи №2	3	7	300	ДБО5 4-13- 001 Econo m LED 865	0,013	2	4	8	0,11	0,16
Коридор 1 этажа	6	58	200		0,013	2	26	52	0,68	1,04
Всего ЦРО-2									6,49	9,98
2 этаж										
ЦРО-3										
Тренировочный зал №6	12	5	400	ДБО5 4-13- 001 Econo m LED 865	0,013	6	8	48	0,62	0,96
Тренировочный зал №7	12	5	400		0,013	6	8	48	0,62	0,96
Тренировочный зал №8	12	6	400		0,013	8	8	48	0,62	0,96
Тренировочный зал №9	12	5	400		0,013	6	8	48	0,62	0,96
Тренировочный зал №10	12	5	400		0,013	6	8	48	0,62	0,96
Тренировочный зал №11	12	5	400		0,013	6	8	48	0,62	0,96
Тренировочный зал №12	12	5	400		0,013	6	8	48	0,62	0,96
Комната отдыха	12	6	400		0,013	7	8	56	0,73	1,12
Кабинет врача	12	12	400		0,013	10	10	100	1,3	2,0
Женский с/у	2	12	200		0,013	2	10	20	0,26	0,4
Мужской с/у	2	12	200		0,013	2	10	20	0,26	0,4
Коридор 2 этажа	8	58	200		0,013	3	22	66	0,86	1,32
Физкультурный зал	8	58	400	0,013	3	22	66	0,86	1,32	
Всего ЦРО-3									8,61	13,28
Всего рабочего освещения									19,69	30,29
Аварийное освещение									1,97	3,03
Всего осветительной активной нагрузки по учебному корпусу									21,66	-
Всего осветительной реактивной нагрузки по учебному корпусу									7,15	-
Всего осветительной полной нагрузки по учебному корпусу									22,81	35,09

С учётом суммарных нагрузок тренировочного комплекса инфраструктуры стадиона, определяется суммарная нагрузка на вводе ГРЩ по выражениям (2) – (4):

$$P_{\Sigma} = 62,96 + 21,66 + 24,09 = 108,71 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\Sigma} = 32,58 + 7,15 + 7,95 = 47,68 \text{ кВАр.}$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{108,71^2 + 47,68^2} = 118,71 \text{ кВА.}$$

Полученные результаты используются в работе далее.

2.4 Расчёт токов короткого замыкания

«Короткое замыкание (КЗ) относится к аварийным режимам. Значительные по значению токи короткого замыкания представляют большую опасность для элементов электрической сети и оборудования, так как они вызывают чрезмерный нагрев токоведущих частей и создают большие механические усилия» [17]. «Расчётная схема и схема замещения для расчётов токов короткого замыкания в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса приведены на рисунке 11» [13].

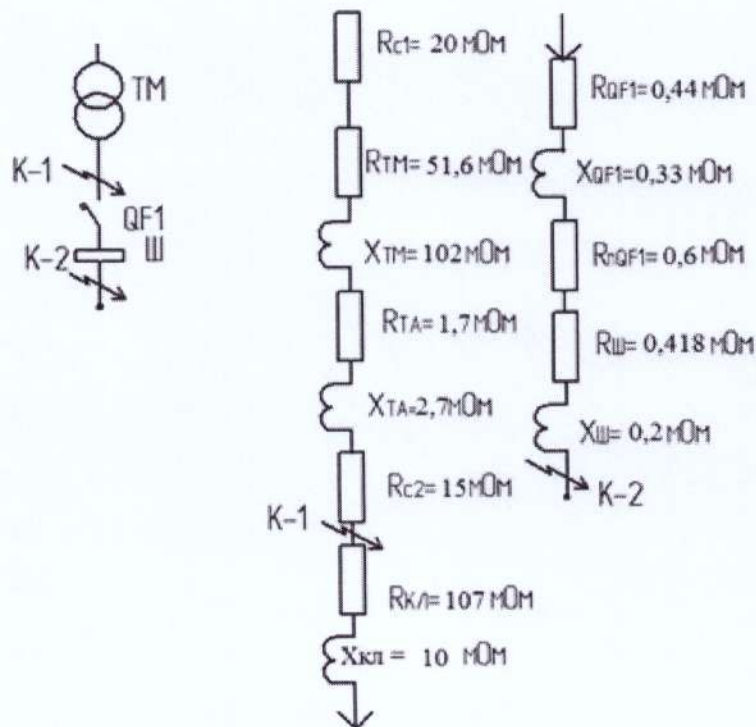


Рисунок 11 – Расчётная схема и схема замещения для расчётов токов короткого замыкания в системе электроснабжения инфраструктуры стадиона

«На основании схемы замещения рассчитывается полное суммарное активное сопротивление до точки короткого замыкания, по формуле» [17]:

$$R_{\Sigma K1} = R_{C1} + R_{TM} + R_{TA} + R_{C2}, \text{ мОм.} \quad (15)$$

«На основании схемы замещения, рассчитывается полное суммарное индуктивное сопротивление до первой и второй точки КЗ» [17]:

$$X_{\Sigma K1} = X_{TM} + X_{TA}, \text{ мОм.} \quad (16)$$

«Полное суммарное сопротивление до первой и второй точки короткого замыкания» [17]:

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2}, \text{ мОм.} \quad (17)$$

«Трёхфазный ток короткого замыкания» [17]:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1}}, \text{ кА.} \quad (18)$$

«Ударное значение тока короткого замыкания i_y , кА, рассчитывается по формуле» [17]:

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)}, \text{ кА,} \quad (19)$$

«где K_y – ударный коэффициент» [17].

«Результаты расчёта токов короткого замыкания в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса в сети 10 кВ и 0,38/0,22 кВ, приведены в работе в таблице 7» [17].

Таблица 7 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка	$R_{\Sigma k1}$, МОм	$X_{\Sigma k1}$, МОм	$Z_{\Sigma k1}$, МОм	$I_{кз}^{(3)}$, кА	T_a , с	K_y	i_y , кА
К1	88,1	104,7	136,96	1,6	0,004	1,08	2,44
К2	108,92	10,73	224,05	0,98	0,003	1	1,38

Результаты токов КЗ используются при проверке аппаратов и проводников.

2.5 Выбор аппаратов защиты и кабелей системы электроснабжения инфраструктуры стадиона

Далее необходимо провести выбор и проверку новых проводников и аппаратов защиты системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса.

В качестве защитной аппаратуры используются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем.

Расчётный ток присоединения определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{2} \cdot U_{ном}}, A. \quad (20)$$

Рассчитывается ток срабатывания теплового расцепителя по формуле:

$$I_{тр(расц.)} = 1,2 \cdot I_{раб.i}, A. \quad (21)$$

Условия выбора автоматических выключателей:

$$I_{тр} \geq I_{тр(расц.)}, A. \quad (22)$$

$$I_{тр} \leq I_{нав}, A. \quad (23)$$

«Результаты выбора автоматических выключателей для защиты сети внешнего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса представлены в таблице 8» [9].

Таблица 8 – Результаты выбора автоматических выключателей и предохранителей питающей сети внешнего электроснабжения

Наименование	S_p , кВА	I_p , А	Автомат				Предохранитель	
			Марка	$I_{ном.а}$, А	$I_{ном.р}$, А	N,шт.	Тип	$I_{ном.в}$, А
ГРЩ	70,89	109,06	ВА57-35	160	120	2	-	-
Силовая нагрузка тренировочного комплекса								
ЩРС1	11,5	17,69	ВА57-35	25	25	2	НПН2-60	20
ЩРС2	18,2	28,0	ВА57-35	32	32	2	НПН2-60	30
ЩРС3	6,75	10,38	ВА57-35	16	16	2	НПН2-60	16
Компьютерная нагрузка тренировочного комплекса								
ЩРК1	4,32	6,65	ВА57-35	10	10	2	НПН2-60	10
ЩРК2	5,22	8,03	ВА57-35	10	10	2	НПН2-60	10
ЩРК3	16,31	25,1	ВА57-35	32	32	2	НПН2-60	30
Осветительная нагрузка тренировочного комплекса								
ЩРО1	4,59	7,06	ВА57-35	10	10	1	НПН2-60	10
ЩРО2	6,49	9,88	ВА57-35	10	10	1	НПН2-60	10
ЩРО3	8,61	13,28	ВА57-35	16	16	1	НПН2-60	16
ЩАО1	0,46	0,71	ВА57-35	6	6	1	НПН2-60	6
ЩАО2	0,65	1,00	ВА57-35	6	6	1	НПН2-60	6
ЩАО3	0,86	1,33	ВА57-35	6	6	1	НПН2-60	6
Наружное освещение территории стадиона								
НЩРО	25,37	39,03	ВА57-35	40	40	1	НПН2-60	40
НЩАО	2,5	3,90	ВА57-35	6	6	1	НПН2-60	6

Далее проводится выбор кабельных линий для питания системы внешнего электроснабжения инфраструктуры стадиона.

В соответствии с расположением объектов инфраструктуры стадиона, а также требованиями [2], принимается, что их электроснабжение осуществляется кабельными линиями, проложенными в траншеях.

Трассы кабельных линий намечаются так, чтобы они проходили по одной стороне инфраструктуры стадиона. Причём в одну траншею укладываются как минимум несколько кабелей, питающих находящиеся рядом потребители. Известно, что «выбор проводников сетей низкого напряжения заключается в определении тока, протекающего по кабелю в нормальном и послеаварийном режиме» [2].

«При выборе поправочных коэффициентов вычисляется значение суммарного коэффициента» [5]:

$$K_{\text{общ.}} = K_{1.n} \cdot K_2 \cdot K_3. \quad (23)$$

$$K_{\text{общ.}} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,9. \quad (24)$$

«Для кабелей должны выполняться условия выбора и проверки» [8]:

В нормальном режиме работы [2]:

$$I'_{\text{доп}} \geq I_p^{\text{н}}, \text{ А.} \quad (25)$$

Значение расчетного тока в нормальном режиме определяется так:

$$I_p^{\text{н}} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot n}, \text{ А.} \quad (26)$$

где S_{Σ} - расчётная суммарная нагрузка линии, кВА;

$U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение, кВ;

n - количество силовых кабелей в линии, по которым осуществляется электроснабжение потребителей, шт.

При этом:

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{общ.}} I_{\text{доп}}, \text{ А.} \quad (27)$$

где $K_{\text{общ.}}$ - суммарный поправочный коэффициент, $K_{\text{общ.}} = 0,9$;

$I_{\text{доп}}$ - длительный допустимый ток кабеля, табл.1.3.16 [11].

Для кабельных линий с двумя кабелями, согласно условию резервирования, должна быть проведена проверка в аварийном режиме работы согласно [1]:

$$I'_{\text{доп}} \geq I_p^{as}, A. \quad (28)$$

Где расчётный ток послеаварийного режима можно определить так:

$$I_p^{as} = 1,4 I_p^n, A. \quad (29)$$

«Проводится расчёт и выбор кабельной линии, питающей ГРЩ стадиона спортивно-оздоровительного комплекса от ТП-10/0,4 кВ» [9].

По выражению (26):

$$I_p^n = \frac{109,06}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2} = 82,85 A.$$

«Принимается для прокладки два кабеля с алюминиевыми жилами марки АВВГ 5×35, $F=35 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 135 \text{ А}$, прокладка – в земле» [9].

«Проверка по (25) выполняется» [9]:

$$135 \cdot 0,9 = 121,5 A \geq 82,85 A.$$

«Проверка по (26) выполняется» [9]:

$$I_p^{as} = 1,35 \cdot 82,5 = 111,4 A.$$

«Проверка по (28) выполняется» [9]:

$$121,5 A \geq 111,4 A.$$

Аналогичные расчеты проведены для линий внешнего электроснабжения 0,38/0,22 кВ. Результаты приведены в таблице 9» [1].

Таблица 9 – Результаты выбора кабельных линий внешней системы электроснабжения инфраструктуры стадиона

Наименование	Количество кабелей, <i>n</i> , шт	Расчетный ток участка, $I_p^n / I_p^{ав}$, А	Кабель	
			$I'_{доп}$, А	Марка кабеля
ГРЩ	2	82,85/111,4	121,5	АВВГ 5×35
Силовая нагрузка тренировочного комплекса				
ЩРС1	2	13,6/18,37	32,8	ВВГнг-LS 5×4
ЩРС2	2	21,54/29,08	32,8	ВВГнг-LS 5×4
ЩРС3	2	7,98/10,77	32,8	ВВГнг-LS 5×4
Компьютерная нагрузка тренировочного комплекса				
ЩРК1	2	5,12/6,91	32,8	ВВГнг-LS 5×4
ЩРК2	2	6,18/8,39	32,8	ВВГнг-LS 5×4
ЩРК3	2	19,31/26,07	32,8	ВВГнг-LS 5×4
Осветительная нагрузка тренировочного комплекса				
ЩРО1	1	7,06/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩРО2	1	9,88/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩРО3	1	13,28/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩАО1	1	0,71/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩАО2	1	1,00/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩАО3	1	1,33/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
Наружное освещение территории стадиона				
НЩРО	1	39,03/-	48,6	ВВГнг-LS 5×6
НЩАО	1	3,90/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5

«Выбор кабельных линий и аппаратов защиты к потребителям тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса проведено аналогично и результаты приведены в таблице 10» [9].

«При этом в работе принимается по условиям селективности, рекомендованное минимальное сечение кабелей для питания силовых и компьютерных потребителей – не менее 2,5 мм², для питания освещения – не менее 1,5 мм²» [9].

Таким образом, питающие линии внешнего и внутреннего электроснабжения стадиона будут иметь большее сечение, а для их защиты применяются автоматы с большими уставками расцепителей, чем в распределительной сети стадиона.

Следовательно, селективность защиты в системе электроснабжения стадиона будет обеспечена.

Таблица 10 – Выбор кабельных линий и аппаратов защиты к линиям потребителей тренировочного комплекса стадиона спортивно-оздоровительного комплекса

Потребители	$I_{расч.}, A$	Марка кабеля	$\Delta U_n, \%$	Автомат	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.р.}, A$
1	2	3	4	5	6	7
1 этаж						
Тренировочный зал№1						
Силовые	0,37	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,12	ABB	6	6
Компьютерные	3,28	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,74	ABB	6	6
Освещение	1,98	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,24	ABB	6	6
Вестибюль						
Силовые	0,24	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,11	ABB	6	6
Освещение	1,6	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,18	ABB	6	6
Кабинет начальника спортивно-оздоровительного комплекса						
Силовые	0,41	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,23	ABB	6	6
Компьютерные	1,64	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,21	ABB	6	6
Освещение	0,8	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,42	ABB	6	6
Тренировочный зал№2						
Силовые	0,52	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,19	ABB	6	6
Компьютерные	0,55	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,92	ABB	6	6
Освещение	1,2	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,87	ABB	6	6
Массажный зал						
Бытовые потребители	5,56	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,37	ABB	10	10
Компьютерные	0,55	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,92	ABB	6	6
Освещение	0,6	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,03	ABB	6	6
Кладовая						
Силовые	0,24	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,83	ABB	6	6
Освещение	0,48	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,28	ABB	6	6
Щитовая						
Освещение	0,2	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,24	ABB	6	6
Санитарно – техническое помещение						
Силовые	1,97	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,14	ABB	6	6
Освещение	0,2	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,56	ABB	6	6
Архив						
Освещение	0,24	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,62	ABB	6	6
Тренерская						
Силовые	2,15	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,12	ABB	6	6
Компьютерные	2,73	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,15	ABB	6	6
Освещение	1,28	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,08	ABB	6	6
Тренировочный зал№3						
Силовые	2,84	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,47	ABB	6	6
Компьютерные	3,28	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,43	ABB	6	6
Освещение	1,76	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,82	ABB	6	6
Тренировочный зал№4						
Силовые	0,26	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,17	ABB	6	6
Компьютерные	1,64	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,11	ABB	6	6
Освещение	1,11	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,87	ABB	6	6

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7
Тренировочный зал №5						
Силовые	0,26	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,98	ABB	6	6
Компьютерные	1,64	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,92	ABB	6	6
Освещение	1,11	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,44	ABB	6	6
Спортивный зал						
Силовые	0,61	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,02	ABB	6	6
Освещение	1,6	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,98	ABB	6	6
Коридор						
Освещение	0,42	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,16	ABB	6	6
Раздевалка женская						
Силовые	5,12	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,16	ABB	10	10
Освещение	0,3	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,87	ABB	6	6
Женский с/у						
Силовые	2,25	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,18	ABB	6	6
Освещение	0,04	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,92	ABB	6	6
Душ женский						
Освещение	0,06	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,06	ABB	6	6
Раздевалка мужская						
Силовые	5,12	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,21	ABB	10	10
Освещение	0,3	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,18	ABB	6	6
Мужской с/у						
Силовые	2,25	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,19	ABB	6	6
Освещение	0,04	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,12	ABB	6	6
Столовая						
Силовые	10,24	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,48	ABB	16	16
Освещение	0,3	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,17	ABB	6	6
Душ мужской						
Освещение	0,06	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,23	ABB	6	6
Зал приёма пищи №1						
Силовые	9,22	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,02	ABB	6	6
Освещение	0,16	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,44	ABB	6	6
Зал приёма пищи №2						
Освещение	0,16	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,44	ABB	6	6
Коридор 1 этажа						
Освещение	1,04	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,48	ABB	6	6
2 этаж						
Тренировочный зал №6						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,15	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,12	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,16	ABB	6	6
Тренировочный зал №7						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,48	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,34	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,82	ABB	6	6
Тренировочный зал №8						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,27	ABB	6	6

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,21	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,94	ABB	6	6
Тренировочный зал№9						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,18	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,11	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,71	ABB	6	6
Тренировочный зал№10						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,45	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,41	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,19	ABB	6	6
Тренировочный зал№11						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,12	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,16	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,98	ABB	6	6
Тренировочный зал№12						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,03	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	0,98	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,49	ABB	6	6
Комната отдыха						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,83	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,94	ABB	6	6
Освещение	1,12	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,23	ABB	6	6
Кабинет врача						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,18	ABB	6	6
Компьютерные	2,73	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,72	ABB	6	6
Освещение	2,0	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,31	ABB	6	6
Женский с/у						
Силовые	2,25	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,41	ABB	6	6
Освещение	0,4	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,21	ABB	6	6
Мужской с/у						
Силовые	2,25	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,43	ABB	6	6
Освещение	0,4	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,29	ABB	6	6
Коридор 2 этажа						
Освещение	1,32	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,16	ABB	6	6
Физкультурный зал						
Освещение	1,32	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,34	ABB	6	6
Прочие потребители						
Вентиляция и кондиционирование	12,29	ВВГнг-LS (5x4)	2,08	ABB	16	16

Все выбранные проводники и аппараты защиты стадиона спортивно-оздоровительного комплекса соответствуют требуемым критериям выбора и проверок, поэтому могут быть применены на объекте проектирования.

2.6 Расчёт экономических показателей системы электроснабжения инфраструктуры стадиона

Значение максимальной расчётной мощности на шинах 0,38/0,22 кВ стадиона спортивно-оздоровительного комплекса составляет $P_{max}=108,71$ кВт, $T_{max}=3500$.

Исходя из принятых решений в работе, капиталовложения на проведённую разработку системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса определяются так [20]:

$$K = K_{внеш.} + K_{внутр.}, \quad (30)$$

где $K_{внеш.}$ - капиталовложения во внешнюю систему электроснабжения инфраструктуры стадиона, тыс. руб.;

$K_{внутр.}$ - капиталовложения во внутреннюю систему электроснабжения инфраструктуры стадиона, тыс. руб.

Капиталовложения в проектируемую систему электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса в работе определяются так [19]:

$$K = C_{осн.} \cdot n + M_n + H_p, \quad (31)$$

где « n - количество единиц оборудования, шт.» [19];

« $C_{осн.}$ - стоимость одной единицы оборудования, тыс. руб.» [19];

« M_n - расходы на монтаж и наладку оборудования, тыс. руб.» [19];

« H_p - накладные расходы, тыс. руб.» [19].

Принимается в работе:

$$\begin{aligned} M_n &= 0,3C_{осн}; \\ H_p &= 0,1C_{осн}. \end{aligned} \quad (32)$$

Результаты расчёта стоимости оборудования (сметы) для внешней системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса с учётом выбранного в работе оборудования сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Результаты расчёта стоимости оборудования (сметы) для внешней системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса

Наименование, марка	Ед. измерения	Кол-во ед.	Стоимость, за единицу, тыс. руб.	Суммарная стоимость, тыс. руб.
Кабельные линии				
Кабель АВВГ 4×35	км	0,36	384,0	138,24
Кабель ВВГнг-LS 5×6	км	0,82	302,0	247,64
Кабель ВВГнг-LS 5×4	км	3,76	190,0	714,4
Кабель ВВГнг-LS 5×2,5	км	3,84	123,0	472,32
Щиты вводные распределительные				
Щит ГРЩ	шт.	1	16,0	16,0
Щит ЩРС	шт.	3	14,0	42,0
Щит ЩРК	шт.	3	14,0	42,0
Щит ЩРО (ЩАО)	шт.	6	12,0	72,0
Щит НЩРО (НЩАО)	шт.	2	12,0	24,0
Электрические аппараты				
Автоматы ВА 57-35	шт.	22	1,5	33,0
Предохранители НПН2-60	шт.	60	0,5	30,0
Итого:	-	-	-	1831,6

Капиталовложения во внешнюю систему электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса по условию (31):

$$K_{внеш} = 1831,6 + 0,3 \cdot 1831,6 + 0,1 \cdot 1831,6 = 2564,24 \text{ тыс.руб.}$$

«Результаты расчёта стоимости оборудования (сметы) для внутренней системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса сведены в таблицу 12» [20].

Таблица 12 – Результаты расчёта стоимости оборудования (сметы) для внутренней системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса

Наименование, марка	Ед. измер	Кол-во ед.	Стоимость, за единицу, тыс. руб.	Суммарная стоимость, тыс. руб.
Кабельные линии				
Кабель ВВГнг-LS 5×4	км	0,1	190,0	19,0
Кабель ВВГнг-LS 3×2,5	км	3,60	64,8	233,3
Кабель ВВГнг-LS 3×1,5	км	4,10	46,5	190,7
Оборудование				
Розетки силовые	шт.	166	0,07	11,62
Розетки компьютерные	шт.	64	0,07	4,48
Светильники рабочего и аварийного освещения (LED)	шт.	1270	0,2	254,0
Электрические аппараты				
Автоматы АВВ	шт.	133	0,3	39,9
Итого:	-	-	-	753,0

Капиталовложения во внутреннюю систему электроснабжения инфраструктуры стадиона:

$$K_{\text{внутр.}} = 753 + 0,3 \cdot 753 + 0,1 \cdot 753 = 1054,2 \text{ тыс.руб.}$$

«Определение суммы общих капитальных вложений во внешнюю и внутреннюю системы электроснабжения инфраструктуры стадиона» [1]:

$$K = 2564,24 + 1054,2 = 3618,44 \text{ тыс.руб.}$$

В «общем виде расчетная формула эксплуатационных издержек (затрат) для» [19] проектируемой системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса имеет вид:

$$\begin{aligned} \text{ЭЗ} = & \text{ЗП} + \text{СВ} + A_{\text{внеш.}} + A_{\text{внутр.}} + P_{\text{внеш.}} + \\ & + P_{\text{внутр.}} + C_{\text{ЭЗ}} + H_{\text{Н}} + \text{Пр}, \text{ тыс.руб.}, \end{aligned} \quad (33)$$

где «ЗП – заработная плата, тыс. руб.» [19];

«СВ – страховые взносы, тыс. руб.» [19];

«А – амортизационные отчисления, тыс. руб.» [19];

«Р – затраты на ремонт и техническое обслуживание, тыс. руб.» [19].

«Зарботная плата за год» [7]:

$$\text{ЗП} = M_0 \cdot N \cdot K_{\text{дон}} \cdot T, \quad (34)$$

«где $M_0 = 41,89$ тыс. руб. – средний месячный оклад в организации (без учёта надбавок)» [7];

« $N = 5$ – количество оперативно – технических работников, необходимых для проведения монтажа, обслуживания и ремонта системы электроснабжения» [9];

$K_{\text{дон}} = 1,5$ – «коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда» [9];

$T = 12$ – «число месяцев в году» [18].

$$\text{ЗП} = 41,89 \cdot 5 \cdot 1,5 \cdot 12 = 3770,1 \text{ тыс.руб.}$$

«Расчёт страховых взносов проведён в форме таблицы 13» [11].

Таблица 13 – Расчёт страховых взносов

Пенсионный фонд РФ (ПФР (22%))	Фонд обязательного медицинского страхования (ФФОМС (5,1%))	Фонд социального страхования, нетрудоспособность (ФСС (2,9%))	ФСС травматизм, 0,9%
829,4 тыс. руб.	192,3 тыс. руб.	109,3 тыс. руб.	33,9 тыс. руб.

Значит:

$$CB = 0,309 \cdot ЗП, \text{ тыс.руб.} \quad (35)$$

$$CB = 0,309 \cdot 3770,1 = 1164,96 \text{ тыс.руб.}$$

«Амортизационные отчисления на разработанную систему электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса согласно» [18]:

$$A_o = K \cdot \frac{a}{100}, \quad (36)$$

«где a - годовая норма амортизационных отчислений, %» [9].

«По условию (36)» [15]:

$$A_{\text{внеш.}} = 2564,24 \cdot 0,01 = 25,64 \text{ тыс.руб.}$$

$$A_{\text{внутр.}} = 1054,2 \cdot 0,01 = 10,54 \text{ тыс.руб.}$$

«Затраты на ремонт и техническое обслуживание» [9]:

$$P_{TO} = K \cdot \frac{r}{100}, \quad (37)$$

«где r - годовая норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание оборудования и сетей, %» [9].

По условию (37):

$$P_{\text{TOвнеш.}} = 2564,24 \cdot 0,0025 = 6,41 \text{ тыс.руб.}$$

$$P_{\text{TOвнутр.}} = 1054,2 \cdot 0,0025 = 2,64 \text{ тыс.руб.}$$

«Стоимость электроэнергии» [16]:

$$C_{\text{ЭЭ}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{ЭЭ}}, \quad (38)$$

«где $T_{\text{ЭЭ}}$ - одноставочный тариф на электроэнергию» [16];

« $W_{\text{год}}$ - годовой объем потребляемой электроэнергии» [9].

«По условию (38)» [14]:

$$W_{\text{год}} = T_{\text{max}} \cdot P_{\text{max}}, \quad (39)$$

«где $T_{\text{max}} = 3500$ ч - количество часов использования максимума» [14];

« P_{max} - максимальная расчётная активная мощность инфраструктуры стадиона» [14].

По условию (39):

$$W_{\text{год}} = 3500 \cdot 108,71 = 380485 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

$$C_{\text{ЭЭ}} = 380485 \cdot 3,57 = 1358,33 \text{ тыс.руб.}$$

«Прочие расходы» [18]:

$$Pr = 0,01 \cdot \sum K. \quad (40)$$

$$Pr = 0,01 \cdot 3618,44 = 36,18 \text{ тыс.руб.}$$

«Годовые эксплуатационные издержки по условию (33)» [13]:

$$\begin{aligned} \text{ЭЭ} &= 3770,1 + 1164,96 + 25,64 + 10,54 + 6,41 + \\ &+ 2,64 + 1358,33 + 36,18 = 6374,8 \text{ тыс.руб.} \end{aligned}$$

«Сводная таблица экономических показателей системы электроснабжения стадиона приведена в таблице 14» [13].

Таблица 14 – Сводная таблица экономических показателей реконструированной системы электроснабжения инфраструктуры стадиона

Наименование затрат	Ед. измерения	Величина
Капиталовложения	тыс. руб.	3618,44
Заработная плата	тыс. руб.	3770,1
Страховые взносы	тыс. руб.	1164,96
Суммарные амортизационные отчисления	тыс. руб.	36,18
Суммарные расходы на ремонт и ТО	тыс. руб.	9,05
Годовой объем потребляемой электроэнергии	кВт·ч	380485
Стоимость потребляемой электроэнергии	тыс. руб.	1358,33
Прочие расходы	тыс. руб.	36,18
Годовые эксплуатационные издержки	тыс. руб.	6374,8

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что суммарные расходы на систему электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса находятся в допустимых пределах.

Выводы по разделу.

В работе приняты и обоснованы необходимые схемные решения, необходимые для качественной разработки проекта системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса. С учётом мероприятий по реконструкции объекта исследования, внесены соответствующие изменения в схему электроснабжения. В соответствии с поставленной целью, в работе также решены следующие основные задачи:

- проведён непосредственный расчёт электрических нагрузок;
- осуществлён расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса;
- проведён выбор проводников и аппаратов защиты;
- рассчитаны экономические показатели разработанного проекта реконструкции системы электроснабжения в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса, при этом суммарные годовые эксплуатационные издержки составили 6374,8 тыс. руб.

Все принятые решения в работе подтверждены соответствующими расчётами.

3 Выбор системы управления наружным освещением системы электроснабжения стадиона

Выбор системы управления наружным освещением стадиона зависит от ряда факторов, таких как:

- размер стадиона и количество установленных светильников;
- требования к освещению в различных зонах стадиона, например, на поле, на трибунах, на парковках и прочих объектах;
- климатические условия, такие как наличие сильного ветра, дождей, снега, жары и прочих условий;
- бюджет и доступность технологий;
- энергоэффективность и экологичность системы.

В настоящее время наиболее распространенной системой управления наружным освещением является система управления на основе технологии LED. Эта технология обеспечивает высокую яркость и эффективность, а также долгий срок службы светильников.

Также можно использовать системы управления освещением, которые автоматически регулируют яркость света в зависимости от уровня освещения на стадионе и окружающей среды. Это позволяет снизить энергопотребление и расходы на электричество.

Для более точного и эффективного управления освещением можно использовать системы дистанционного управления, которые позволяют управлять освещением на стадионе из одного места.

Важно также учитывать требования к безопасности при управлении освещением на стадионе. Например, системы управления должны иметь возможность быстро и надежно реагировать на возможные аварийные ситуации, такие как короткое замыкание или перегрузка в электроснабжении.

В целом, выбор системы управления наружным освещением системы электроснабжения стадиона должен основываться на требованиях к освещению, бюджете, энергоэффективности, экологичности и безопасности.

Система управления освещением стадиона спортивно-оздоровительного комплекса должна выполнять следующие функции:

- обеспечивать программное управление всеми группами осветительных приборов здания;
- обеспечивать дополнительное ручное управление всеми группами осветительных приборов здания;
- обеспечивать централизованную защиту всех линий освещения от токов короткого замыкания и перегрузок;
- обеспечивать централизованную коммутацию всех цепей управления освещения, доступ к коммутирующему оборудованию, для профилактики и обслуживания;
- обеспечивать возможность интеграции системы освещения с другими системами управления зданием (охранной, пожарной, диспетчерской).

Автоматизация позволяет забыть о гигантских расходах на электроэнергию и создать внутри помещений идеальные условия для работы.

Автоматические системы подразделяются на три группы: дистанционное управление освещением, централизованное и автоматическое.

Контроль централизованного освещения происходит с помощью специального контроллера или на центральном щитке.

Дистанционное управление освещением представляет собой контроль освещенности с помощью пульта, который может активировать или деактивировать приборы освещения или изменять их мощность. Но самым удобным с точки зрения прогрессивных технологий можно назвать автоматическое управление светом.

Автоматические системы управления освещением бывают двух типов: с помощью датчиков дезактивации и активации приборов освещения, по-другому дискретного управления, или датчиков с регулировкой мощности осветительных приборов.

К системам дискретного управления освещением относятся так называемые фотореле, а также таймеры.

В их основе – способность включать и выключать свет согласно показаниям датчиков.

Это могут быть датчики естественного освещения, или датчики, которые контролируют оборудования в зависимости от присутствия людей в помещении. Работа датчика присутствия людей в помещении основана на инфракрасном излучении.

Системы плавного регулирования контролируют мощность осветительной установки в каждый момент времени согласно заложенной в них программе. Установка функционирует благодаря датчикам освещенности, которые призваны распознавать параметры естественной освещенности.

Когда интенсивность света становится меньше, информация передается в систему, затем происходит активация осветительных приборов.

Напротив, при возрастающей силе естественной освещенности, оборудование провоцирует снижение мощности.

Светодиодные лампы и светодиодные светильники в качестве источника света используют светодиоды, применяются для светодиодного освещения.

В «качестве целевой серии для построения схемы управления освещением проекта стадиона спортивно-оздоровительного комплекса выбираются устройства компании Siemens, а именно универсальные логические модули LOGO» [3].

«Для построения системы управления наружным освещением стадиона понадобится использовать следующие модули» [3]:

- «блок питания LOGO! Power» [3];
- «программируемое реле Siemens LOGO! 24RC» [3];
- «модуль расширения LOGO! DM16 24R» [3];
- «модуль интерфейса связи LOGO! CM LON» [3];
- «преобразователь интерфейса LON / RS-232» [3];

– «прочую коммутационную и защитную электроаппаратуру» [3].

Используя выбранные компоненты, разработана принципиальная электрическая схема управления наружным освещением стадиона спортивно-оздоровительного комплекса, которая приведена в графической части работы.

Работает ПЭС следующим образом. Сигналы группового управления поступают от кнопок SB1-SB6, расположенных на щите управления, на входы основного реле A1 (рисунок 12).

«В соответствии с нажатой кнопкой активируется программа включения/переключения источников света или запускается на выполнение программа динамического управления группами освещения. Питание схемы входных сигналов осуществляется от блока питания» [19].

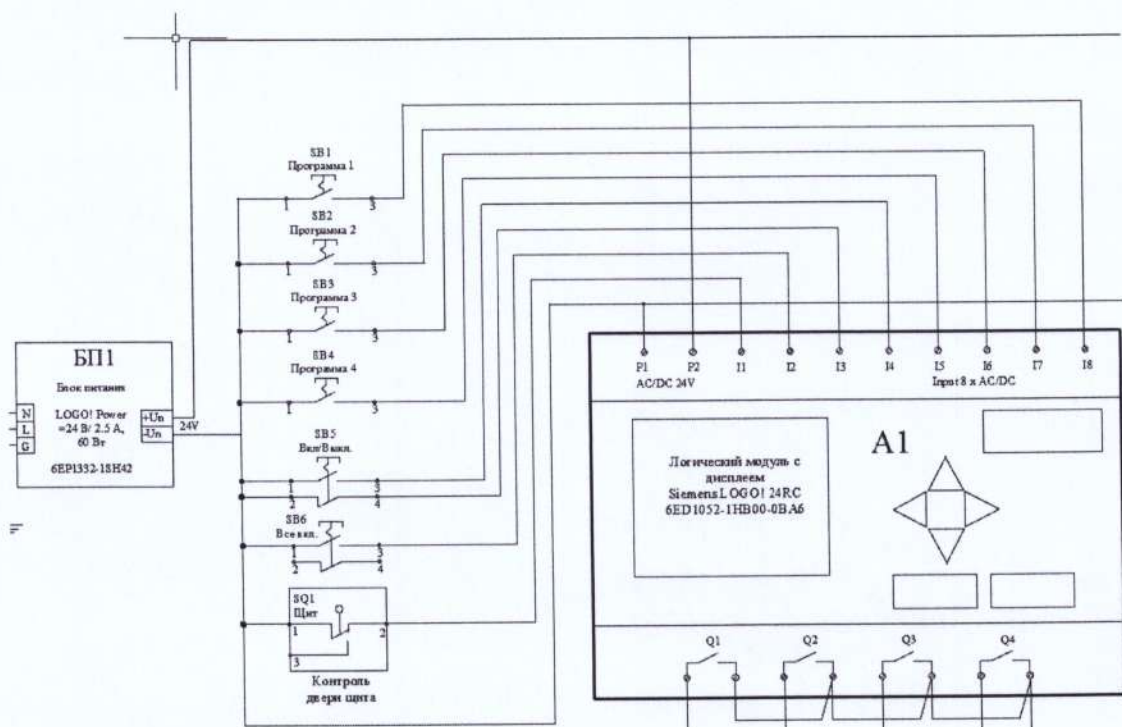


Рисунок 12 – Подключение сигналов группового управления

«Реагируя на сигналы от кнопок управления, равно как и на сигналы, поступающие по сети от АРМ диспетчера здания и реализуя соответствующие программы, хранящиеся в памяти, программируемое реле выдает управляющие воздействия для управления реле (пускателями) групп светильников» [20] (рисунок 13).

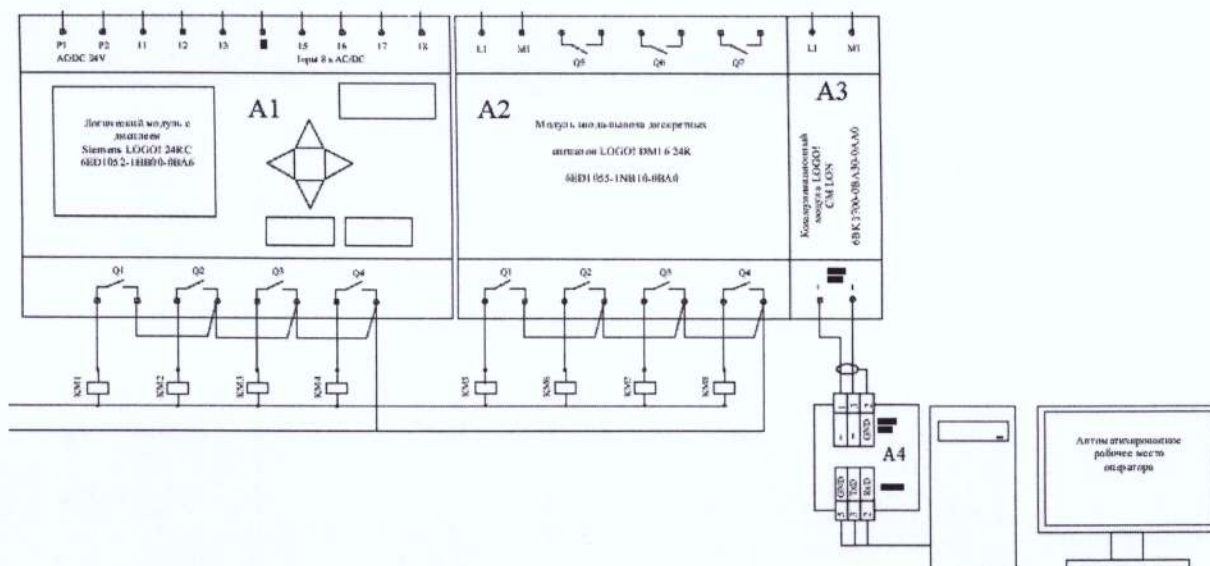


Рисунок 13 – Подключение сигналов управления реле коммутации групп светильников

«Через выходные клеммы «Qn» реле и модуля расширения осуществляется коммутация обмоток силовых реле КМ, которые в свою очередь управляют группами светильников» [20].

Выводы по разделу.

В работе проведена разработка автоматизированной схемы управления системой наружного освещения стадиона.

В качестве целевой серии для построения схемы управления освещением проекта стадиона спортивно-оздоровительного комплекса выбраны устройства компании Siemens (универсальные логические модули LOGO).

Заключение

В результате выполнения работы, проведена разработка проекта реконструкции системы внешнего и внутреннего электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса и прилегающей территории спортивно-оздоровительного комплекса. В результате проведения анализа системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса было установлено наличие следующих проблем:

- в инфраструктуре стадиона полностью отсутствует компьютерная сеть, что значительно затрудняет внедрение современных технологий, особенно на культурно-массовых мероприятиях и значимых спортивных соревнованиях;
- на стадионе используются прожекторы с мощными и неэффективными лампами типа ДРЛ, которые потребляют очень много электроэнергии, а также требуют частой замены ламп;
- отсутствует система автоматического управления наружным освещением, включение и выключения наружного освещения осуществляется в ручном режиме.

Исходя из приведённой информации, в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса предлагается внедрить следующие мероприятия, которые позволят решить приведённые выше проблемы и позитивно скажутся на всех перечисленных выше аспектах:

- внедрить компьютерную сеть в инфраструктуре стадиона путём установки щитков и проводников компьютерных потребителей в помещениях тренировочного комплекса;
- заменить неэффективные и устаревшие прожекторы с лампами типа ДРЛ на современные светодиодные источники света;
- разработать и внедрить систему автоматического управления наружным освещением.

В работе приняты и обоснованы необходимые схемные решения, необходимые для качественной разработки проекта системы электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса. С учётом мероприятий по реконструкции объекта исследования, внесены соответствующие изменения в схему электроснабжения. В соответствии с поставленной целью, в работе также решены следующие основные задачи:

- проведён непосредственный расчёт электрических нагрузок;
- осуществлён расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса;
- проведён выбор проводников и аппаратов защиты системы электроснабжения стадиона;
- рассчитаны экономические показатели разработанного проекта реконструкции системы электроснабжения в системе электроснабжения стадиона спортивно-оздоровительного комплекса, при этом суммарные годовые эксплуатационные издержки составили 6374,8 тыс. руб.

В работе проведена разработка автоматизированной схемы управления системой наружного освещения стадиона. В качестве целевой серии для построения схемы управления освещением проекта стадиона спортивно-оздоровительного комплекса выбраны устройства компании Siemens, а именно универсальные логические модули LOGO.

Все принятые решения в работе подтверждены соответствующими расчётами.

Список используемых источников

1. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 343 с.
2. Китунович Ф.Г. Энергетика России. 1920-2020 гг. В 4 томах. М.: Энергия, 2020. 1072 с.
3. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие. М.: Юрайт, 2016. 180 с.
4. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия, 2020. 320 с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2018. 608 с.
6. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2018. 316 с.
7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат, 2019. 174 с.
8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. М.: ЗАО «Энергосервис», 2019. 324 с.
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Альвис, 2018. 632 с.
10. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2018. 448 с.
11. Свириденко Э.А. Основы электротехники и электроснабжения. М.: Техноперспектива, 2018. 436 с.
12. Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-

коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777/пр) [Электронный ресурс]: URL:

https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf

(дата обращения: 21.04.2023).

13. СП 440.1325800.2018 Проектирование естественного и искусственного освещения. [Электронный ресурс]: URL:

<http://docs.cntd.ru/document/554819713> (дата обращения: 21.04.2023).

14. Спортивно-оздоровительный комплекс Билибино [Электронный ресурс]: URL: <https://bilibino.jsprav.ru/bani-i-saunyi/sportivno-ozdorovitelnyij-kompleks39577/> (дата обращения: 21.04.2023).

15. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2018. 312 с.

16. СТО 56947007- 29.240.30.047-2010. «Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.twirpx.com/file/2616342/> (дата обращения: 21.04.2023).

17. Тульчин И.К. Электрические сети жилых и общественных зданий. М.: Энергоатомиздат, 2020. 304 с., ил.

18. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ об энергосбережении [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 21.04.2023).

19. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

20. Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий: 3-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк. 2018. 319 с.: ил.