

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 Электроснабжение спортивного комплекса

Студент

Э.М. Идрисов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Д.А. Кретов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.п.н., доцент, А.В. Кириллова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Аннотация

Темой ВКР является «Электроснабжение спортивного комплекса».

В данной работе проведен расчет электрических нагрузок, которые включают в себя нагрузку силового электрооборудования и электроприемники, необходимые для стабильной работы здания и оказания услуг спортивного учреждения. Также электрические нагрузки включают в себя нагрузку освещения, которая рассчитывалась для каждого помещения. На основании электрических нагрузок были выбраны соответствующие силовые трансформаторы.

Далее был проведен расчет токов короткого замыкания (ТКЗ). На основании проведенных расчетов было выбрано электрооборудование ТП с учетом проведенных проверок на термическую и электродинамическую стойкость. Произведен расчет и выбор кабельных линий.

ВКР содержит 55 страниц, 13 таблиц, 8 рисунков, шесть чертежей, выполненных на форматах листа А1.

Abstract

The title of the thesis is "Power supply of the sports complex".

The graduation work consists of an explanatory note on 55 pages, introduction, including 8 figures, 1y tables, the list of 25 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The aim of the work is to design an electric utility, to calculate and to select the electrical equipment, which is necessary to ensure high reliability and economy of the sports complex.

To achieve this goal, we set a number of tasks. We give full coverage to the power supply system of the sports complex, the calculation of electrical loads, lighting, cable sections, the selection fixtures, electrical equipment and devices is carried out. On the basis of the loads calculation the type, number and transformers power have been selected. The issues of energy efficiency and economic component are highlighted in the project's general part. The special part of the work gives details about the system of grounding and lightning protection of the building. The design and calculation of these parameters are mandatory in the design of the power supply system for buildings and structures, since this affects the life and safety of people.

The result of the graduation work is the following: the power supply system of the sports complex was designed and the appropriate electrical equipment was selected.

Содержание

Введение.....	5
1 Расчет электрических нагрузок	7
2 Расчет освещения	16
3 Выбор числа и мощности трансформаторов	30
4 Расчет ТКЗ.....	35
4.1 Расчет ТКЗ выше 1 кВ.....	35
4.1 Расчет ТКЗ ниже 1 кВ	38
5 Выбор оборудования.....	43
5.1 Выбор и проверка оборудования БКТП.....	43
5.2 Выбор кабелей	44
6 Расчет заземления и молниезащиты.....	46
7 Технология монтажа кабельных сетей.....	50
Заключение	52
Список используемых источников.....	53

Введение

В нашей стране неотъемлемой частью жизни людей является спорт. Данный вид деятельности формирует в человеке интеллектуальные, физические способности, а также создает в процессе спортивной деятельности межличностные отношения, способствует повышению здоровья, а также является важной составляющей культуры нашей страны. Спорт прошел долгий путь своего развития и продолжает быть актуальным и по сей день. Это привело к развитию спортивной индустрии в целом, к появлению новых материалов и технических решений, касаемых спорта.

В соответствии с этим на практике к проектируемым и реконструируемым спортивным объектам предъявляются все новые требования, стандарты, а также нормы и правила. Все это необходимо учитывать, поскольку от этого зависит надежность работы спроектированной системы электроснабжения, а также безопасность жизни и здоровья людей.

Целью данной работы является создание грамотно спроектированной, экономически выгодной, надежной и эффективной схемы электрооборудования и электрохозяйства спортивного комплекса. Исходя из поставленной цели был проведен анализ объекта, его характеристик и параметров, проведен расчет электрических нагрузок, по которому было выбрано соответствующее современное электрооборудование. Оно было выбрано по актуальным каталогам производителей.

Для достижения поставленной цели, которая включает в себя ряд задач были проведены необходимые расчеты. Первой задачей для достижения цели являлся расчет нагрузок, который также включал расчет осветительной нагрузки. Исходя из данных нагрузок были выбраны соответствующие трансформаторы и компенсирующие устройства. Далее был проведен расчет токов короткого замыкания (ТКЗ), по которому было выбрано электрооборудование КТП.

В проектируемом спортивном комплексе в смену может находиться 120 человек, спортивный зал без мест для зрителей.

Главными потребителями электроэнергии спортивного комплекса являются система кондиционирования, оборудование системы вентиляции, освещение (аварийное и рабочее), электрооборудование холодильного оборудования, которое необходимо для наморозки ледового поля.

Большинство электроприемников здания относится ко II категории надежности электроснабжения, за исключением аварийного освещения, оборудования связи, пожарно-охранной сигнализации, холодильной машины, пожарных насосов, которые относятся к I категории надежности электроснабжения.

Электроснабжение проектируемого комплекса предусматривается от отдельностоящей двухтрансформаторной подстанции. Для электроснабжения электроприемников I категории в качестве резервного источника предусматривается источник бесперебойного питания.

1 Расчет электрических нагрузок

Потребителями электроэнергии спортивного комплекса являются:

- светильники рабочего освещения;
- светильники аварийного освещения;
- осушители воздуха ледового поля, электрооборудование системы вентиляции и противодымная вентиляция;
- электрооборудование системы кондиционирования;
- силовое электрооборудование холодильной машины;
- оборудование системы водоподготовки;
- насосное оборудование и пожарные насосы;
- оборудование комплектной КНС;
- приборы контроля и автоматизации работы электрооборудования комплекса;
- электроприемники системы безопасности и сигнализации здания;
- лифты;

Методика расчета будет проводиться согласно СП 31-110-2003.

Расчетная активная мощность группы электроприемников (ГЭ):

$$P_p = P_n \cdot K_c, \quad (1)$$

где K_c – коэффициент спроса;

P_n – номинальная мощность ГЭ, кВт.

Расчетная реактивная мощность ГЭ:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности ГЭ.

Полная нагрузка:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (3)$$

Максимальный расчетный ток:

$$I_p = \frac{S}{U\sqrt{3}} \quad (4)$$

«6.33 Для потребителей жилых и общественных зданий компенсация реактивной нагрузки, как правило, не требуется.

6.34 Для местных и центральных тепловых пунктов, насосных, котельных и других потребителей, предназначенных для обслуживания жилых и общественных зданий, расположенных в микрорайонах (школы, детские ясли-сады, предприятия торговли и общественного питания и другие потребители), компенсация реактивной нагрузки, как правило, не требуется, если в нормальном режиме работы расчетная мощность компенсирующего устройства на каждом рабочем вводе не превышает 50 квар. Это соответствует суммарной расчетной нагрузке указанных потребителей 250 кВт.» [8]

Выбор компенсирующих устройств необходим, поскольку спортивный комплекс является потребителем, расположенным в микрорайоне, а суммарная нагрузка составляет 746,16 кВт.

Таблица 1 – Расчет нагрузок спортивного комплекса

№/РУ	Потребитель	P_y , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	I_p , А	I_p , А
1	Система вентиляции	48,9	0,76	0,82	0,70	37,16	34,23	50,52	70,58	72,92
РУ2	ЩСВ1	7,93	0,7	0,8	0,75	5,55	5,95	8,14	11,45	11,75
	ЩСВ2	6,64	0,75	0,82	0,70	4,98	4,65	6,81	9,58	9,83
	ЩСВ3	2,94	0,8	0,84	0,65	2,35	1,91	3,03	4,24	4,37
	ЩСВ4	2,9	0,76	0,83	0,67	2,2	1,94	2,93	4,19	4,23
	ЩСВ5	15,7	0,78	0,81	0,72	12,25	11,3	16,67	22,66	24,06
	ЩСВ6	2	0,74	0,85	0,62	1,48	1,24	1,93	2,89	2,79
	ЩСВ7	2,79	0,75	0,84	0,65	2,09	1,81	2,76	4,03	3,98
	ЩСВ8	8	0,77	0,83	0,67	6,16	5,36	8,17	11,55	11,79
2	Система кондиционирования	27,5	0,83	0,8	0,75	22,83	20,63	30,77	39,69	44,41
РУ2	ЩСК1	10	0,8	0,8	0,75	8	7,5	10,97	14,43	15,83
	ЩСК2	17,5	0,85	0,8	0,75	14,88	13,13	19,84	25,26	28,64

Продолжение таблицы 1

№/РУ	Потребитель	P_y , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	I_p , А	I_p , А
3	Система связи	22,4	1	0,9	0,48	22,4	10,75	24,85	32,33	35,87
РУ2	ЩСС1	11,4	1	0,92	0,43	11,4	4,9	12,41	16,45	17,91
РУ4	ЩСС2	1	1	0,94	0,36	1	0,36	1,06	1,44	1,53
	ЩСС3	3	1	0,95	0,33	3	0,99	3,16	4,33	4,56
	ЩСС4	7	1	0,95	0,33	7	2,31	7,37	10,1	10,64
4	Осушители воздуха (каток)	75,2	0,9	0,85	0,62	67,68	46,62	82,18	108,54	118,62
РУ3	К1	16,5	0,9	0,85	0,62	14,85	10,23	18,03	23,82	26,02
РУ2	К2	16,5	0,9	0,85	0,62	14,85	10,23	18,03	23,82	26,02
	К3	42,2	0,9	0,85	0,62	37,98	26,16	46,12	60,91	66,57
5	Система водоподготовки	7,4	1	0,8	0,75	7,4	5,55	9,25	10,68	13,35
РУ3	ЩВ1	4	1	0,8	0,75	4	3	5	5,77	7,22
	ЩВ2	3,4	1	0,8	0,75	3,4	2,55	4,25	4,91	6,13

Продолжение таблицы 1

№/РУ	Потребитель	P_y , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	I_p , А	I_p , А
6	Силовое оборудование	159,59	0,84	0,9	0,48	134,06	76,6	154,4	230,35	222,86
РУ3	ЩС1	18,1	0,85	0,9	0,48	15,39	8,69	17,67	26,13	25,5
	ЩС2	43,9	0,83	0,91	0,46	36,44	20,19	41,66	63,36	60,13
	ЩС3	17,9	0,86	0,89	0,51	15,39	9,13	17,89	25,84	25,82
	ЩС4	2,67	0,87	0,88	0,54	2,32	1,44	2,73	3,85	3,94
	ЩС5	16,2	0,85	0,92	0,43	13,77	6,97	15,43	23,38	22,27
	ЩС6	7,63	0,86	0,91	0,46	6,56	3,51	7,44	11,01	10,74
	ЩС7	3,58	0,84	0,89	0,51	3,01	1,83	3,52	5,17	5,08
РУ2	ЩС8	8	0,81	0,91	0,46	6,48	3,68	7,45	11,55	10,75
РУ3	ЩС9	41,61	0,85	0,88	0,54	35,37	22,47	41,9	60,06	60,48
7	Насосное оборудование	11,11	1	0,9	0,48	11,11	5,33	12,32	16,04	17,78
РУ3	ЩСН	11,11	1	0,9	0,48	11,11	5,33	12,32	16,04	17,78
8	Приборы автоматизации	1	1	0,95	0,33	1	0,33	1,05	1,44	1,52
РУ5	ЩА	1	1	0,95	0,33	1	0,33	1,05	1,44	1,52

Продолжение таблицы 1

№/РУ	Потребитель	P_y , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	I_p , А	I_p , А
9	Комплектная КНС	15,36	0,6	0,85	0,62	9,22	9,52	13,25	22,17	19,12
РУ3	ЩЗ-1	0,18	0,5	0,8	0,75	0,09	0,14	0,17	0,26	0,25
	ЩЗ-2	0,18	0,5	0,8	0,75	0,09	0,14	0,17	0,26	0,25
	КН1	7,5	0,6	0,85	0,62	4,5	4,65	6,47	10,83	9,34
	КН2	7,5	0,6	0,85	0,62	4,5	4,65	6,47	10,83	9,34
10	Ящики управления и сигнализации	5	1	0,95	0,33	5	1,65	5,27	7,22	7,61
РУ5	Я1	2,5	1	0,95	0,33	2,5	0,83	2,63	3,61	3,8
	Я2	0,5	1	0,95	0,33	0,5	0,17	0,53	0,72	0,76
	Я3	0,5	1	0,95	0,33	0,5	0,17	0,53	0,72	0,76
	Я4	0,5	1	0,95	0,33	0,5	0,17	0,53	0,72	0,76
	Я5	0,5	1	0,95	0,33	0,5	0,17	0,53	0,72	0,76
	ПД1-Я	0,5	1	0,9	0,48	0,5	0,24	0,55	0,72	0,79
11	Лифты	13,6	1	0,9	0,48	13,6	6,53	15,09	19,63	21,78
РУ4	Грузовой Л1	10,6	1	0,9	0,48	10,6	5,09	11,76	15,3	16,97
	Пассажирский Л2	3	1	0,9	0,48	3	1,44	3,33	4,33	4,81

Продолжение таблицы 1

№/РУ	Потребитель	P_y , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	I_p , А	I_p , А
12	Аварийное освещение	27	1	0,89	0,51	27	13,77	30,31	38,97	43,75
РУ5	ЩОА1	5,7	1	0,9	0,48	5,7	2,74	6,32	8,23	9,12
	ЩОА2	7,3	1	0,89	0,51	7,3	3,72	8,19	10,54	11,82
	ЩОА3	6	1	0,91	0,46	6	2,76	6,6	8,66	9,53
	ЩОА4	8	1	0,88	0,54	8	4,32	9,09	11,55	13,12
13	Пожарные насосы	15	1	0,85	0,62	15	9,3	17,65	21,65	25,48
РУ4	Н5.1	7,5	1	0,85	0,62	7,5	4,65	8,82	10,83	12,73
	Н5.2	7,5	1	0,85	0,62	7,5	4,65	8,82	10,83	12,73
14	Противодымная вентиляция	20,7	1	0,85	0,62	20,7	12,83	24,35	29,88	35,15
РУ4	ПД1	2,2	1	0,85	0,62	2,2	1,36	2,59	3,18	3,74
	П2	11	1	0,85	0,62	11	6,82	12,94	15,88	18,68
	ВД1	7,5	1	0,85	0,62	7,5	4,65	8,82	10,83	12,73
15	Наружное освещение	2,8	1	0,95	0,33	2,8	0,92	2,95	4,04	4,26
1ВУ	ЩНО	2,8	1	0,95	0,33	2,8	0,92	2,95	4,04	4,26

Продолжение таблицы 1

№/РУ	Потребитель	P_y , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	I_p , А	I_p , А
16	Внутр. освещение	63,6	1	0,93	0,40	63,6	25,44	68,5	91,8	98,87
РУ1	ЩО-1	14,3	1	0,94	0,36	14,3	5,15	15,2	20,64	21,94
	ЩО-2	11,1	1	0,93	0,40	11,1	4,44	11,96	16,02	17,26
	ЩО-3	2,3	1	0,92	0,43	2,3	0,99	2,5	3,32	3,61
	ЩО-4	2,2	1	0,92	0,43	2,2	0,95	2,4	3,18	3,46
	ЩО-5	2,0	1	0,93	0,40	2	0,8	2,15	2,89	3,1
	ЩО-6	4,5	1	0,95	0,33	4,5	1,49	4,74	6,5	6,84
	ЩО-7	3,9	1	0,93	0,40	3,9	1,56	4,2	5,63	6,06
	ЩО-8	3,1	1	0,94	0,36	3,1	1,12	3,3	4,47	4,76
	ЩО-9	1,9	1	0,93	0,40	1,9	0,76	2,05	2,74	2,96
	ЩО-10	1,1	1	0,93	0,40	1,1	0,44	1,18	1,59	1,7
	ЩО-11	3,1	1	0,94	0,36	3,1	1,12	3,3	4,47	4,76
	ЩО-12	4,5	1	0,93	0,40	4,5	1,8	4,85	6,5	7
	ЩО-13	1,3	1	0,95	0,33	1,3	0,43	1,37	1,88	1,98
	ЩО-14	1,9	1	0,92	0,43	1,9	0,82	2,07	2,74	2,99
	ЩО-15	3,6	1	0,92	0,43	3,6	1,55	3,92	5,2	5,66
	ЩО-16	1,3	1	0,93	0,40	1,3	0,52	1,4	1,88	2,02
	ЩО-17	1,5	1	0,94	0,36	1,5	0,54	1,59	2,17	2,29

Таблица 2 – Категории надежности электроприемников

№/ВУ	Наименование электроприемника	Рр, кВт	Категория надежности
1ВУ	РУ1	63,6	II
	РУ2	154,5	
	Наружное освещение	2,8	
2ВУ	РУ3	201,96	II
	РУ4	60,3	
3ВУ	РУ5	33	II
Холодильная машина		230	I
	Всего	746,16	

Категории надежности групп электроприемников выбраны согласно ПУЭ-7 и представлены в таблице 2.

По степени обеспечения надежности электроснабжения потребитель относится ко второй, частично к первой категории. Для обеспечения надежности электроснабжения электроприемников первой категории, предусматривается автоматическое включение резерва АВР. [21]

Вывод по разделу

В результате расчетов мы получили, что полная мощность нагрузки спортивного комплекса составляет 746,16 кВА.

2 Расчет освещения

Предусматривается два вида освещения: рабочее и аварийное (эвакуационное). Аварийное освещение предусматривается из числа светильников рабочего освещения, с установкой в них ИБП.

По степени обеспечения надежности электроснабжения рабочее электроосвещение спортивного комплекса относится ко II категории надежности, а аварийное электроосвещение в I категории надежности. [22]

Нормы освещенности примем согласно табличным значений освещенности [10]. Выключатели устанавливаются на высоте одного метра от пола.

Расчет будем проводить методом коэффициента использования светового потока.

Расчет начнем с того, что рассчитаем габаритные параметры помещений и занесем их в таблицу 4. Значения освещенности помещений занесем в таблицу 5 [14].

Затем проведем расчет индекса каждого помещения по формуле:

$$i = \frac{S}{(a+b)h} \quad (5)$$

где a – длина помещения, м;

b – ширина помещения, м;

S – площадь помещения, m^2 ;

h – высота подвеса светильника от пола, м;

В расчете примем высоту от пола до высоты подвеса светильника 2,8 м.

Рассчитав индексы всех помещений спортивного комплекса определим по таблице коэффициент использования светильников для каждого типа помещений и занесем их в таблицу. Для определения данного коэффициента примем следующие коэффициенты отражения:

70% – потолок;

50% – стены;

30% – полу

Примем коэффициент запаса $k=1$. Коэффициент неравномерности примем $z=1,1$.

Выдаваемое значение освещенность светильника определяется согласно паспортным данным завода изготовителя. Освещенность каждого типа светильников, устанавливаемых в помещениях, занесена в таблицу 5.

Далее проведем расчет числа светильников на каждый тип помещений. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi_{л} \cdot \eta} \quad (6)$$

Количество светильников на помещение занесем в таблицу 5.

В качестве освещения выберем светильники светодиодные производителя GALAD [4], характеристики которых представлены в таблице 4.

Большинство помещений здания являются помещениями с нормальными условиями окружающей среды, за исключением душевых (особо сырые помещения), санузлов, насосных, зала бассейнов (сырые помещения), помещений для сушки спортивной одежды, хранения клюшек, раздевальных (влажные).

Таблица 4 – Паспортные данные светильников

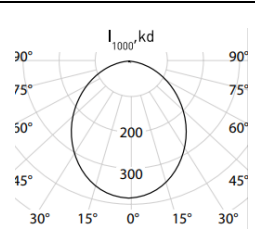
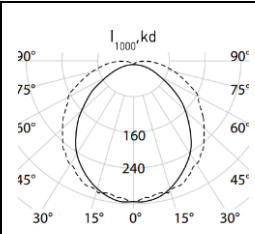
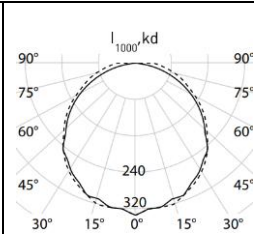
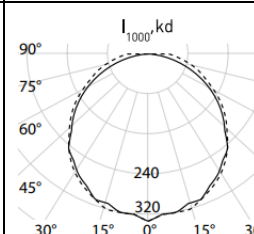
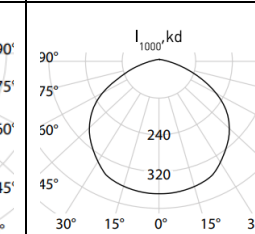
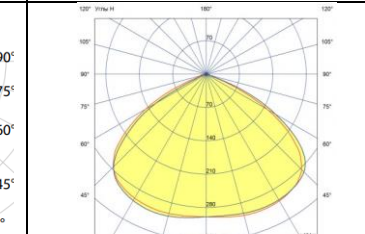
Маркировка светильника	GALAD ДПО01-40-001 УХЛ4	GALAD Маркет ПРО LED-38/П/Д/5000/3	GALAD Блистер LED-8	GALAD Кастор LED-25	GALAD Эверест LED		ПромЛед ПРОФИ v2.0-150 ЭКО
Световой поток, Лм	3850	3750	760	2625	10000	22800	16500
Мощность светильника, Вт	35	30	8	25	100	240	150
Энергоэффективность, лм/Вт	110	125	95	105	100	95	110
Цветовая температура, К	5000	5000	5000	4000	4000		6500
Коэффициент мощности	0,97	0,95	0,95	0,95	0,9		0,95
Степень защиты	IP20			IP65			
Климатическое исполнение	УХЛ 4			У1	УХЛ1		УХЛ2
Кривая силы света							

Таблица 5 – Расчет освещения и выбор числа и марки светильников

№	Помещение	a, м	b, м	S, м ²	i	η, %	E _н , Лк	Φ, Лм	P, Вт	N, шт	P _{общ} , Вт
101	Электрощитовая	3,23	11,06	35,67	0,89	51	300	3850	35	6	210
102	Помещения для сушки спортивной одежды	1,64	5,86	9,63	0,46	27	200	3850	35	3	105
103	Санузел мужской	1,19	3,00	3,58	0,30	23	300	2625	25	2	50
104	Помещение для хранения клюшек	1,78	9,18	16,31	0,53	29	200	3850	35	4	140
105	Душевая мужская	1,13	7,07	7,99	0,35	25	300	2625	25	5	125
106	Комната судей	2,07	4,75	9,83	0,51	28	400	3850	35	5	175
107	Комната по ремонту оборудования	2,17	5,47	11,89	0,56	31	300	3850	35	4	140
108	Коридор	2,09	9,06	18,93	0,61	35	200	3750	30	4	120
109	Коридор	2,25	5,17	11,65	0,56	31	200	3750	30	3	90
110	Лестница 1	2,35	7,77	18,25	0,64	37	250	760	8	18	144
111	Тамбур	1,10	2,78	3,06	0,28	22	400	3850	35	2	70
112	Санузел	1,29	2,64	3,42	0,31	23	300	2625	25	2	50
113	Помещение теплопункта	3,97	11,02	43,70	1,04	55	300	3850	35	7	245
114	Помещение слесаря по КИП	1,62	6,23	10,08	0,46	27	300	3850	35	4	140
115	Тренерская	2,29	4,68	10,72	0,55	31	300	3850	35	3	105
116	Тренерская	1,28	8,03	10,31	0,40	25	300	3850	35	4	140
117	Гардероб МОП	2,30	5,28	12,13	0,57	33	300	3850	35	4	140
118	Техническое помещение	2,77	8,54	23,67	0,75	47	300	3850	35	5	175
119	Помещение аппаратчика химводоочистки	1,55	7,65	11,85	0,46	27	300	3850	35	4	140
120	Мастерская по ремонту техники	2,66	14,39	38,28	0,80	49	300	3850	35	7	245
121	Помещение пожарно-охранной сигнализации	2,89	6,63	19,14	0,72	44	300	3850	35	4	140
122	Коридор	5,49	22,86	125,51	1,58	65	200	3750	30	12	360

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	a, м	b, м	S, м ²	i	η, %	E _н , Лк	Φ, Лм	P, Вт	N, шт	P _{общ} , Вт
123	Насосная станция	2,48	14,73	36,49	0,76	47	200	3850	35	5	175
124	Помещение хранения средств водоподготовки	2,86	6,98	19,97	0,72	45	250	3850	35	4	140
125	Помещение хранения дезинфицирующей аппаратуры	1,46	7,89	11,52	0,44	26	250	3850	35	4	140
126	Комната ремонта гладкостных сооружений	1,38	7,14	9,88	0,41	25	200	3850	35	3	105
127	Лестница 2	2,65	6,89	18,24	0,68	43	200	760	8	13	104
128	Тамбур	1,16	2,66	3,09	0,29	23	300	3850	35	2	70
129	Тренажерный зал	5,48	23,77	130,14	1,59	65	400	3850	35	23	805
130	Раздевальная женская	3,10	8,62	26,74	0,81	49	300	3850	35	5	175
131	Душевая женская	1,04	5,63	5,86	0,31	23	300	2625	25	4	100
132	Душевая мужская	1,57	3,73	5,87	0,40	25	300	2625	25	3	75
133	Раздевальная мужская	1,96	10,12	19,83	0,59	35	300	3850	35	5	175
134	Санузел мужской	0,78	4,66	3,65	0,24	20	300	2625	25	3	75
135	Раздевальная мужская	2,85	11,89	33,93	0,82	49	300	3850	35	6	210
136	Душевая женская	0,99	5,64	5,61	0,30	23	300	2625	25	4	100
137	Санузел и душевая для инвалидов	1,06	4,24	4,49	0,30	23	300	2625	25	3	75
138	Санузел и душевая для инвалидов	1,42	3,07	4,36	0,35	25	300	2625	25	3	75
139	Санузел женский	1,19	3,30	3,91	0,31	23	300	2625	25	3	75
140	Раздевальная женская	3,28	8,81	28,90	0,85	50	300	3850	35	5	175
141	Санузел женский	1,00	3,18	3,18	0,27	22	300	2625	25	2	50
142	Техническое помещение	6,37	13,38	85,25	1,54	64	300	3850	35	12	420
143	Коридор	2,18	8,36	18,19	0,62	35	200	3750	30	4	120
144	Насосно-фильтровальная станция	4,52	18,84	85,19	1,30	59	200	3850	35	9	315

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	a, м	b, м	S, м ²	i	η, %	E _н , Лк	Φ, Лм	P, Вт	N, шт	P _{общ} , Вт
146	Техническое помещение	6,99	21,52	150,48	1,88	69	200	3850	35	13	455
147	Раздевальная	3,11	12,94	40,22	0,89	51	300	3850	35	7	245
148	Раздевальная	3,22	13,96	44,90	0,93	52	300	3850	35	8	280
149	Санузел	0,99	3,39	3,35	0,27	22	300	2625	25	2	50
150	Душевая	1,41	5,21	7,35	0,40	25	300	2625	25	4	100
151	Раздевальная	3,82	12,64	48,35	1,05	56	300	3850	35	8	280
152	Душевая	1,55	4,93	7,63	0,42	25	300	2625	25	4	100
153	Душевая женская	1,21	7,22	8,77	0,37	24	300	2625	25	5	125
154	Санузел женский	1,10	3,27	3,60	0,29	23	300	2625	25	2	50
155	Санузел женский	0,81	4,41	3,59	0,25	22	300	2625	25	3	75
156	Душевая женская	1,24	7,05	8,76	0,38	25	300	2625	25	5	125
157	Раздевальная женская	2,99	12,97	38,75	0,87	50	300	3850	35	7	245
158	Душевая мужская	1,43	3,00	4,29	0,35	25	300	2625	25	3	75
159	Санузел женский	0,99	3,27	3,24	0,27	22	300	2625	25	2	50
160	Раздевальная женская	1,88	10,18	19,15	0,57	34	300	3850	35	5	175
161	Раздевальная мужская	2,93	6,52	19,07	0,72	44	300	3850	35	4	140
162	Тренажерный зал	5,54	19,71	109,15	1,54	64	400	3850	35	20	700
163	Пространство под конференц-залом	4,73	9,66	45,69	1,13	56	150	3850	35	4	140
164	Инструкторская	1,77	9,58	16,97	0,53	29	300	3850	35	6	210
165	Санузел	0,78	3,40	2,66	0,23	21	300	2625	25	2	50
166	Душевая	0,60	1,61	0,97	0,16	19	300	3850	35	1	35
167	Тренерская	1,96	8,52	16,71	0,57	34	300	3850	35	5	175

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	a, м	b, м	S, м ²	i	η, %	E _н , Лк	Φ, Лм	P, Вт	N, шт	P _{общ} , Вт
168	Санузел	1,88	8,18	15,42	0,55	31	300	2625	25	7	175
169	Техническое помещение	2,24	4,85	10,86	0,55	31	300	3850	35	4	140
170	Коридор	5,08	12,80	64,98	1,30	59	200	3750	30	7	210
171	Санузел мужской	1,95	5,61	10,95	0,52	28	300	2625	25	5	125
172	Гардеробная для инвалидов	0,94	3,22	3,03	0,26	22	300	3850	35	2	70
173	Санузел мужской	1,70	4,56	7,74	0,44	26	300	2625	25	4	100
174	Санузел женский	1,40	6,62	9,28	0,41	25	300	2625	25	5	125
175	Душевая женская	3,58	8,48	30,36	0,90	51	300	2625	25	8	200
176	Тренерская	2,22	4,81	10,70	0,54	29	300	3850	35	4	140
177	Лифтовый холл	1,29	2,88	3,72	0,32	24	200	3850	35	1	35
178	Лестница №5	2,05	4,70	9,61	0,51	28	200	760	8	10	80
180	Мастерская заточки коньков	1,48	4,70	6,94	0,40	24	300	3850	35	3	105
181	Прокат коньков	1,87	11,15	20,88	0,57	34	200	3850	35	4	140
182	Санузел и душевая для инвалидов	1,62	6,49	10,52	0,46	27	300	2625	25	5	125
183	Кабинет врача	3,02	8,39	25,33	0,79	49	300	3850	35	5	175
184	Вестибюль	7,47	25,62	191,39	2,07	73	400	3850	35	30	1050
185	Гардероб	4,98	11,44	56,99	1,24	59	300	3850	35	9	315
186	Помещение связи	1,62	6,22	10,07	0,46	27	200	3850	35	3	105
187	Подсобное помещение	1,33	3,47	4,62	0,34	24	150	3850	35	1	35
188	Лифтовой холл	1,21	7,55	9,11	0,37	25	200	3850	35	3	105
189	Лестница №4	2,75	8,17	22,48	0,73	44	200	760	8	15	120
191	Тамбур	2,03	7,51	15,25	0,57	33	300	3850	35	4	140

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	a, м	b, м	S, м ²	i	η, %	E _н , Лк	Φ, Лм	P, Вт	N, шт	P _{общ} , Вт
192	Лестница №3	2,93	10,04	29,40	0,81	49	200	760	8	18	144
193	Санузел	0,75	4,46	3,35	0,23	21	300	3850	35	2	70
194	МОП, хранение уборочного инвентаря	1,04	3,10	3,24	0,28	24	150	3850	35	1	35
196	Техническое помещение	3,41	7,37	25,15	0,83	49	200	3850	35	3	105
197	Техническое помещение	1,84	5,67	10,46	0,50	28	200	3850	35	3	105
201	Зал подготовительных занятий	6,64	21,96	145,90	0,91	51	400	10000	200	13	2600
202	Комната персонала	3,17	6,85	21,70	0,77	48	200	3850	35	3	105
203	Лестница №1	2,97	6,43	19,12	0,73	45	200	760	8	13	104
204	Коридор	0,95	5,13	4,86	0,29	24	200	3750	30	2	60
205	Комната медсестры с массажной	2,98	9,17	27,31	0,80	49	400	3850	35	7	245
206	Зал бассейнов	16,20	55,54	899,55	1,74	68	800	16500	150	72	10800
207	Инвентарная	1,44	5,53	7,96	0,41	26	200	3850	35	2	70
208	Раздевальная мужская	5,83	13,39	78,08	1,45	64	300	3850	35	11	385
209	Душевая	1,83	7,94	14,54	0,53	28	300	2625	25	7	175
210	Санузел мужской	1,91	3,89	7,41	0,46	26	300	2625	25	4	100
211	Санузел и душевая для инвалидов	1,69	3,66	6,18	0,41	26	300	2625	25	3	75
212	Лестница №2	2,54	7,54	19,12	0,68	44	200	760	8	13	104
213	Санузел и душевая для инвалидов	1,42	4,36	6,17	0,38	26	300	2625	25	3	75
214	Санузел женский	1,39	5,34	7,41	0,39	26	300	2625	25	4	100
215	Раздевальная женская	4,23	15,63	66,04	1,19	58	300	3850	35	10	350
216	Душевая	2,29	6,36	14,55	0,60	35	300	2625	25	6	150
217	Зал подготовительных занятий	6,98	22,25	155,26	0,95	53	400	10000	100	13	1300

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	a, м	b, м	S, м ²	i	η, %	E _н , Лк	Φ, Лм	P, Вт	N, шт	P _{общ} , Вт
218	Душевая с санузлом	1,47	4,09	6,02	0,39	26	300	2625	25	3	75
219	МОП	1,55	3,36	5,21	0,38	26	100	3850	35	1	35
220	Тренерская	2,63	9,36	24,60	0,73	44	300	3850	35	5	175
221	Инструкторская	2,92	7,85	22,93	0,76	46	300	3850	35	5	175
222	Коридор	1,16	3,85	4,48	0,32	24	200	3750	30	2	60
223	Инвентарная	1,13	7,06	7,98	0,35	24	150	3850	35	2	70
224	Инвентарная	1,16	5,26	6,12	0,34	24	150	3850	35	2	70
301	Вытяжная венткамера	5,11	18,88	96,39	1,44	63	150	3850	35	7	245
302	Лестница 1	2,44	7,49	18,25	0,66	39	150	760	8	11	88
303	Коридор	3,53	22,06	77,84	1,09	56	200	3750	30	9	270
305	Коридор	4,19	18,20	76,29	1,22	59	200	3750	30	8	240
306	Лестница 2	2,22	8,21	18,23	0,62	36	200	760	8	15	120
307	Вытяжная венткамера	5,34	18,30	97,67	1,48	64	150	3850	35	7	245
308	Приточная венткамера	2,50	11,83	29,60	0,74	46	150	3850	35	3	105
309	Приточная венткамера	2,48	5,87	14,58	0,62	35	150	3850	35	2	70
310	Приточная венткамера	3,90	15,59	60,79	1,11	56	150	3850	35	5	175
311	Форкамера	1,13	3,03	3,41	0,29	23	150	3850	35	1	35
312	Форкамера	1,61	4,78	7,70	0,43	26	150	3850	35	2	70
313	Приточная венткамера	3,54	8,38	29,69	0,89	51	150	3850	35	3	105
314	Приточная венткамера	5,38	11,30	60,78	1,30	59	150	3850	35	5	175
315	Приточная венткамера	1,64	9,30	15,26	0,50	28	150	3850	35	3	105
316	Форкамера	1,67	4,78	7,97	0,44	27	150	3850	35	2	70

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	a, м	b, м	S, м ²	i	η, %	E _н , Лк	Φ, Лм	P, Вт	N, шт	P _{общ} , Вт
317	Форкамера	1,19	3,01	3,59	0,31	24	150	3850	35	1	35
318	Санузел для инвалидов	2,39	5,65	13,48	0,60	35	300	2625	25	5	125
319	Санузел мужской	2,55	5,52	14,07	0,62	35	300	2625	25	6	150
320	Санузел женский	2,03	6,72	13,65	0,56	33	300	2625	25	6	150
321	Загрузочная подъемника	0,95	4,67	4,41	0,28	23	200	3850	35	2	70
322	Бильярдная	8,77	21,41	187,80	2,22	76	500	3850	35	36	1260
323	Лестница 5	1,55	6,20	9,62	0,44	26	200	760	8	11	88
324	Кафе-бар	3,08	13,96	43,03	0,90	51	400	3850	35	10	350
325	Лестница 3	2,47	9,15	22,64	0,70	44	200	760	8	15	120
326	Боулинг	10,90	47,30	515,43	1,58	84	500	10000	100	6	600
327	Лестница 4	2,66	8,49	22,63	0,72	44	200	3850	35	3	105
328	Лифтовой холл	0,88	4,75	4,17	0,26	21	300	3850	35	2	70
330	Кабинет директора	3,24	7,45	24,15	0,81	49	400	3850	35	6	210
331	Приемная	1,53	7,22	11,03	0,45	25	400	3850	35	6	210
332	Бухгалтерия	2,59	6,96	18,00	0,67	42	300	3850	35	4	140
333	Коридор	2,10	9,11	19,14	0,61	35	200	3750	30	4	120
	Ледовая арена	Расчет проведен в программе Dialux (приложение А)									13500
	Спортивный зал	48,00	30,00	1440	2,17	75	500	22800	240	48	11520
										Итого, кВт:	63,6

Далее приведем габаритные показатели вышеприведенных светильников.



Рисунок 1 – Габаритные показатели светильника GALAD ДПО01-40-001
УХЛ4

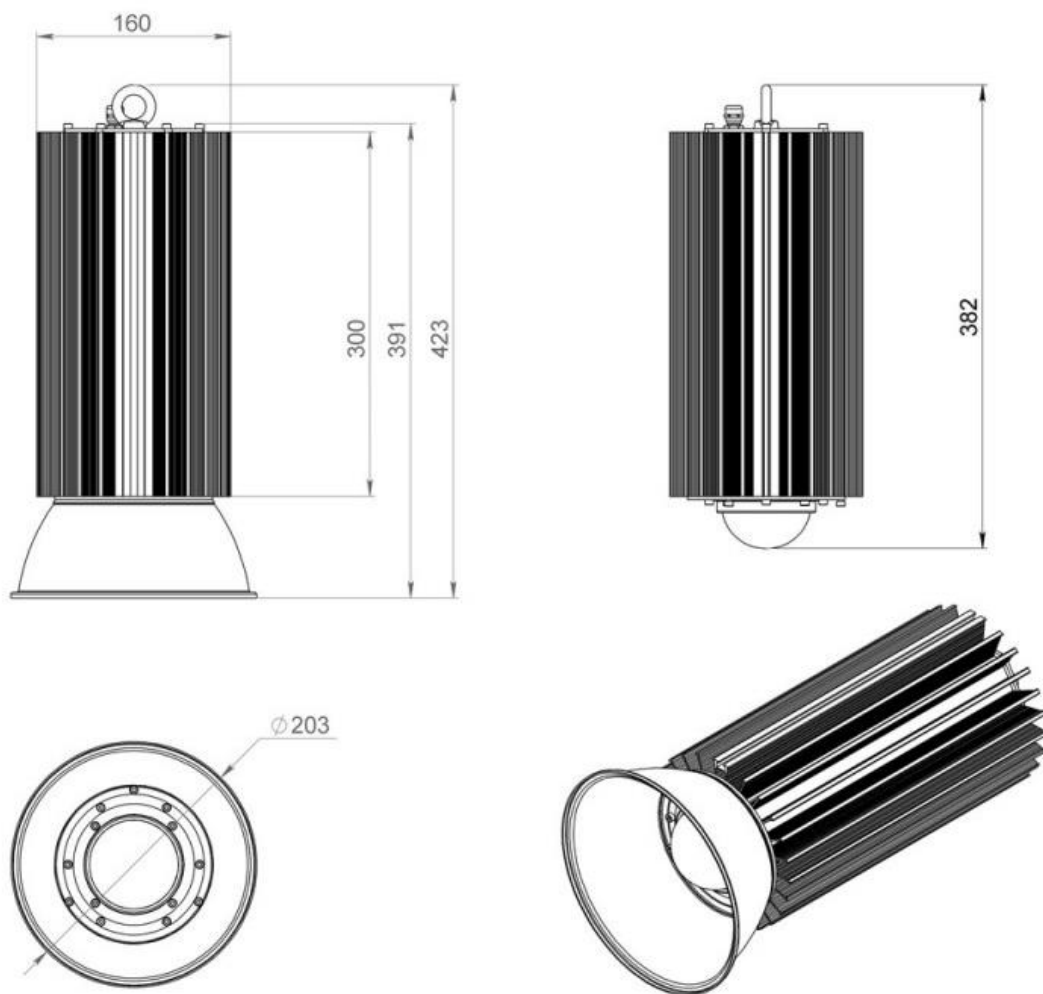


Рисунок 2 – ПромЛед ПРОФИ v2.0-150 ЭКО

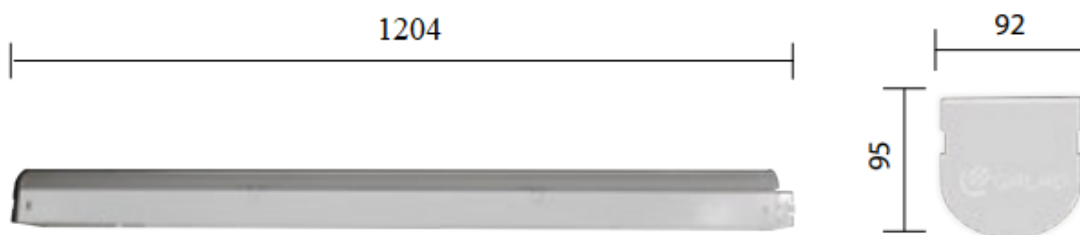


Рисунок 3 – Габаритные показатели светильника GALAD Маркет ПРО LED-38/П/Д/5000/3

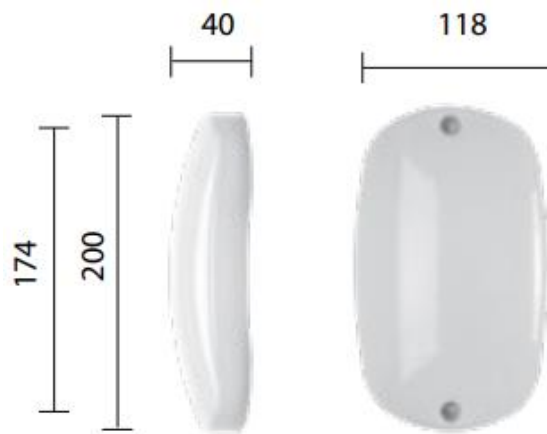


Рисунок 4 – Габаритные показатели светильника GALAD Блистер LED-8

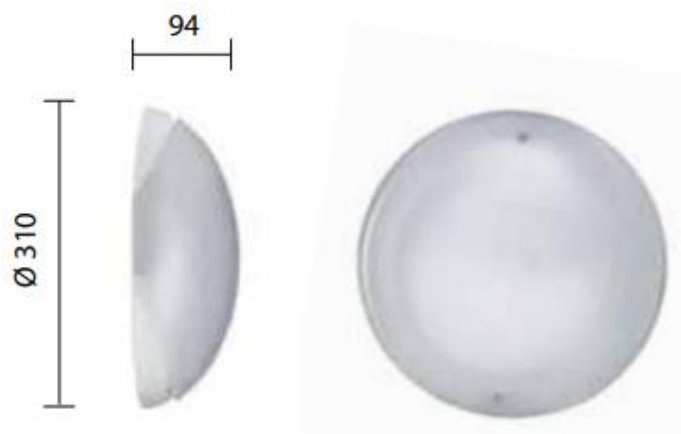


Рисунок 5 – Габаритные показатели светильника GALAD Кастор LED-25

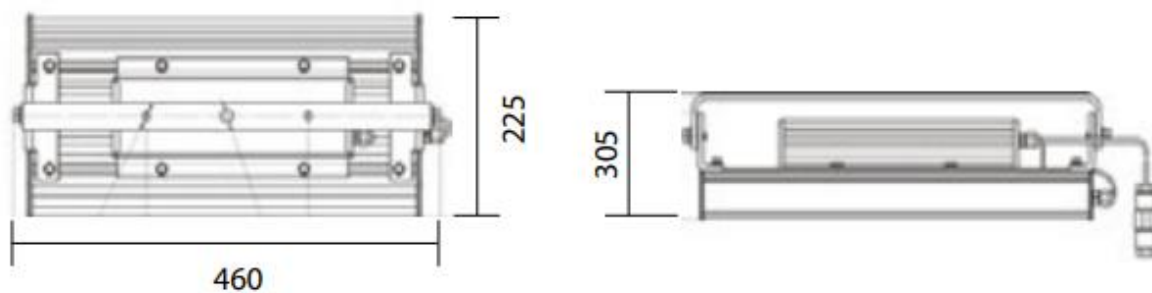


Рисунок 6 – Габаритные показатели светильника GALAD Эверест LED

Светильники типа GALAD ДПО01-40-001 УХЛ4 установим в помещениях с нормальной влажностью и температурой окружающей среды. В узких помещениях и коридорах установим светильники типа GALAD Маркет ПРО LED-38/П/Д/5000/3. В помещениях с повышенной влажностью установим светильники типа GALAD Кастор LED-25 (В санузлах, душевых и др.), которые имеют оптимальные показатели светового потока и влагозащиты. Светильники типа GALAD Блистер LED-8 установим на лестничных площадках, которые монтируются на стену, обладают оптимальными показателями светового потока. Для освещения крупных и высоких помещений таких как спортивный зал применим светильники типа GALAD Эверест LED, которые обладают высокими показателями светового потока. Для освещения зала бассейнов были выбраны светильники ПромЛед ПРОФИ v2.0-150 ЭКО, которые обладают высокими показателями светового потока, степенью влагозащиты, имеют рассеивающую линзу, обладают очень низкой пульсацией светового потока.

Расчет и выбор светильников для ледового поля был проведен в программе DiaLux. Данный расчет представлен в приложении А.

Вывод по разделу

В ходе проведения расчетов освещения спортивного комплекса были выбраны светильники для помещений с различными условиями окружающей среды, а также определено их количество для поддержания соответствующего уровня освещенности.

3 Выбор числа и мощности трансформаторов

Большинство электроприемников здания относится ко II категории надежности электроснабжения, за исключением аварийного освещения, оборудования связи, пожарно-охранной сигнализации, холодильной машины, пожарных насосов, которые относятся к I категории надежности электроснабжения. По степени обеспечения надежности электроснабжения потребитель относится ко второй категории надежности, частично к первой категории. [23]

Объект носит неискажающий характер.

Электроснабжение проектируемых энергопринимающих устройств предусматривается от существующих спроектированных ранее внешних сетей.

Распределение электроэнергии от ВРУ к электроприемникам осуществляется через распределительные и групповые щиты.

Напряжение сети 380/220В при глухо-заземленной нейтрали трансформатора. Тип системы заземления TN-C-S. Класс напряжения электросети, к которым будет осуществляться подключение – 6/0,4 кВ.

Поскольку данный объект имеет электроприемники первой и второй категории надежности, выберем трехблочную 2БКТП.

Полная мощность на один трансформатор:

$$S_T = \frac{S_p}{K_3 \cdot N_T} \quad (7)$$
$$S_T = \frac{830,21}{0,7 \cdot 2} = 593 \text{ кВА}$$

Ближайший по мощности трансформатор ТМГ-630/6/0,4 [19].

Проведем технико-экономический расчет. Для технико-экономического сравнения с трансформаторами 2хТМГ-630/6/0,4 возьмем

трансформаторы 2хТМГ-1000/6/0,4 [20]. Технические характеристики данных трансформаторов занесем в таблицу 6.

Таблица 6 – Характеристики ТМГ-630/6/0,4 и ТМГ-1000/6/0,4

Маркировка трансформатора	ТМГ-630/6/0,4	ТМГ-1000/6/0,4
P_{xx} , кВт	1,05	1,55
$P_{кз}$, кВт	7,6	10,8
I_{xx} , %	1,6	1,2
$U_{кз}$, %	5,5	5,5
Количество, шт	2	2
Стоимость с НДС за трансформатор, тыс. руб	318	464

Время максимальных потерь:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{max}}{10000})^2 \cdot 8760 \quad (8)$$

где T_{max} – число часов использования максимума нагрузки, ч. [15]

Годовые потери электроэнергии одного трансформатора:

$$\Delta W_{общ} = \Delta P_{xx} \cdot T \cdot n + \Delta P_{кз} \cdot (\frac{S_p}{S_H})^2 \cdot \tau \cdot \frac{1}{n} \quad (9)$$

где T – время работы трансформатора за год, ч.

Издержки определяем по формуле:

$$И = \rho \cdot K + c \cdot \Delta W_{общ} \cdot 10^{-5} = \rho \cdot K + (\frac{\alpha}{T_{max}} + \beta) \cdot \Delta W_{общ} \cdot 10^{-5} \quad (10)$$

где ρ – коэффициент отчислений на амортизацию и обслуживание;

c – стоимость 1 кВт/ч потерь, тыс. руб;

α – основная ставка двухставочного тарифа за 1 кВт договорной мощности;

β – дополнительная ставка двухставочного тарифа за кВт·ч активной энергии, учтенной расчетным счетчиком.

K – капиталовложения, тыс. руб.

Общие затраты для варианта с ТМГ-630/6/0,4:

$$Z = p_n \cdot K + И \quad (11)$$

где p_n – нормативный коэффициент экономической эффективности;

Полученные расчеты занесем в таблицу 7.

Таблица 7 – Техничко-экономическое сравнение ТМГ-630/6/0,4 и ТМГ-1000/6/0,4

Трансформаторы	2xТМГ-630/6/0,4	2xТМГ-1000/6/0,4
K_3	0,65	0,42
T_{\max} , ч	5400	5400
τ , ч	3862,25	3862,25
$\Delta W_{\text{общ}}$, кВт·ч	43883	41531
И, тыс. руб	33,86	47,21
$p_n \cdot K$, тыс. руб	38,16	55,68
Z, тыс. руб	72,02	102,89

По результатам технико-экономического сравнения выбираем ТМГ-630/6/0,4.

Для компенсации реактивной мощности произведем расчет номинальной мощности и степени регулирования УКРМ [5]. Используя данные таблицы 1 получаем, что суммарная реактивная мощность составляет 364 квар.

Потери активной мощности в трансформаторе:

$$\Delta P_{T630} = \Delta P_{\text{хх}630} + \Delta P_{\text{кз}630} \cdot \left(\frac{S_{\text{НН}}}{S_{T630}}\right)^2 \quad (12)$$

$$\Delta P_{T630} = 1,05 + 7,6 \cdot \left(\frac{830,21}{630}\right)^2 = 14,25 \text{ кВт}$$

Потери реактивной мощности в трансформаторе:

$$\Delta Q_{T630} = \frac{I_{xx630}}{100} \cdot S_T + \frac{S_{HH}^2}{100 \cdot S_T} \sqrt{U_{кз630}^2 - \left(\frac{100 \cdot \Delta P_{кз630}}{S_{T630}} \right)^2} \quad (13)$$

$$\Delta Q_{T630} = \frac{1,6}{100} \cdot 630 + \frac{830,21^2}{100 \cdot 630} \sqrt{5,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 7,6}{630} \right)^2} = 68,79 \text{ квар}$$

Минимально допустимая мощность компенсирующего устройства:

$$Q_{куmin} = P_p \cdot (tg\varphi - tg\varphi_{max}) - \Delta P_{T630} \cdot tg\varphi_{max} + \Delta Q_{T630} \quad (14)$$

$$Q_{куmin} = 746,16 \cdot (0,48 - 0,1) - 14,25 \cdot 0,1 + 68,79 = 350,91 \text{ квар}$$

Максимально допустимая мощность компенсирующего устройства [7]:

$$Q_{куmax} = P_p \cdot (tg\varphi - tg\varphi_{min}) - \Delta P_T \cdot tg\varphi_{min} + \Delta Q_T \quad (15)$$

$$Q_{куmax} = 746,16 \cdot (0,48 - 0) - 14,25 \cdot 0 + 68,79 = 426,95 \text{ квар}$$

Подберем оптимальную мощность УКРМ по выражению:

$$350,91 \leq Q_{куном} \leq 426,95 \quad (16)$$

Из выражения 16 принимаем АУКРМ 2x0,4-200-25-4 [1].

$$S_{HH} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{ку})^2} \quad (17)$$

$$S_{HH} = \sqrt{746,16^2 + (364 - 400)^2} = 747,03 \text{ кВА}$$

Значение S_{HH} практически не отличается от рассчитанного выше. Потери активной мощности в трансформаторе в режиме минимальных нагрузок при отсутствии нагрузки холодильной машины, приняв $S_{HH}=P_{pmin}$, приближенно считаем, что всю реактивную мощность нагрузки компенсирует УКРМ:

$$\Delta P_T = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_{HH}}{S_T}\right)^2 \quad (18)$$

$$\Delta P_T = 1,05 + 7,6 \cdot \left(\frac{516,16}{630}\right)^2 = 6,15 \text{ кВт}$$

Расчет ступени регулирования УКРМ:

$$Q_{\text{кyp}} = (P_{\text{min}} + \Delta P_T) \cdot (tg\varphi_{\text{max}} - tg\varphi_{\text{min}}) \quad (19)$$

$$Q_{\text{кyp}} = (516,16 + 6,15) \cdot (0,1 - 0) = 52,23 \text{ квар}$$

Степень регулирования УКРМ должна быть меньше расчетного значения. В соответствии с этим, по каталожным данным выбираем АУКРМ 2x0,4-200-25-4 с шагом регулирования 25 квар.

В результате применения УКРМ повышается общий коэффициент мощности спортивного комплекса, приводит к уменьшению тока и нагрузки оборудования спортивного комплекса.

Вывод по разделу

При проведении технико-экономического анализа мы получили, что комплектная трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами ТМГ-630/6/0,4 является наиболее эффективным и экономическим выгодным решения для обеспечения электроснабжения спортивного комплекса.

4 Расчет ТКЗ

4.1 Расчет ТКЗ выше 1 кВ

Рассчитаем ТКЗ по формулам приближенного приведения в относительных единицах (о.е.).

Мощность трехфазного короткого замыкания сети с $S_c=500$ МВА, $U_6=6,3$ кВ, $S_6=1000$ МВА. [13]

Составим схему замещения и расчетную и покажем на них точку КЗ (рисунок 7).

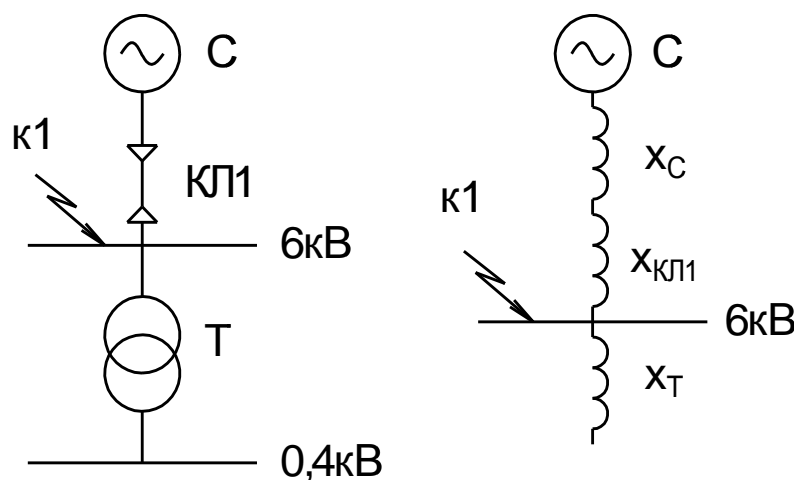


Рисунок 7 – Расчетная схема и схема замещения

Ток протикающий от системы до трансформатора ТМГ-630/6/0,4:

$$I_{c-тр} = \frac{S_{Т630}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (20)$$

$$I_{c-тр} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 57,74 \text{ А}$$

Для электроснабжения спортивного комплекса установим кабельные линии (КЛ) с алюминиевыми жилами. Получаем экономическую плотность тока $J_{ЭК}=1,1$ А/мм². [6]

Для определения сечения, воспользуемся следующим выражением:

$$S = \frac{I_{с-тр}}{J_{эк}} \quad (21)$$
$$S = \frac{57,74}{1,1} = 52,5 \text{ мм}^2$$

Принимаем сечение 70 мм^2 . Для прокладки кабеля с умеренным и холодным климатом, в земле с низкой коррозионной активностью, при отсутствии блуждающих токов и механических напряжений применим кабель типа ААБл. Допустимый длительный ток для четырехжильного кабеля ААБл 4х70 по каталожным данным составляет 184 А. В случае работы лишь одного трансформатора номинальный ток равен 115,47 А, что является допустимым.

Сопротивление $r_{уд}=0,443 \text{ Ом/км}$, $x_{уд}=0,061 \text{ Ом/км}$, поскольку кабель является четырехжильным [9]. Расстояние от КТП до точки подключения 3,5 км.

Сопротивления кабельной линии (КЛ) рассчитаем по формулам:

$$r_{КЛ1} = r_{уд1} \cdot l_{КЛ1} \quad (22)$$

$$r_{КЛ1} = 0,443 \cdot 3,5 = 1,55 \text{ Ом}$$

$$x_{КЛ1} = x_{уд1} \cdot l_{КЛ1} \quad (23)$$

$$x_{КЛ1} = 0,061 \cdot 3,5 = 0,21 \text{ Ом}$$

Пересчитаем сопротивление ВН к ступени НН по следующим формулам:

$$r_{КЛ1} = r_{КЛ1} \cdot \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}}\right)^2 \quad (24)$$

$$x_{КЛ1} = x_{КЛ1} \cdot \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}}\right)^2 \quad (25)$$

Подставляя значения технических характеристик кабеля ААБл 4х70 в формулы 24 и 25 получаем: $r_{\text{КЛ1}}=6,844$ мОм, $x_{\text{КЛ1}}=0,32$ мОм.

Сопротивление КЛ в о.е.:

$$x_{\text{бкл}} = S_{\text{б}} \cdot \frac{x_{\text{КЛ1}}}{U_{\text{ВН}}^2} \quad (26)$$
$$x_{\text{бкл}} = 1000 \cdot \frac{0,061}{6,3^2} = 1,537 \text{ о.е.}$$

Сопротивление системы в о.е.:

$$x_{\text{бсист}} = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{сист}}} \quad (27)$$
$$x_{\text{бсист}} = \frac{1000}{500} = 2 \text{ о.е.}$$

Суммарное сопротивление до точки К-1:

$$x_{\text{бсумм}} = x_{\text{бсист}} + x_{\text{бкл}} \quad (28)$$
$$x_{\text{бсумм}} = 2 + 1,537 = 3,537 \text{ о.е.}$$

Базисный ток:

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б}}} \quad (29)$$
$$I_{\text{б}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,643 \text{ кА}$$

Начальное действующее значение периодической составляющей ТКЗ:

$$I_{\text{п0}} = \frac{E_{\text{б}}}{x_{\text{бсумм}}} \cdot I_{\text{б}} \quad (30)$$
$$I_{\text{п0}} = \frac{1}{3,537} \cdot 91,643 = 25,91 \text{ кА}$$

Определим ударный ток:

$$i_{\text{удт}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п0}} \cdot K_{\text{удт}} \quad (31)$$
$$i_{\text{удт}} = \sqrt{2} \cdot 25,91 \cdot 1,4 = 51,3 \text{ кА}$$

Получаем ударный ток $i_{\text{удт}}=51,3$ кА.

4.1 Расчет ТКЗ ниже 1 кВ

Покажем точки КЗ на рисунке 8. Расчет проведем с учетом активных и индуктивных сопротивлений элементов цепи.

Рассчитаем номинальный ток, протекающий от КТП до здания спортивного комплекса:

$$I = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 909,33 \text{ А}$$

«Сопротивления катушек и контактов автоматических выключателей примем равными $r_{\text{кв}}=0,41$ мОм, $x_{\text{кв}}=0,13$ мОм. Активным и индуктивным сопротивлением трансформаторов тока можно пренебречь. Активное сопротивление контактов $r_{\text{к}}=0,1$ мОм. Сопротивление автоматического выключателя $r_{\text{ав}}=0,41$ мОм, $x_{\text{ав}}=0,13$ мОм». [9]

Сопротивление системы:

$$x_{\text{с}} = \frac{U_{\text{нн}}^2}{S_{\text{с}}} \quad (32)$$
$$x_{\text{с}} = \frac{400^2}{500} \cdot 10^{-3} = 0,32 \text{ мОм}$$

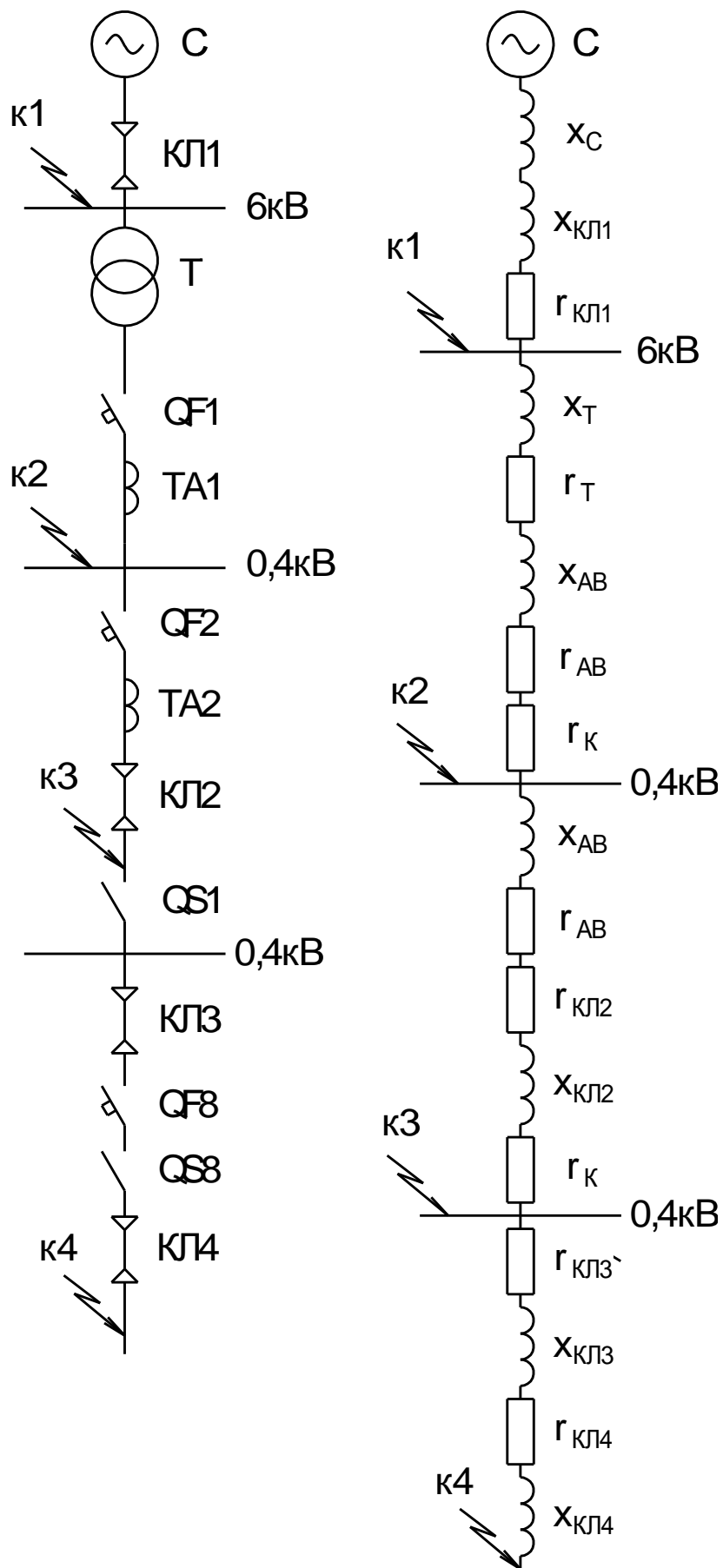


Рисунок 8 – Расчетная схема и схема замещения

Сопrotивление ТМГ-630/6/0,4 определим, используя его паспортные данные:

$$r_{T630} = \frac{P_{K630} \cdot U_{H630}^2}{S_{T630}^2} \cdot 10^6 \quad (33)$$

$$x_{T630} = \sqrt{u_{K630}^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{K630}}{S_{T630}}\right)^2} \cdot \frac{U_{H630}^2}{S_{T630}} \cdot 10^4 \quad (34)$$

Получаем: $r_{T630} = 3,06$ мОм, $x_{T630} = 13,63$ мОм.

Рассчитаем общее сопротивление цепи на примере точки К2:

$$r_{1\text{сумм}} = r_{KЛ1} + r_{T630} + r_K + r_{ав} + r_{ТТ} \quad (35)$$

$$r_{1\text{сумм}} = 6,84 + 3,06 + 0,1 + 0,41 + 0 = 10,41 \text{ мОм}$$

$$x_{1\text{сумм}} = x_{KЛ1} + x_{T630} + x_{ав} + x_{ТТ} + x_C \quad (36)$$

$$x_{1\text{сумм}} = 0,32 + 13,63 + 0,13 + 0 + 0,32 = 14,4 \text{ мОм}$$

Начальное действующего значения периодической составляющей трехфазного ТКЗ без учета подпитки от электродвигателей:

$$I_{\text{п0}} = \frac{U_H}{\sqrt{3 \cdot (r_{\text{сумм}}^2 + x_{\text{сумм}}^2)}} \quad (37)$$

$$I_{\text{п0}} = \frac{400}{\sqrt{3 \cdot (10,41^2 + 14,4^2)}} = 12,997 \text{ кА}$$

Угол сдвига по фазе напряжения и периодической составляющей ТКЗ:

$$\varphi_c = \arctg\left(\frac{x_{1\text{сумм}}}{r_{1\text{сумм}}}\right) \quad (38)$$

$$\varphi_c = \arctg\left(\frac{14,4}{10,41}\right) = 0,945$$

Время от начала КЗ до появления ударного тока:

$$t_{\text{удт}} = 0,01 \cdot \frac{0,5 \cdot \pi + \varphi_c}{\pi} \quad (39)$$

$$t_{\text{удт}} = 0,01 \cdot \frac{0,5 \cdot \pi + 0,945}{3,14} = 8,008 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

Постоянная времени затухания апериодической составляющей ТКЗ:

$$T_{\text{аткз}} = \frac{x_{1\text{сумм}}}{r_{1\text{сумм}} \cdot \omega_c} \quad (40)$$

$$T_{\text{аткз}} = \frac{14,4}{10,41 \cdot 314} = 4,403 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

Ударный коэффициент:

$$K_{\text{удт}} = (1 + \sin \varphi_c \cdot e^{\frac{-t_{\text{удт}}}{T_{\text{аткз}}}}) \quad (41)$$

$$K_{\text{удт}} = \left(1 + \sin(0,945) \cdot 2,71^{\frac{-8,008 \cdot 10^{-3}}{4,403 \cdot 10^{-3}}} \right) = 1,13$$

Определим ударный ток по выражению:

$$i_{\text{удт}} = \sqrt{2} \cdot 12,997 \cdot 1,13 = 20,77 \text{ кА}$$

Точки К-3 и К4 рассчитаем по аналогии. Результаты расчетов занесем в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчетов трехфазного короткого замыкания

№	$U_{\text{срн}}$, кВ	$r_{\text{сумм}}$, МОм	$x_{\text{сумм}}$, МОм	φ_c , рад	$T_{\text{аткз}}$, мс	I_{n0} , кА	$K_{\text{удт}}$	$i_{\text{удт}}$, кА
К1	6,3	-	-	-	-	25,91	1,4	51,3
К2	0,4	10,41	14,4	0,945	4,403	12,997	1,13	20,77
К3	0,4	19,24	17,05	0,725	2,822	8,983	1,05	13,34
К4	0,4	35,14	20,72	0,533	1,878	5,661	1,01	8,12

Далее по полученным расчетам проведем проверку оборудования КТП.

Вывод по разделу

В данном разделе были определены параметры ТКЗ для каждой из четырех точек трехфазного КЗ. Первая точка КЗ была задана на стороне выше 1 кВ. Данная точка имеет самый высокий ударный ток, а также обладает наибольшим начальным действующим значением периодической составляющей ТКЗ, относительно точек КЗ на стороне ниже 1 кВ. По мере отдаления точек КЗ, ударный ток и начальное действующее значение периодической составляющей трехфазного ТКЗ снижается, поскольку полное сопротивление цепи становится выше.

Также в ходе проведения расчетов ТКЗ были составлены расчетные схемы и схемы замещения.

Полученные результаты расчетов необходимы для выбора оборудования КТП.

5 Выбор оборудования

5.1 Выбор и проверка оборудования БКТП

Для электроснабжения спортивного комплекса рассмотрим БКТП. [2]

Для выбора автоматических выключателей нужно рассчитать ряд параметров.

Для начала, проведем расчет тока термической стойкости для точки К-2:

$$B_K = (I_{п0})^2 (T_{аТКЗ} + t_{п}) \quad (42)$$
$$B_K = 12,997^2 \cdot (4,403 + 30) \cdot 10^{-3} = 5,811 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Рассчитаем время действия релейной защиты:

$$\tau = t_{рз} + t_c \quad (43)$$
$$\tau = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ с}$$

где $t_{рз}$ – время срабатывания релейной защиты с;

t_c – время срабатывания выключателя на отключение, с.

Максимальное значение апериодической составляющей ТКЗ:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} \quad (44)$$
$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot 12,997 \cdot 2,72^{\frac{-0,05}{4,403}} = 18,17 \text{ кА}$$

Номинальное значение апериодической составляющей:

$$i_{aн} = \sqrt{2} \cdot I_{н.откл} \cdot (1 + e^{-22,5\tau}) \quad (45)$$

$$i_{aн} = \sqrt{2} \cdot 10 \cdot (1 + 2,72^{-22,5 \cdot 0,05}) = 18,733 \text{ кА}$$

где $I_{н.откл}$ – номинальный ток отключения, кА.

Полученные расчеты занесем данные в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчетные и паспортные данные для оборудования БКТП

Расчетные данные	Сравниваемый параметр	Автоматический выключатель	Трансформатор тока	Разъединитель
$I_{max}=909,32 \text{ А}$	I_n	1320 А	1320 А	1320 А
$I_{н0}=12,997 \text{ кА}$	$I_{н.откл}$	10 кА	–	–
$i_{aт}=18,17 \text{ кА}$	$i_{a.н}$	18,733 кА	–	–
$i_{уд}=20,77 \text{ кА}$	$i_{прс}$	32 кА	32 кА	32 кА
$B_K=5,811 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	B_K	16 кА ² ·с	16 кА ² ·с	16 кА ² ·с

Проведем кабельной продукции для электроснабжения спортивного комплекса.

5.2 Выбор кабелей

На стороне 6 кВ принимаем кабель марки ААБл 4х70. Данный кабель имеет алюминиевые токопроводящие жилы, которые заключены в броню с лавсановой лентой. Выберем по 2 кабеля той же марки для прокладки на ВУ-1 и ВУ-2 ААБл(А)-LS 4х240.

Проведем выбор кабелей, прокладываемых в здании. Важным условием выбора кабеля также является работа при пожаре. Исполнение кабеля необходимо выбрать с типом нг(А)-FRLS [11]. Прокладываемые кабели в помещениях выберем марки ВВГнг(А)-FRLS. Данный кабель имеет, медные токопроводящие жилы, которые заключены в изоляцию из

поливинилхлоридного пластика. Оболочка сделана из поливинилхлоридного пластика, без брони. Пластик имеет пониженную пожарную опасность. [24]

Выбор кабелей распределительной сети представлен на чертеже. Автоматические выключатели выбираем исходя из сечений кабелей. [3]

Кабельные линии наружного освещения выберем марки ВВГнг(А)-LS 5х16.

Вывод по разделу

В данном разделе по результатам расчетов ТКЗ был проведен выбор оборудования КТП. Далее был проведен выбор кабельной продукции для проектирования распределительной сети спортивного комплекса.

6 Расчет заземления и молниезащиты

Для предотвращения несчастных случаев, установлены следующие требования:

«Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части (рис. 1.7.7):

- 1) нулевой защитный РЕ- или PEN-проводник питающей линии в системе TN;
 - 2) заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах IT и TT;
 - 3) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);
 - 4) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п.» [6]
- PEN и РЕ-проводники многожильных кабелей питающей и распределительной сети являются защитными проводниками.

В электрощитовой установить контур защитного заземления из металлической полосы 25х4 на высоте 0,4...0,6м от уровня пола.

Сопротивление вертикального заземлителя:

$$R_{\text{вз}} = \frac{\rho_{\text{э}}}{2 \cdot \pi \cdot L_{\text{вз}}} \left(\ln \frac{2 \cdot L_{\text{вз}}}{d_{\text{вз}}} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot T_{\text{вз}} + L_{\text{вз}}}{4 \cdot T_{\text{вз}} - L_{\text{вз}}} \right) \quad (50)$$

$$R_{\text{вз}} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,018} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 32,8 \text{ Ом}$$

где $\rho_{\text{э}}$ – эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$L_{\text{вз}}$ – длина вертикального заземлителя, м;

$d_{\text{вз}}$ – диаметр вертикального заземлителя, м;

$T_{\text{вз}}$ – заглубление заземлителя, м.

Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_{\text{гз}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_{\text{гз}}} \cdot \ln \frac{2L_{\text{гз}}^2}{b_{\text{гз}} \cdot h_{\text{гз}}} \quad (51)$$

$$R_{\text{гз}} = \frac{100}{2 \pi \cdot 19,6} \cdot \ln \frac{2 \cdot 19,6^2}{0,05 \cdot 0,5} = 8,39 \text{ Ом}$$

где b – ширина полосы горизонтального заземлителя, м;

h – глубина заложения горизонтальной сетки, м;

$L_{\text{гор}}$ – длина горизонтального заземлителя, м.

Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{\text{суммзу}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\frac{k_{\text{испз}i} \cdot n_{\text{з}i}}{R_{\text{з}i}}} \quad (52)$$

где $n_{\text{з}}$ – количество комплектов;

$k_{\text{испз}}$ – коэффициент использования.

$$R_{\text{суммзу}} = \frac{1}{\frac{25 \cdot 0,69}{32,8} + \frac{1 \cdot 0,69}{8,39}} = 1,64 \text{ Ом}$$

Сопrotивление заземляющего устройства составляет менее 4 Ом.

Тип системы заземления на вводе в здание – TN-C-S, а в распределительных и групповых сетях – TN-S. Данные системы заземления построены с применением глухозаземленной нейтрали. Характеризуются подключением нулевого проводника (N) к контуру заземления. При этом первый тип, на вводе в здания, характеризуется объединением защитного проводника PE и нулевого N в один комбинированный нуль (PEN) с подстанции, подключенного к глухозаземленной нейтрали. На входе в здание PEN проводник разделяется на N и PE проводники. Система заземления в распределительных и групповых сетях является более безопасной, имеет разделенные защитные проводники PE и нулевые N. [25]

«Основная система уравнивания потенциалов соединяет между собой:

- нулевой защитный PE-проводник ВРУ на вводе в здание;
- нулевой рабочий N-проводник ВРУ на вводе в здание;
- металлические трубы водопровода, входящего в здание;
- воздуховоды вентиляции;
- воздуховоды кондиционирования;
- металлические части каркаса здания;
- контур внутреннего заземления проектируемой электрощитовой.» [6]

В здании предусматривается основная система уравнивания потенциалов. Все металлические трубы инженерных коммуникаций, входящих в здание, кабельные конструкции, стационарно проложенные трубопроводы присоединяются к главной заземляющей шине.

Также должен быть предусмотрен контур повторного заземления. В качестве заземлителей дополнительно используется арматура железобетонных фундаментов здания. Соединение главной заземляющей шины с арматурой железобетонных фундаментов выполняется через закладные детали, предусмотренные в электрощитовой.

«Комплекс средств молниезащиты зданий или сооружений включает устройства защиты от прямых ударов молнии [внешняя молниезащитная

система (МЗС)] и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя МЗС). В частных случаях молниезащита может содержать только внешние или только внутренние устройства. В общем случае часть токов молнии протекает по элементам внутренней молниезащиты.

Внешняя МЗС может быть изолирована от сооружения (отдельно стоящие молниеотводы - стержневые или тросовые, а также соседние сооружения, выполняющие функции естественных молниеотводов) или может быть установлена на защищаемом сооружении и даже быть его частью.» [16]

Для защиты от прямых ударов молнии блоков I и III в качестве молниеприемника используется металлический каркас здания (фермы, ограждения кровли), а блока II – устройство молниеприемной сетки на кровле здания. Все металлические части кровли соединяются между собой в единый контур сваркой или болтовыми соединениями. В качестве токоотводов блока II используется стальная проволока $d8$ мм, проложенная вертикально по наружным стенам и соединенная с молниеприемной сеткой. В качестве токоотводов блоков I и III используются металлические колонны. В качестве заземлителя используется арматура железобетонных фундаментов, соединенная в непрерывный контур с металлическими колоннами и металлическими фермами блоков I и III и токоотводами блока II.

Для защиты от импульсных перенапряжений на вводных устройствах установлены ограничители импульсных перенапряжений (искровые разрядники). Для защиты оборудования связи на распределительных щитах установлены ограничители импульсных перенапряжений (варисторы).

Вывод по разделу

В ходе расчета заземляющего устройства, мы получили, что его сопротивление соответствует требованиям нормативно-технической документации. Затем был рассмотрен вопрос молниезащиты здания.

7 Технология монтажа кабельных сетей

Способ монтажа кабелей выбирается исходя из типа помещения, соображений безопасности, а также исходя из типа кабелей. [12]

Существует два основных вида прокладки проводов внутри помещений:

- Наружная прокладка кабеля;
- Скрытая прокладка кабеля;
- Комбинированная прокладка кабеля.

Наружная прокладка кабеля является наиболее экономичным, быстрым способом прокладки. Помимо этого, простой ремонт в случае выхода из строя кабеля. Его крепление производится с помощью скоб, либо скрепов. Данный способ мы применим для прокладки изолированных проводов в технических помещениях и при прокладке с помощью кабельных лотков, гофрированных труб (таблица А.52.1 [12]).

Также электропроводка, которая проложена по поверхностям помещений, конструкциям может быть стационарной и переносной.

Скрытая прокладка кабельной линии наиболее популярным способом является скрытый монтаж кабелей. Технология монтажа состоит в том, что кабельный короб закладывается в штробу стены. Данный способ мы применим в офисных помещениях, и общественных помещениях. К преимуществам можно отнести внешность помещения, безопасность, поскольку кабель закрыт от внешних воздействий. [17]

Комбинированная прокладка кабельных линий является сочетанием двух первых. В нашем случае, комбинированная прокладка не применяется. В помещениях здания используются только первые два способа.

Следует добавить, что в зависимости от способа прокладки, а также условий окружающей среды используются различные типы изоляции кабельных линий.

В рассматриваемом спортивном комплексе групповые сети, выполненные кабелем ВВГнг-LS не распространяющим горение, прокладываются:

- открыто по полосе 2х25 по строительным конструкциям;
- скрыто в штробах, либо под штукатуркой и перегородкой ГВЛ к выключателям и розеткам;
- скрыто в металлических трубах к оборудованию.

Кабели, проложенные на высоту до 2м, защищены от механических повреждений.

Все ответвления от групповых линий выполняются в ответвительных коробках с помощью соединительных зажимов или одним из принятых способов (пайка, сварка, опрессовка, клеммы).

Кабельные линии наружного освещения ВВГнг(А)-LS 5х16 прокладываются на отм. 0,7м от уровня земли, от механических повреждений защищаются кирпичом, в местах пересечения с дорогой и подземными коммуникациями – металлическими трубами. [18]

Вывод по разделу

В данном разделе была описана технология монтажа электропроводки для распределительной сети центра по продаже и обслуживанию автомобилей.

Заключение

В данной ВКР было проведено проектирование системы электроснабжения, распределительной сети спортивного комплекса.

Процесс проектирования был начат с проведения расчета электрических нагрузок спортивного комплекса. Для проведения данного расчета электроприемники были разделены на группы, которые представлены в таблице 1. Далее была рассчитана общая электрическая нагрузка электроприемников.

В соответствии с полученными результатами и категорией надежности спортивного комплекса, было определено число и тип трансформаторов, а также их мощность. Для электроснабжения спортивного комплекса была принята трехблочная 2БКТП 6/0,4 кВ, имеющая в составе два трансформатора ТМГ-630.

Далее были рассчитаны ТКЗ. Результаты расчетов были использованы для выбора защитного оборудования, обеспечивающего надежность электроснабжения. Выбор оборудования проводился в пункте 5. Проводилась проверка автоматических выключателей трансформаторной подстанции, трансформаторов тока, разъединителей. На стороне низкого напряжения были выбраны автоматические выключатели и кабельные линии, обеспечивающие надежность и безопасность электроснабжения электроприемников.

Затем проводился расчет заземления и молниезащиты спортивного комплекса. Проведенные расчеты приведены в пункте 6.

Последним пунктом приведено описание технологии монтажа кабельных линий распределительной сети на низкой стороне напряжения.

Список используемых источников

1. АУКРМ 0,4-200-25-4 [Электронный ресурс] :. Официальный сайт конденсаторного завода «Нюкон». URL: <https://www.nucon.ru/catalog/reguliruemye-kondensatornye-ustanovki-krm-aukrm-0-4-kv/aukrm-0-4-200-25-4/> (дата обращения: 02.01.2021).
2. БКТП 630 6(10) 0,4 [Электронный ресурс] : Официальный сайт НИПО РусЭнерго. URL: <https://nipo-rusenergo.ru/blochnye-komplektnye-transformatornye-podstantsii/bktp/bktp-630-610-04> (дата обращения: 02.01.2021).
3. Выбор автомата по мощности нагрузки и сечению провода [Электронный ресурс]. Интернет-сайт. URL: <https://volgaproekt.ru/stati/vybor-avtomata-po-moshchnosti-nagruzki.html> (дата обращения: 02.01.2021).
4. Каталог светильников GALAD [Электронный ресурс] : Официальный сайт международной светотехнической корпорации GALAD. URL: <https://galad.ru/catalog/> (дата обращения: 02.01.2021).
5. Компенсация реактивной мощности: расчет мощности и выбор ступени регулирования конденсаторной батареи [Электронный ресурс] :. интернет-сайт. URL: <http://blog.avralsoft.ru/kompensatsiya-reaktivnoy-moshhnosti-raschet-moshhnosti-i-vyibor-stupeni-regulirovaniya-kondensatornoy-batarei.html> (дата обращения: 02.01.2021).
6. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. Л.Л. Жданова, Н. В. Ольшанская. М.: НЦ ЭНАС, 2013. 104 с.
7. Приказ Министерства промышленности и энергетики РФ от 23 июня 2015 г. № 380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии».

8. РФ. Госстрой России. СП31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий : утв. приказом №194 от 26.10.2003. М., 2003. 55 с.

9. РФ. Издательство стандартов. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением ниже 1 кВ : утв. приказом от 21.10.1993. М., 1994. 66 с.

10. РФ. Минстрой РФ. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1) : утв. Приказом Минстроя России от 07.11.2016 N 777/пр. М., 2016. 106 с.

11. РФ. Стандартиформ. ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности : утв. приказом №1097-ст от 22.11.2012. М., 2012. 12 с.

12. РФ. Стандартиформ. ГОСТ Р 50571.5.52-2011. Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки: утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 13.12.2011 N 925-ст. М., 2013. 72 с.

13. РФ. Стандартиформ. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия : утв. приказом №60-ст от 09.04.2007. М., 2007. 45 с.

14. РФ. Стандартиформ. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий : утв. приказом №1364-ст от 08.11.2013. М., 2013. 20 с.

15. РФ. Энергоатомиздат. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей : утв. приказом №213 от 07.07.1994. М., 1994, 49 с.

16. РФ. Минэнерго России. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций : утв. приказом №280 от 30.06.2003. М., 2003. 29 с.

17. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения [Электронный ресурс] : Свод правил утв. Приказом Минрегиона России от

29.12.2011 N 635/10) (ред. от 19.12.2019). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092705> (дата обращения: 28.02.2021).

18. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа [Электронный ресурс] : Свод правил утв. Приказом Минстроя России от 29.08.2016 N 602/пр (ред. от 25.04.2019). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139957> (дата обращения: 28.02.2021).

19. Трансформатор ТМГ 630/6/0,4 [Электронный ресурс] : Официальный сайт ЭК «Силовые трансформаторы». URL: <http://transform74.ru/tr/tmg/226/> (дата обращения: 02.01.2021).

20. Трансформатор ТМГ 1000/6/0,4 [Электронный ресурс] : Официальный сайт ЭК «Силовые трансформаторы». URL: <http://transform74.ru/tr/tmg/228/> (дата обращения: 02.01.2021).

21. Surya S., Wayne Beaty H. Standard Handbook for Electrical Engineers, Seventeenth Edition. - McGraw Hill Professional, 2017. 368 p.

22. Fofana I., Hadjadj Y. Electrical-Based Diagnostic Techniques for Assessing Insulation Condition in Aged Transformers. Power Transformer Diagnostics, Monitoring and Design Features, 2016. 256 p.

23. Rexhepi V. An Analysis of Power Transformer Outages and Reliability Monitoring. Technical University of Sofia, Faculty of Electrical Engineering, Boulevard "Sveti Kliement Ohridski" 8, Sofia, 1000, Bulgaria, 2017. 418 p.

24. Khan S., Ahmed G. Industrial power systems. Boca Raton: CRC Press, 2016. 488 p.

25. Daza S.A. Electric Power System Fundamentals. London: Artech House, 2016. 388 p.