

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 Проектирование системы электроснабжения курортного комплекса в г.Сызрань

Обучающийся

С.А. Волков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Л. Спиридонов

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

Тольятти 2025

Аннотация

Темой ВКР является «Проектирование системы электроснабжения курортного комплекса в г.Сызрань».

В работе рассчитаны электрические нагрузки:

- силового электрооборудования и распределительной сети курортного комплекса;
- осветительной (рабочее, аварийное и наружное освещение);
- оборудования систем пожаротушения и охраны, связи, а также жизнеобеспечения сооружения.

Расчет нагрузок помог определить подходящие силовые трансформаторы. После их выбора были рассчитаны токи короткого замыкания (КЗ) выбранных точек электросети курортного комплекса.

На основе результатов расчетов токов КЗ, а также термической и электродинамической стойкости, было выбрано электрооборудование для ТП. Затем были рассчитаны токи для выбора кабельных линий (КЛ).

На заключительном этапе рассчитано заземление и молниезащита курортного комплекса.

Содержание

Введение.....	4
1 Расчет электрических нагрузок и выбор числа и мощности трансформаторов	6
1.1 Описание курортного здания	6
1.2 Расчет электрических нагрузок	7
1.3 Выбор компенсирующих устройств	13
1.4 Расчет освещения	13
1.5 Выбор числа и мощности трансформаторов	24
2 Расчет токов КЗ	25
3 Выбор оборудования.....	31
3.1 Проверочный расчет силовых выключателей, разъединителей и трансформаторов тока	31
3.2 Выбор кабелей	32
4 Расчет заземления и молниезащиты.....	46
Заключение	49
Список используемых источников	50

Введение

Строительство курортных комплексов актуально в связи с ростом туристической индустрии и большим экономическим значением для развития регионов.

Что касается первого фактора, то туризм является одной из самых быстрорастущих отраслей мировой экономики. Это создает устойчивый спрос на новые и модернизированные курортные комплексы. Современные туристы предъявляют все более высокие требования к комфорту, удобству и качеству предоставляемых услуг. Курортные комплексы должны соответствовать этим требованиям, что стимулирует их развитие и модернизацию. Во многих странах наблюдается тенденция к увеличению доли внутреннего туризма. Это связано с экономическими факторами, геополитической нестабильностью и стремлением людей открывать для себя новые места в своей стране.

По экономическому фактору курортные комплексы являются привлекательным объектом для инвестиций, как частных, так и государственных. Они создают новые рабочие места, стимулируют развитие сопутствующих отраслей (строительство, транспорт, сфера услуг) и увеличивают налоговые поступления в бюджет. Строительство и эксплуатация курортных комплексов способствует развитию регионов, в которых они расположены. Это касается не только экономической, но и социальной инфраструктуры (дороги, коммуникации, образование, здравоохранение). Курортные комплексы обеспечивают занятость населения, как в самом комплексе (гостиницы, рестораны, развлечения), так и в смежных отраслях (производство продуктов питания, сувениров, транспортные услуги).

Исходя из вышесказанного, актуальность проектирования электроснабжения курортного комплекса обусловлена необходимостью обеспечения безопасности посетителей, создания комфортной среды для отдыха, энергоэффективности и соблюдения нормативных требований.

Целью ВКР является получение надежной и эффективной схемы электроснабжения курортного комплекса.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить задачи такие как:

- определить суммарную электрическую нагрузку курортного комплекса, учитывая технологическое оборудование (климатическое, обеспечения связи, водоснабжения, водоподготовки бассейнов, водоотведения, лифтовое), систему безопасности здания, освещение (рабочее, аварийное, наружное), бытовое электрооборудования для обеспечения комфорта проживания посетителей комплекса;
- по проведенному расчету электрических нагрузок необходимо подобрать соответствующие силовые трансформаторы для обеспечения надежного и экономичного электроснабжения с учетом коэффициента запаса и перспективы развития курорта;
- выполнить расчет токов КЗ в различных точках электрической сети курортного сооружения;
- получив результаты расчетов токов КЗ, рассчитать термическую и электродинамическую стойкость;
- выбрать электрооборудование, необходимого для электроснабжения курортного комплекса;
- выбрать тип КЛ;
- определить сечения и допустимые токи КЛ;
- вычислить потери напряжения КЛ;
- разработать систему заземления и молниезащиты, соответствующую требованиям нормативных документов.

1 Расчет электрических нагрузок и выбор числа и мощности трансформаторов

1.1 Описание курортного здания

Курортный комплекс представляет собой трехблочное сооружение.

Блок-I – помещение, в котором размещается футбольный корт, который также может применяться для проведения хоккея на квадах.

Блок-II – трехэтажная часть здания с служебными и техническими помещениями, небольшими спортзалами, бассейнами (большим и малым) с раздевалками, кафетерием на 54 места, залом для анимации. Тренажерные залы включают в себя тренажеры и различного рода снаряды, а спортзалы могут отличаться по характеру (настольный теннис, бильярд, йога, сухое плавание).

«Бассейн имеет 4 дорожки, размер 25х15 м, глубину переменную от 1,3 до 1,9 м. В зале бассейнов есть оздоровительно-развлекательная ванна» [20].

Блок-III – представляет собой большой спортивный зал 47,5×30 м универсального назначения.

Напряжение сети городской питающей сети – 10 кВ, внутренние сети курорта – 380/220 В.

Представим упрощенный план здания курорта на рисунке 1.

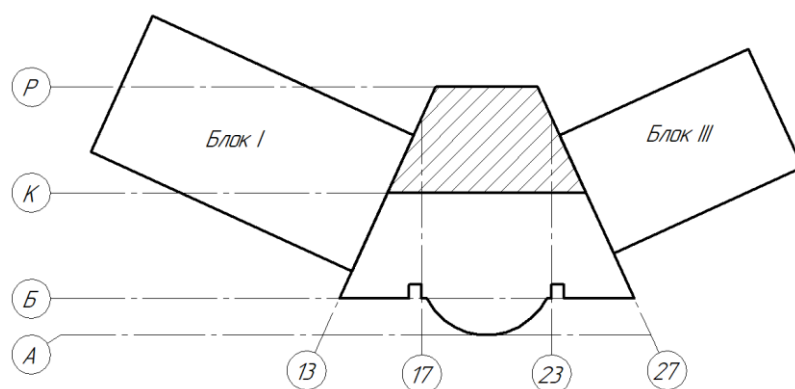


Рисунок 1 – Общий вид сверху здания курорта

1.2 Расчет электрических нагрузок

Области потребления электроэнергии курортного комплекса:

- технологическое оборудование (климатическое, обеспечения связи, водоснабжения, водоподготовки бассейнов, водоотведения, лифтовое);
- система безопасности здания;
- освещение (рабочее, аварийное, наружное);
- бытовое электрооборудование для обеспечения комфорта проживания посетителей комплекса.

«Расчетная активная мощность группы электроприемников (ГЭ) курортного комплекса:

$$P_{\Sigma} = P_n \cdot K_c, \quad (1)$$

где K_c – коэффициент спроса;

P_n – установленная мощность группы электроприемников, кВт» [18].

«Расчетная реактивная мощность ГЭ курортного комплекса:

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

где $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности ГЭ» [18].

«Полная мощность ГЭ курортного комплекса:

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

Максимальный расчетный ток ГЭ курортного комплекса:

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

Для потребителей жилых и общественных зданий компенсация реактивной нагрузки, как правило, не требуется. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

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» [18].

Поскольку нагрузка превышает 250 кВт, а именно 731,93 кВт, необходимо провести расчет компенсации реактивной мощности (РМ).

Таблица 1 – Расчет нагрузок курортного комплекса

РУ	Наименование	P_n кВт	n	$P_{n\Sigma}$ кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p кВт	Q_p квар	S_p кВА	I_p А
Электрооборудование системы вентиляции			15	60	0,8	0,91	0,41	48,26	21,95	53,02	76,53
2	Электроприводы приточновытяжной вентиляции	6	5	30	0,74	0,93	0,4	22,2	8,88	23,91	34,51
2	Воздухообрабатывающие установки	2	3	6	0,83	0,82	0,7	4,98	3,49	6,08	8,78
2	Электроприводы вентиляции дымоудаления	2	5	10	0,82	0,88	0,54	8,2	4,43	9,32	13,45
3	Оборудование рециркуляции воздуха	7	2	14	0,92	0,93	0,4	12,88	5,15	13,87	20,02
Электрооборудование обеспечения связи			12	67	1	0,54	0,84	67	103,2	123,04	177,59
2	Телефонная и экстренная связь, интернет	12	1	12	1	0,61	1,3	12	15,6	19,68	28,41
2	Оборудование системы видеонаблюдения	4	4	16	1	0,67	1,11	16	17,76	23,9	34,5
2	Оборудование системы управления доступом	4	6	24	1	0,54	1,56	24	37,44	44,47	64,19
4	Система управления гостиничным программным обеспечением и серверная	15	1	15	1	0,42	2,16	15	32,4	35,7	51,53

Продолжение таблицы 1

РУ	Наименование	P_n кВт	n	$P_{n\Sigma}$ кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p кВт	Q_p квар	S_p кВА	I_p А
Электрооборудование подготовки воды, водоснабжение и водоотведение			21	104	0,87	0,79	0,61	90	69,47	113,69	164,1
3	Насосное оборудование водоснабжения	6	15	90	0,86	0,79	0,78	77,4	60,37	98,16	141,68
3	Дезинфекционная установка	3	2	6	0,9	0,76	0,86	5,4	4,64	7,12	10,28
3	Фильтрация и система обратного осмоса	2	4	8	0,9	0,85	0,62	7,2	4,46	8,47	12,23
3	Электрооборудование системы водоотведения	5	14	70	0,9	0,68	1,08	63	68,04	92,73	133,84
Силовые электроустановки			58	210	0,75	0,82	0,57	157,69	110,78	192,71	278,15
3	Насосное оборудование системы отопления	6	10	60	0,72	0,87	0,57	43,2	24,62	49,72	71,76
3	Розеточная сеть	3	15	45	0,84	0,82	0,7	37,8	26,46	46,14	66,6
3	Офисное оборудование и техника	3	12	36	0,67	0,82	0,7	24,12	16,88	29,44	42,49
3	Оборудование комнаты пищеприготовления	5	7	35	0,77	0,85	0,62	26,95	16,71	31,71	45,77
3	Спортивное оборудование для тренажерного зала	2	8	16	0,78	0,69	1,05	12,48	13,1	18,09	26,11
3	Бытовая техника прачечной	3	6	18	0,73	0,71	0,99	13,14	13,01	18,49	26,69

Продолжение таблицы 1

РУ	Наименование	P_n кВт	n	$P_{н\Sigma}$ кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p кВт	Q_p квар	S_p кВА	I_p А
Электрооборудование канализации			2	7	0,93	0,57	0,82	6,51	9,34	11,38	16,43
3	Станция подкачки	3	1	3	0,93	0,56	1,48	2,79	4,13	4,98	7,19
3	Фекальный насос	4	1	4	0,93	0,58	1,4	3,72	5,21	6,4	9,24
Охранная и пожарная сигнализация			4	4	1	0,97	0,24	4	1	4,12	5,95
5	Охранная и пожарная автоматика	1	2	2	1	0,97	0,25	2	0,5	2,06	2,97
5	Сервопривод пожарного оборудования	1	2	2	1	0,97	0,25	2	0,5	2,06	2,97
Лифты			6	26	0,88	0,56	0,83	22,88	33,71	40,74	58,8
4	Гостевой лифт	4	4	16	0,88	0,53	1,6	14,08	22,53	26,57	38,35
4	Лифт для персонала	5	2	10	0,88	0,62	1,27	8,8	11,18	14,23	20,54
Система пожаротушения			16	44	0,76	0,57	0,82	33,44	48,58	58,98	85,13
4	Спринклерная система	2	10	20	0,82	0,61	1,3	16,4	21,32	26,9	38,83
4	Пожарный насос	4	6	24	0,71	0,53	1,6	17,04	27,26	32,15	46,4
Осушители воздуха			19	83	0,69	0,48	0,88	57,26	104,98	119,58	172,6
2	Осушитель для бассейна	5	8	40	0,74	0,39	2,36	29,6	69,86	75,87	109,51
2	Канальный осушитель	4	10	40	0,63	0,61	1,3	25,2	32,76	41,33	59,65
3	Автоматика осушителей воздуха	3	1	3	0,82	0,72	0,96	2,46	2,36	3,41	4,92

Продолжение таблицы 1

РУ	Наименование	P_n кВт	n	$P_{n\Sigma}$ кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p кВт	Q_p квар	S_p кВА	I_p А
Электрооборудование обеспечения микроклимата помещений			14	49	0,53	0,37	0,93	26,21	64,91	70	101,04
2	Дренажное оборудование системы кондиционирования	1	7	7	0,61	0,42	2,16	4,27	9,22	10,16	14,66
2	Мульти-сплит система	8	5	40	0,52	0,36	2,59	20,8	53,87	57,75	83,35
2	Автоматика климатических систем	1	2	2	0,57	0,53	1,6	1,14	1,82	2,15	3,1
3	Защитная аппаратура и автоматика			1,5	1	0,9	0,48	1,5	0,72	1,66	2,4
5	Аварийное освещение			17,53	1	0,95	0,33	17,53	5,78	18,46	26,64
1	Наружное освещение			15,24	0,4	0,95	0,33	6,1	2,01	6,42	9,27
1	Рабочее освещение			30,92	0,6	0,95	0,33	18,55	6,12	19,53	28,19
Нагрузка климатической системы чиллер-фанкойл				250	0,7	0,8	0,75	175	131,25	218,75	315,74
Итого на шинах НН без УКРМ				—	—	0,72	0,96	731,93	713,80	1022,37	1475,66
Итого на шинах НН с УКРМ				—	—	0,92	0,43	731,93	313,8	796,36	1149,45
Потери T_p НН				—	—	—	—	15,93	79,64	81,22	117,23
Итого				—	—	0,88	0,54	747,86	393,44	845,04	1219,71

Потребители электроэнергии согласно ПУЭ-7 курортного комплекса преимущественно первой и второй категорий, поэтому требуется установка ИБП.

Для курортного комплекса в целом принимается категория надежности электроснабжения – вторая. Наиболее ответственные электроприемники – щит теплового узла, видеонаблюдение, аварийное освещение, охранная и пожарная сигнализация – необходимо запитать через устройство ИБП (первой категории). Остальные электроприемники отнесены к электроприемникам второй категории.

1.3 Выбор компенсирующих устройств

«Расчетная мощность УКРМ:

$$Q_{\text{КУ}} = \theta \cdot P_p \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2) \quad (5)$$

$$Q_{\text{КУ}} = 0,9 \cdot 731,93 \cdot (0,96 - 0,33) = 415 \text{ квар}$$

где θ – коэффициент, учитывающий повышение коэффициента мощности;

$tg\varphi_1$ – значение коэффициента до компенсации;

$tg\varphi_2$ – значение коэффициента после компенсации.

Принимаем 2×УКРМ 0,4-200-20. Результирующие нагрузки занесем в таблицу 1» [18].

1.4 Расчет освещения

В качестве внутреннего освещения рассмотрим отечественные светильники типа «CSVТ» [11].

Внутреннее аварийное освещение работает с использованием ИБП [20].

Нормативная освещенность $E_{\text{норм}}$ представлена СП52.13330.2016. Монтаж выключателей и розеток предусматривается в помещениях на отметке 1,2 м от уровня пола.

«Исходными данными являются параметры помещения (длина, ширина, высота). Используя размеры, рассчитаем индекс каждого помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (a+b)} \quad (6)$$

где a, b – длина и ширина помещения соответственно, м;

S – площадь освещаемого помещения, м^2 ;

h – высота установки светильника от уровня земли, м» [20].

Расстояние от пола до потолка 2,85 м.

Коэффициенты отражения помещений курортного комплекса установим 70/50/30 (потолок/стены/пол), коэффициенты неравномерности помещений для всех помещений $t = 1,1$, а коэффициенты запаса для помещений курортного комплекса $K_3 = 1$.

Полученные индексы помещений i курортного комплекса позволяют определить коэффициент использования светового потока δ .

Внесем в таблицу 2 значения освещенности согласно каталогам и проведем расчет количества светильников с косинусной КСС по помещениям курортного комплекса.

Количество светильников на каждое помещение курортного комплекса (таблица 2):

$$N_{\text{св}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot t}{\Phi_{\text{св}} \cdot \delta} \quad (7)$$

Так как курортный комплекс включает в себя прачечную, кухню и санитарные узлы, зал бассейнов, где имеется повышенный уровень влажности, светильники принимаем класса защиты минимум IP54 [14]. По каталогу CSVТ принимаем IP65 с цветовой температурой – 4000К.

Таблица 2 – Расчет освещения курортного комплекса

№	Помещение	a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
1-01	Помещение электротехнического персонала	3,32	10,75	35,67	2,85	0,89	49	250	4150	CSVТ AVRORA	35	5	0,175
1-02	Прачечная	1,72	5,59	9,63	2,85	0,46	31	150	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-03	Уборная (М)	1,05	3,41	3,58	2,85	0,28	17	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-04	Инвентарь для бассейна	2,24	7,27	16,31	2,85	0,60	38	150	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-05	Умывальня (М)	1,57	5,09	7,99	2,85	0,42	28	250	2600	CSVТ CLIO	25	4	0,1
1-06	Касса	1,74	5,64	9,83	2,85	0,47	31	350	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-07	Комната охраны	1,92	6,21	11,89	2,85	0,51	34	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-08	Переход	2,42	7,83	18,93	2,85	0,65	40	150	2150	CSVТ CUBO	30	4	0,12
1-09	Переход	1,90	6,14	11,65	2,85	0,51	33	150	2150	CSVТ CUBO	30	3	0,09
1-10	Лестничная площадка 1.1	2,37	7,69	18,25	2,85	0,64	40	200	1100	CSVТ NOTA	8	10	0,08
1-11	Предбанник	0,97	3,15	3,06	2,85	0,26	15	350	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-12	Уборная	1,03	3,33	3,42	2,85	0,28	16	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-13	ИТП	3,67	11,90	43,70	2,85	0,98	52	250	4150	CSVТ AVRORA	35	6	0,21
1-14	Серверная	1,76	5,71	10,08	2,85	0,47	31	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-15	Зал занятия йогой	1,82	5,89	10,72	2,85	0,49	32	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-16	Кабинет инструктора-методиста	1,78	5,78	10,31	2,85	0,48	32	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-17	Гардероб общего пользования	1,93	6,27	12,13	2,85	0,52	34	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105

Продолжение таблицы 2

№	Помещение	a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
1-18	Бытовка	2,70	8,76	23,67	2,85	0,72	43	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
1-19	Узел водоподготовки	1,91	6,20	11,85	2,85	0,51	34	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-20	Ремонтное помещение	3,44	11,14	38,28	2,85	0,92	50	250	4150	CSVТ AVRORA	35	6	0,21
1-21	Пожарная и охранная автоматика	2,43	7,87	19,14	2,85	0,65	40	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
1-22	Переход	6,22	20,17	125,51	2,85	1,67	67	150	2150	CSVТ CUBO	30	15	0,45
1-23	Помещение подачи воды на собственные нужды	3,36	10,87	36,49	2,85	0,90	49	150	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-24	Помещение водоподготовительного оборудования	2,48	8,04	19,97	2,85	0,67	41	200	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-25	Помещение дезинфекции	1,89	6,11	11,52	2,85	0,51	33	200	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-26	Мастерская инженерных сооружений комплекса	1,75	5,66	9,88	2,85	0,47	31	150	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-27	Лестничная площадка 1.2	2,37	7,69	18,24	2,85	0,64	40	150	1100	CSVТ NOTA	8	7	0,056
1-28	Предбанник	0,98	3,16	3,09	2,85	0,26	15	250	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-29	Зал общей физподготовки	6,34	20,53	130,14	2,85	1,70	67	350	4150	CSVТ AVRORA	35	18	0,63
1-30	Раздевалочная (Ж)	2,87	9,31	26,74	2,85	0,77	45	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
1-31	Умывальня (Ж)	1,34	4,36	5,86	2,85	0,36	24	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075

Продолжение таблицы 2

№	Помещение	a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
1-32	Умывальня (М)	1,35	4,36	5,87	2,85	0,36	24	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-33	Раздевалочная (М)	2,47	8,02	19,83	2,85	0,66	41	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
1-34	Уборная (М)	1,06	3,44	3,65	2,85	0,28	17	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-35	Раздевалочная (М)	3,24	10,48	33,93	2,85	0,87	48	250	4150	CSVТ AVRORA	35	5	0,175
1-36	Умывальня (Ж)	1,32	4,26	5,61	2,85	0,35	23	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-37	Уборная и умывальня МГН	1,18	3,81	4,49	2,85	0,32	20	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-38	Уборная и умывальня МГН	1,16	3,76	4,36	2,85	0,31	20	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-39	Уборная (Ж)	1,10	3,56	3,91	2,85	0,29	18	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-40	Раздевалочная (Ж)	2,99	9,68	28,90	2,85	0,80	46	250	4150	CSVТ AVRORA	35	5	0,175
1-41	Уборная (Ж)	0,99	3,21	3,18	2,85	0,27	15	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-42	Бытовка	5,13	16,62	85,25	2,85	1,38	61	250	4150	CSVТ AVRORA	35	10	0,35
1-43	Переход	2,37	7,68	18,19	2,85	0,64	40	150	2150	CSVТ CUBO	30	4	0,12
1-44	Фильтрующая установка	5,13	16,61	85,19	2,85	1,37	61	150	4150	CSVТ AVRORA	35	6	0,21
1-46	Бытовка	6,82	22,08	150,48	2,85	1,83	69	150	4150	CSVТ AVRORA	35	9	0,315
1-47	Раздевалочная	3,52	11,42	40,22	2,85	0,94	51	250	4150	CSVТ AVRORA	35	6	0,21
1-48	Раздевалочная	3,72	12,06	44,90	2,85	1,00	52	250	4150	CSVТ AVRORA	35	6	0,21
1-49	Уборная	1,02	3,29	3,35	2,85	0,27	16	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-50	Умывальня	1,51	4,88	7,35	2,85	0,40	27	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075

Продолжение таблицы 2

№	Помещение	a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
1-51	Раздевалочная	3,86	12,52	48,35	2,85	1,04	53	250	4150	CSVТ AVRORA	35	7	0,245
1-52	Умывальня	1,53	4,97	7,63	2,85	0,41	27	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-53	Умывальня (Ж)	1,65	5,33	8,77	2,85	0,44	29	250	2600	CSVТ CLIO	25	4	0,1
1-54	Уборная (Ж)	1,05	3,42	3,60	2,85	0,28	17	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-55	Уборная (Ж)	1,05	3,41	3,59	2,85	0,28	17	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-56	Умывальня (Ж)	1,64	5,33	8,76	2,85	0,44	29	250	2600	CSVТ CLIO	25	4	0,1
1-57	Раздевалочная (Ж)	3,46	11,20	38,75	2,85	0,93	50	250	4150	CSVТ AVRORA	35	6	0,21
1-58	Умывальня (М)	1,15	3,73	4,29	2,85	0,31	19	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-59	Уборная (Ж)	1,00	3,24	3,24	2,85	0,27	15	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-60	Раздевалочная (Ж)	2,43	7,88	19,15	2,85	0,65	40	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
1-61	Раздевалочная (М)	2,43	7,86	19,07	2,85	0,65	40	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
1-62	Кроссфит	5,80	18,81	109,15	2,85	1,56	65	350	4150	CSVТ AVRORA	35	16	0,56
1-63	Хранилище мультимедийных устройств	3,76	12,17	45,69	2,85	1,01	53	100	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-64	Кабинет инструктора-методиста	2,29	7,42	16,97	2,85	0,61	39	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-65	Уборная	0,91	2,94	2,66	2,85	0,24	13	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-66	Умывальня	0,55	1,77	0,97	2,85	0,15	10	250	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
1-67	Кабинет инструктора-методиста	2,27	7,36	16,71	2,85	0,61	38	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105

Продолжение таблицы 2

№	Помещение	a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
1-68	Уборная	2,18	7,07	15,42	2,85	0,58	37	250	2600	CSVТ CLIO	25	5	0,125
1-69	Бытовка	1,83	5,93	10,86	2,85	0,49	32	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-70	Переход	4,48	14,51	64,98	2,85	1,20	58	150	2150	CSVТ CUBO	30	9	0,27
1-71	Уборная (М)	1,84	5,96	10,95	2,85	0,49	32	250	2600	CSVТ CLIO	25	4	0,1
1-72	Гардероб МГН	0,97	3,13	3,03	2,85	0,26	14	250	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-73	Уборная (М)	1,55	5,01	7,74	2,85	0,41	28	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
1-74	Уборная (Ж)	1,69	5,48	9,28	2,85	0,45	30	250	2600	CSVТ CLIO	25	4	0,1
1-75	Умывальня (Ж)	3,06	9,92	30,36	2,85	0,82	47	250	2600	CSVТ CLIO	25	7	0,175
1-76	Кабинет инструктора-методиста	1,82	5,89	10,70	2,85	0,49	32	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-77	Лифтовой вестибюль	1,07	3,47	3,72	2,85	0,29	17	150	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
1-78	Лестничная площадка 2.5	1,72	5,58	9,61	2,85	0,46	31	150	1100	CSVТ NOTA	8	5	0,04
1-80	Инвентарь футбольного корта	1,46	4,74	6,94	2,85	0,39	26	250	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-81	Аренда инвентаря	2,54	8,23	20,88	2,85	0,68	42	150	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-82	Уборная и умывальня для МГН	1,80	5,84	10,52	2,85	0,48	32	250	2600	CSVТ CLIO	25	4	0,1
1-83	Медпункт	2,80	9,06	25,33	2,85	0,75	44	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
1-84	Холл	7,69	24,90	191,39	2,85	2,06	73	350	4150	CSVТ AVRORA	35	25	0,875
1-85	Гардеробная	4,19	13,59	56,99	2,85	1,12	56	250	4150	CSVТ AVRORA	35	7	0,245
1-86	Телефон и интернет	1,76	5,71	10,07	2,85	0,47	31	150	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07

Продолжение таблицы 2

№	Помещение	a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
1-87	Подсобка	1,19	3,87	4,62	2,85	0,32	20	100	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
1-88	Лифтовой вестибюль	1,68	5,43	9,11	2,85	0,45	30	150	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-89	Лестничная площадка 2.4	2,63	8,53	22,48	2,85	0,71	43	150	1100	CSVТ NOTA	8	8	0,064
1-91	Предбанник	2,17	7,03	15,25	2,85	0,58	37	250	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-92	Лестничная площадка 2.3	3,01	9,76	29,40	2,85	0,81	46	150	1100	CSVТ NOTA	8	10	0,08
1-93	Уборная	1,02	3,29	3,35	2,85	0,27	16	250	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
1-94	Клининг	1,00	3,24	3,24	2,85	0,27	15	100	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
1-96	Бытовка	2,79	9,03	25,15	2,85	0,75	44	150	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
1-97	Бытовка	1,80	5,82	10,46	2,85	0,48	32	150	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
2-01	Спортзал	6,71	21,74	145,90	5,70	0,90	49	350	7250	CSVТ UNIVERSAL	200	16	3,2
2-02	Помещение рабочих по комплексному обслуживанию	2,59	8,38	21,70	2,85	0,69	42	150	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
2-03	Лестничная площадка 2.1	2,43	7,87	19,12	2,85	0,65	40	150	1100	CSVТ NOTA	8	8	0,064
2-04	Переход	1,22	3,97	4,86	2,85	0,33	21	150	2150	CSVТ CUBO	30	2	0,06
2-05	Массажный кабинет	2,90	9,41	27,31	2,85	0,78	45	350	4150	CSVТ AVRORA	35	6	0,21
2-06	Аквазона	16,66	53,99	899,55	7,35	1,73	68	750	2400	CSVТ NOTA	150	72	10,8
2-07	Хозинвентарное помещение	1,57	5,08	7,96	2,85	0,42	28	150	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07

Продолжение таблицы 2

№	Помещение	a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
2-08	Раздевалочная (М)	4,91	15,91	78,08	2,85	1,32	60	250	4150	CSVТ AVRORA	35	9	0,315
2-09	Умывальня	2,12	6,86	14,54	2,85	0,57	36	250	2600	CSVТ CLIO	25	5	0,125
2-10	Уборная (М)	1,51	4,90	7,41	2,85	0,41	27	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
2-11	Уборная и умывальня для МГН	1,38	4,47	6,18	2,85	0,37	24	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
2-12	Лестничная площадка 2.2	2,43	7,87	19,12	2,85	0,65	40	150	1100	CSVТ NOTA	8	8	0,064
2-13	Уборная и умывальня для МГН	1,38	4,47	6,17	2,85	0,37	24	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
2-14	Уборная (Ж)	1,51	4,90	7,41	2,85	0,41	27	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
2-15	Раздевалочная (Ж)	4,51	14,63	66,04	2,85	1,21	58	250	4150	CSVТ AVRORA	35	8	0,28
2-16	Умывальня	2,12	6,87	14,55	2,85	0,57	36	250	2600	CSVТ CLIO	25	5	0,125
2-17	Гимнастический зал	6,92	22,43	155,26	5,70	0,93	50	350	7250	CSVТ UNIVERSAL	100	17	1,7
2-18	Умывальня с санузлом	1,36	4,42	6,02	2,85	0,37	24	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
2-19	Место общего пользования	1,27	4,11	5,21	2,85	0,34	22	50	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
2-20	Кабинет инструктора-методиста	2,76	8,93	24,60	2,85	0,74	44	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
2-21	Кабинет инструктора-методиста	2,66	8,62	22,93	2,85	0,71	43	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
2-22	Переход	1,18	3,81	4,48	2,85	0,32	20	150	2150	CSVТ CUBO	30	2	0,06
2-23	Хозинвентарное помещение	1,57	5,08	7,98	2,85	0,42	28	100	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
2-24	Хозинвентарное помещение	1,37	4,45	6,12	2,85	0,37	24	100	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
3-01	Вентиляция В3.01	5,45	17,67	96,39	2,85	1,46	63	100	4150	CSVТ AVRORA	35	5	0,175

Продолжение таблицы 2

№	Помещение	a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
3-02	Лестничная площадка 3.1	2,37	7,69	18,25	2,85	0,64	40	100	1100	CSVТ NOTА	8	5	0,04
3-03	Переход	4,90	15,88	77,84	2,85	1,31	60	150	2150	CSVТ CUBO	30	10	0,3
3-05	Переход	4,85	15,72	76,29	2,85	1,30	60	150	2150	CSVТ CUBO	30	10	0,3
3-06	Лестничная площадка 3.2	2,37	7,69	18,23	2,85	0,64	40	150	1100	CSVТ NOTА	8	7	0,056
3-07	Вентиляция В3.7	5,49	17,79	97,67	2,85	1,47	63	100	4150	CSVТ AVRORA	35	5	0,175
3-08	Вентиляция ПЗ.8	3,02	9,79	29,60	2,85	0,81	46	100	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
3-09	Вентиляция ПЗ.9	2,12	6,87	14,58	2,85	0,57	37	100	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
3-10	Вентиляция ПЗ.10	4,33	14,03	60,79	2,85	1,16	57	100	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
3-11	Камера подготовки воздуха	1,03	3,32	3,41	2,85	0,28	16	100	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
3-12	Камера подготовки воздуха	1,54	4,99	7,70	2,85	0,41	28	100	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
3-13	Вентиляция ПЗ.13	3,03	9,81	29,69	2,85	0,81	47	100	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
3-14	Вентиляция ПЗ.14	4,33	14,03	60,78	2,85	1,16	57	100	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
3-15	Вентиляция ПЗ.15	2,17	7,03	15,26	2,85	0,58	37	100	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
3-16	Камера подготовки воздуха	1,57	5,08	7,97	2,85	0,42	28	100	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
3-17	Камера подготовки воздуха	1,05	3,41	3,59	2,85	0,28	17	100	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035
3-18	Уборная МГН	2,04	6,61	13,48	2,85	0,55	35	250	2600	CSVТ CLIO	25	5	0,125
3-19	Уборная (М)	2,08	6,75	14,07	2,85	0,56	36	250	2600	CSVТ CLIO	25	5	0,125
3-20	Уборная (Ж)	2,05	6,65	13,65	2,85	0,55	36	250	2600	CSVТ CLIO	25	5	0,125
3-21	Разгрузочная	1,17	3,78	4,41	2,85	0,31	20	150	4150	CSVТ AVRORA	35	1	0,035

Продолжение таблицы 2

№	Помещение	a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
3-22	Зал бильярда	7,61	24,67	187,80	2,85	2,04	72	450	4150	CSVТ AVRORA	35	31	1,085
3-23	Лестничная площадка 3.5	1,72	5,58	9,62	2,85	0,46	31	150	1100	CSVТ NOTA	8	5	0,04
3-24	Кафетерий	3,64	11,81	43,03	2,85	0,98	52	350	4150	CSVТ AVRORA	35	8	0,28
3-25	Лестничная площадка 3.3	2,64	8,56	22,64	2,85	0,71	43	150	1100	CSVТ NOTA	8	8	0,064
3-26	Зал настольного тенниса	12,61	40,87	515,43	5,70	1,69	67	450	7250	CSVТ UNIVERSAL	100	6	0,6
3-27	Лестничная площадка 3.4	2,64	8,56	22,63	2,85	0,71	43	150	4150	CSVТ AVRORA	35	3	0,105
3-28	Лифтовой вестибюль	1,13	3,68	4,17	2,85	0,30	19	250	4150	CSVТ AVRORA	35	2	0,07
3-30	Администрация	2,73	8,85	24,15	2,85	0,73	44	350	4150	CSVТ AVRORA	35	6	0,21
3-31	Канцелярия	1,85	5,98	11,03	2,85	0,49	33	350	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
3-32	Офис	2,36	7,64	18,00	2,85	0,63	39	250	4150	CSVТ AVRORA	35	4	0,14
3-33	Переход	2,43	7,87	19,14	2,85	0,65	40	150	2150	CSVТ CUBO	30	4	0,12
–	Футбольный корт	45,00	30,00	1350	5,70	3,16	85	400	7250	CSVТ UNIVERSAL	64	97	6,208
–	Универсальный спортзал	47,50	30,32	1440	7,35	2,52	78	400	7250	CSVТ UNIVERSAL	64	112	7,168
–	Аварийное и рабочее освещение	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	48,45
–	Наружное освещение	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15,24
–	Итоговая нагрузка освещения	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	63,69

Общая нагрузка освещения курортного комплекса составляет нагрузку 63,69 кВт.

Светильник типа CSVТ CLIO используется в помещениях с повышенной влажностью и имеет степень защиты IP65 [3].

1.5 Выбор числа и мощности трансформаторов

На курортном комплексе используются электроприемники различных категорий надежности электроснабжения. Ранее принято, что комплекс имеет вторую категорию надежности электроснабжения.

Курортный комплекс получает электроэнергию от внешней сети 10 кВ. Система заземления комплекса – типа TN-C-S [22].

Рассчитаем мощности трансформаторов исходя из категории надежности курортного комплекса и его результирующей нагрузки [21].

Полная мощность трансформатора:

$$S_{p.т} = \frac{S_{p.Σ}}{k_{з.т} \cdot N_t} \quad (8)$$
$$S_{p.т} = \frac{845,04}{0,7 \cdot 2} = 603,6 \text{ кВА}$$

Принимаем два трансформатора ТМГ-630/10/0,4. Коэффициент загрузки на трансформатор составляет 0,67.

Вывод по разделу.

Полная мощность курортного комплекса составила 845,04 кВА с учетом установки 2×УКРМ 0,4-200-20. Поэтому приняты к установке два трансформатора ТМГ-630/10/0,4.

2 Расчет токов КЗ

Расчетные токи КЗ необходимо определить с использованием нормативных документов. Рекомендуется рассчитывать в относительных единицах (о.е.). Схемы расчетная и замещения отражены на рисунке 2 слева и справа соответственно.

«Мощность трехфазного короткого замыкания сети с $S_c=500$ МВА, $U_6=10,5$ кВ, $S_6=1000$ МВА» [7].

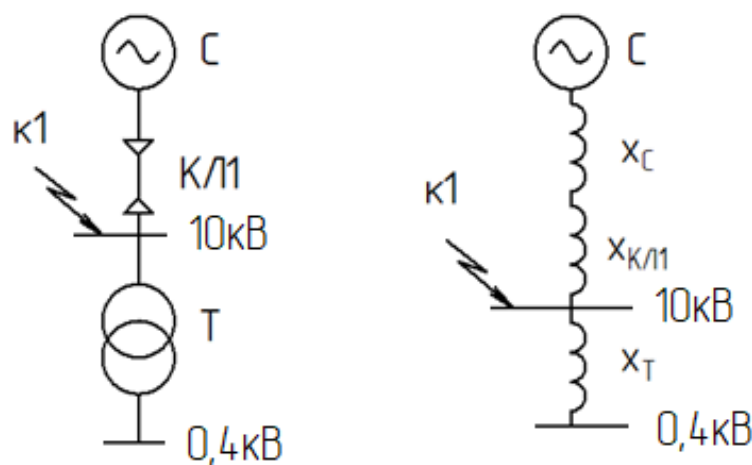


Рисунок 2 – Схемы расчетная и замещения

Ток от системы до ТП:

$$I_{c-т} = \frac{S_{н.т}}{\sqrt{3} \cdot U}, \quad (9)$$
$$I_{c-т} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,99 \text{ А.}$$

«Для электроснабжения комплекса проложим в траншее кабельную линию с поясной бумажной изоляцией (пропитанная вязким изоляционным составом) и алюминиевыми жилами» [10].

«Число часов использования максимума нагрузки в год составляет от 3000 до 5000. Сечение по экономической плотности тока $J_{э\kappa}=1,1$ А/мм²» [13]:

$$S_{\text{с-т}} = \frac{I_{\text{с-т}}}{J_{\text{эк}}}, \quad (10)$$

$$S_{\text{с-т}} = \frac{54,99}{1,1} = 49,99 \text{ мм}^2.$$

Для кабеля ААБл 3×50-10 допустимый ток составляет 132 А по каталогу, поэтому принимаем именно его [9],[16].

«Активное сопротивление кабеля $r_{\text{уд-1}}=0,62 \text{ Ом/км}$ и индуктивное сопротивление кабеля $x_{\text{уд-1}}=0,09 \text{ Ом/км}$ » [10]. Длина КЛ от точки подключения до ТП составляет $l_{\text{кл-1}}=700 \text{ м}$ [17].

«Суммарное активное и индуктивное сопротивление до точки К-1: $x_{\text{к-1}}=63 \text{ мОм}$; $r_{\text{к-1}}=434 \text{ мОм}$ » [2].

Сопротивления катушек и контактов автоматических выключателей (АВ), трансформаторов тока (ТТ) занесем в таблицу 3 далее. Также данные сопротивления представим на рисунке 3.

«Пересчитанное сопротивление к ступени НН:

$$x_{\text{стНН}} = x_{\text{стВН}} \cdot \frac{U_{\text{НН}}^2}{U_{\text{ВН}}^2} \quad (11)$$

Реактивное сопротивление ТМГ-630/10/0,4» [6]:

$$x_{\text{т}} = \sqrt{u_{\text{кз.т}}^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{\text{кз.т}}}{S_{\text{н.т}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НН}}^2}{S_{\text{н.т}}} \cdot 10^4 \quad (12)$$

$$x_{\text{т}} = \sqrt{5,4^2 - \left(\frac{100 \cdot 10,7}{630} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^4 = 8,47 \text{ мОм}$$

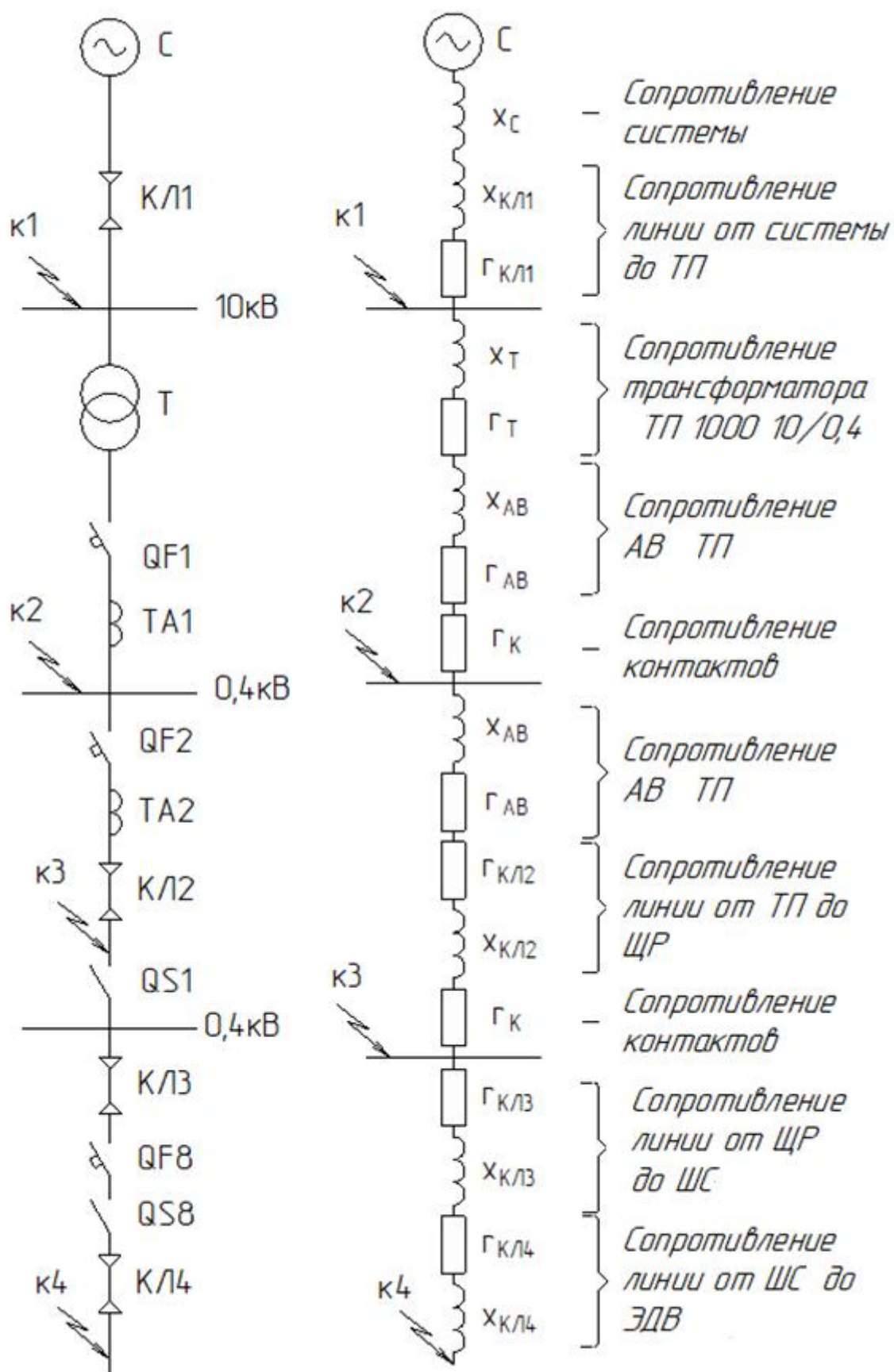


Рисунок 3 – Полные схемы замещения и расчетная

«Активное сопротивление ТМГ-630/10/0,4:

$$r_T = \frac{P_{K3} \cdot U_{HH}^2}{S_T^2} \cdot 10^6 \quad (13)$$

$$r_T = \frac{10,7 \cdot 0,4^2}{630^2} \cdot 10^6 = 1,71 \text{ мОм}$$

Активное и индуктивное сопротивления от системы до точки К-2:

$$r_{K-2} = r_{K-1} + r_{KL-2} + r_{Tp} + r_{ав} + r_{KB-2} + r_{TT-2} \quad (14)$$

$$x_{K-2} = x_{K-1} + x_{KL-2} + x_{Tp} + x_{KB-2} + x_{TT-2} \quad (15)$$

Значения составляющих цепи представлены в таблице 3.

Суммарное активное и индуктивное сопротивление до точки К-2: $x_{K-2} = 20,79 \text{ мОм}$, $r_{K-2} = 22,73 \text{ мОм}$ » [2].

«Начальное действующее значение периодической составляющей трехфазного тока КЗ без учета подпитки от электродвигателей» [2]:

$$I_{n0.K-i} = \frac{U_H}{\sqrt{3 \cdot (r_{K-i}^2 + x_{K-i}^2)}} \quad (16)$$

$$I_{n0.K-i} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot (22,73^2 + 20,79^2)}} = 7,5 \text{ кА}$$

«Угол сдвига по фазе напряжения (ЭДС источника) и периодической составляющей тока КЗ» [2]:

$$\delta_i = \arctg \left(\frac{x_{K-i}}{r_{K-i}} \right) \quad (17)$$

$$\delta_i = \arctg \left(\frac{20,79}{22,73} \right) = 0,74$$

«Время от начала КЗ до появления ударного тока:

$$\chi_i = 0,01 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + \delta_i}{\pi} \quad (18)$$

$$\chi_i = 0,01 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + 0,74}{\pi} = 7,36 \text{ мс}$$

Постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ»
[2]:

$$T_{n.K-i} = \frac{x_{K-i}}{r_{K-i} \cdot \omega} \quad (19)$$

$$T_{n.K-i} = \frac{20,79}{22,73 \cdot 314} = 2,91 \text{ мс}$$

«Ударный коэффициент:

$$K_{уд.K-i} = 1 + \sin \delta_i \cdot e^{\frac{-\chi_i}{T_{n.K-i}}} \quad (20)$$

$$K_{уд.K-i} = 1 + \sin(0,74) \cdot e^{\frac{-7,36}{2,91}} = 1,05$$

Ударный ток:

$$i_{уд.K-i} = \sqrt{2} \cdot I_{n0.K-i} \cdot K_{уд.K-i} \quad (21)$$

$$i_{уд.K-i} = \sqrt{2} \cdot 7,5 \cdot 1,05 = 11,18 \text{ кА}$$

Токи КЗ точек К-3 и К-4 проведем аналогично и внесем результаты в таблицу 3» [2].

Таблица 3 – Расчет трехфазных КЗ курортного комплекса

Точка	Элемент цепи	r_{K-i}	x_{K-i}	$I_{n0.K-i}$	δ_i	χ_i	$T_{n.K-i}$	$K_{уд.K-i}$	$i_{уд.K-i}$
		МОм		кА	рад	10^{-3} с	мс	—	кА
К-1	С	—	220,50	—					
	КЛ-1	434	63						
	Σ -1	434	283,50	11,69	—	—	—	1,4	23,15
К-2	К-1 приведенное к НН	0,63	0,41	—					
	Тр	1,71	8,47						
	КЛ-2	19,5	11,55						
	КВ-2	0,11	—						
	АВ-2	0,66	0,18						
	ТТ-2	0,12	0,18						
	Σ -2	22,73	20,79	7,5	0,74	7,36	2,91	1,05	11,18
К-3	КЛ-3	14,3	8,47	—					
	КВ-3	0,14	—						
	АВ-3	1,21	0,61						
	ТТ-3	0,34	0,69						
	Σ -3	38,72	30,56	4,68	0,67	7,13	2,51	1,04	6,86
К-4	КЛ-4	6,5	3,85	—					
	КВ-4	0,12	—						
	АВ-4	1,32	0,72						
	ТТ-4	0,75	1,2						
	Σ -4	47,41	36,33	3,87	0,65	7,07	2,44	1,03	5,66

Выводы по разделу

Максимальный ударный ток, зафиксированный в сети выше 1 кВ, составил 23,15 кА, а в сети до 1 кВ – 11,18 кА.

3 Выбор оборудования

3.1 Проверочный расчет силовых выключателей, разъединителей и трансформаторов тока

Для проверки электрооборудования 2КТП-630/10/0,4 киоскового типа [12] рассчитаем термическую и электродинамическую стойкости. Используем для расчета точку К-2, так как она имеет наибольшие значения токов.

Ток термической стойкости точки К-2:

$$B_{K-2} = I_{n0.K-2}^2 (T_{n.K-2} + t_{п.в}) \quad (22)$$
$$B_{K-2} = 7,5^2 \cdot (2,91 + 30) \cdot 10^{-3} = 1,85 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

«Время действия релейной защиты:

$$\gamma = t_{рз} + t_{сво} \quad (23)$$
$$\gamma = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ с}$$

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

$t_{сво}$ – время срабатывания выключателя на отключение, с» [19].

«Максимальное значение аperiodической составляющей тока КЗ» [19]:

$$i_{a\gamma.K-2} = \sqrt{2} \cdot I_{n0.K-2} \cdot e^{\frac{-\gamma}{T_{n.K-2}}} \quad (24)$$
$$i_{a\gamma.K-2} = \sqrt{2} \cdot 7,5 \cdot 2,72^{\frac{-0,05}{2,91}} = 3,84 \text{ кА}$$

«Номинальное значение аperiodической составляющей» [19]:

$$i_{ан} = \sqrt{2} \cdot I_{\delta} \cdot (1 + e^{-22,5 \cdot \gamma}) \quad (25)$$
$$i_{ан} = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 2,72^{-22,5 \cdot 0,05}) = 37,46 \text{ кА}$$

где I_{δ} –ток отключения выключателя, кА.

Результаты расчета представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Проверка параметров

Расчетный параметр	Сравниваемый параметр	Автоматический выключатель	Трансформатор тока	Разъединитель
$I_{\max}=1519 \text{ А}$	$I_{\text{раб}}$	1600 А	1600 А	1600 А
$I_{n.0}=7,5 \text{ кА}$	I_{δ}	20 кА	–	–
$i_{\alpha\gamma}=3,84 \text{ кА}$	$i_{a..н}$	37,46 кА	–	–
$i_{уд}=18,37 \text{ кА}$	$i_{\text{пр.с}}$	52 кА	50 кА	50 кА
$B_K=1,85 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{K.\text{ном}}$	$20 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$20 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$20 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Проверка пройдена. Выберем КЛ для курортного комплекса.

3.2 Выбор кабелей

Для соблюдения требований пожаробезопасности выберем кабели для прокладки в помещениях типа ВВГнг(А)-FRLS [4].

Схема прокладки КЛ распределительной сети представлена на чертеже [5]. Автоматические выключатели выбираем исходя из сечений кабелей [1]. В таблице 5 приведены результаты расчета площадей сечения кабелей и автоматических выключателей.

Таблица 5 – Расчет площадей сечения кабелей, потерь напряжения и выбор автоматических выключателей осветительной сети

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
1-01	Помещение электротехнического персонала	0,175	0,28	0,25	1,5	21	12,62	0,129	36	0,055%	C6
1-02	Прачечная	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	19	0,012%	C6
1-03	Уборная (М)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,008%	C6
1-04	Инвентарь для бассейна	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	24	0,015%	C6
1-05	Умывальня (М)	0,1	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	17	0,015%	C6
1-06	Касса	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	19	0,017%	C6
1-07	Комната охраны	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	21	0,019%	C6
1-08	Переход	0,12	0,19	0,17	1,5	21	12,62	0,129	26	0,028%	C6
1-09	Переход	0,09	0,14	0,13	1,5	21	12,62	0,129	20	0,016%	C6
1-10	Лестничная площадка 1.1	0,08	0,13	0,12	1,5	21	12,62	0,129	26	0,018%	C6
1-11	Предбанник	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	10	0,006%	C6
1-12	Уборная	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,007%	C6
1-13	ИТП	0,21	0,34	0,31	1,5	21	12,62	0,129	40	0,074%	C6
1-14	Серверная	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	19	0,018%	C6
1-15	Зал занятия йогой	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	20	0,018%	C6
1-16	Кабинет инструктора-методиста	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	19	0,018%	C6
1-17	Гардероб общего пользования	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	21	0,019%	C6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	AB
1-18	Бытовка	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	29	0,036%	C6
1-19	Узел водоподготовки	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	21	0,019%	C6
1-20	Ремонтное помещение	0,21	0,34	0,31	1,5	21	12,62	0,129	37	0,069%	C6
1-21	Пожарная и охранная автоматика	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	26	0,032%	C6
1-22	Переход	0,45	0,72	0,65	1,5	21	12,62	0,129	67	0,267%	C6
1-23	Помещение подачи воды на собственные нужды	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	36	0,034%	C6
1-24	Помещение водоподготовительного оборудования	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	27	0,025%	C6
1-25	Помещение дезинфекции	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	20	0,013%	C6
1-26	Мастерская инженерных сооружений комплекса	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	19	0,012%	C6
1-27	Лестничная площадка 1.2	0,056	0,09	0,08	1,5	21	12,62	0,129	26	0,013%	C6
1-28	Предбанник	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	11	0,007%	C6
1-29	Зал общей физподготовки	0,63	1,01	0,92	1,5	21	12,62	0,129	68	0,381%	C6
1-30	Раздевалочная (Ж)	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	31	0,038%	C6
1-31	Умывальня (Ж)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	15	0,010%	C6
1-32	Умывальня (М)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	15	0,010%	C6
1-33	Раздевалочная (М)	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	27	0,033%	C6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	AB
1-34	Уборная (М)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,008%	C6
1-35	Раздевалочная (М)	0,175	0,28	0,25	1,5	21	12,62	0,129	35	0,054%	C6
1-36	Умывальня (Ж)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	14	0,009%	C6
1-37	Уборная и умывальня МГН	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	13	0,008%	C6
1-38	Уборная и умывальня МГН	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	13	0,008%	C6
1-39	Уборная (Ж)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	12	0,008%	C6
1-40	Раздевалочная (Ж)	0,175	0,28	0,25	1,5	21	12,62	0,129	32	0,050%	C6
1-41	Уборная (Ж)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,007%	C6
1-42	Бытовка	0,35	0,56	0,51	1,5	21	12,62	0,129	55	0,171%	C6
1-43	Переход	0,12	0,19	0,17	1,5	21	12,62	0,129	26	0,027%	C6
1-44	Фильтрующая установка	0,21	0,34	0,31	1,5	21	12,62	0,129	55	0,103%	C6
1-46	Бытовка	0,315	0,50	0,46	1,5	21	12,62	0,129	74	0,205%	C6
1-47	Раздевалочная	0,21	0,34	0,31	1,5	21	12,62	0,129	38	0,071%	C6
1-48	Раздевалочная	0,21	0,34	0,31	1,5	21	12,62	0,129	40	0,075%	C6
1-49	Уборная	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,007%	C6
1-50	Умывальня	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	16	0,011%	C6
1-51	Раздевалочная	0,245	0,39	0,36	1,5	21	12,62	0,129	42	0,090%	C6
1-52	Умывальня	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	17	0,011%	C6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
1-53	Умывальня (Ж)	0,1	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	18	0,016%	С6
1-54	Уборная (Ж)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,008%	С6
1-55	Уборная (Ж)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,008%	С6
1-56	Умывальня (Ж)	0,1	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	18	0,016%	С6
1-57	Раздевалочная (Ж)	0,21	0,34	0,31	1,5	21	12,62	0,129	37	0,069%	С6
1-58	Умывальня (М)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	12	0,008%	С6
1-59	Уборная (Ж)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,007%	С6
1-60	Раздевалочная (Ж)	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	26	0,032%	С6
1-61	Раздевалочная (М)	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	26	0,032%	С6
1-62	Кроссфит	0,56	0,90	0,81	1,5	21	12,62	0,129	63	0,310%	С6
1-63	Хранилище мультимедийных устройств	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	41	0,038%	С6
1-64	Кабинет инструктора-методиста	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	25	0,023%	С6
1-65	Уборная	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	10	0,006%	С6
1-66	Умывальня	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	6	0,002%	С6
1-67	Кабинет инструктора-методиста	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	25	0,023%	С6
1-68	Уборная	0,125	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	24	0,026%	С6
1-69	Бытовка	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	20	0,018%	С6
1-70	Переход	0,27	0,43	0,39	1,5	21	12,62	0,129	48	0,115%	С6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	AB
1-71	Уборная (М)	0,1	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	20	0,018%	C6
1-72	Гардероб МГН	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	10	0,006%	C6
1-73	Уборная (М)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	17	0,011%	C6
1-74	Уборная (Ж)	0,1	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	18	0,016%	C6
1-75	Умывальня (Ж)	0,175	0,28	0,25	1,5	21	12,62	0,129	33	0,051%	C6
1-76	Кабинет инструктора-методиста	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	20	0,018%	C6
1-77	Лифтовой вестибюль	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	12	0,004%	C6
1-78	Лестничная площадка 2.5	0,04	0,06	0,06	1,5	21	12,62	0,129	19	0,007%	C6
1-80	Инвентарь футбольного корта	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	16	0,010%	C6
1-81	Аренда инвентаря	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	27	0,017%	C6
1-82	Уборная и умывальня для МГН	0,1	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	19	0,017%	C6
1-83	Медпункт	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	30	0,037%	C6
1-84	Холл	0,875	1,40	1,27	1,5	21	12,62	0,129	83	0,641%	C6
1-85	Гардеробная	0,245	0,39	0,36	1,5	21	12,62	0,129	45	0,098%	C6
1-86	Телефон и интернет	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	19	0,012%	C6
1-87	Подсобка	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	13	0,004%	C6
1-88	Лифтовой вестибюль	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	18	0,011%	C6
1-89	Лестничная площадка 2.4	0,064	0,10	0,09	1,5	21	12,62	0,129	28	0,016%	C6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
1-91	Предбанник	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	23	0,022%	С6
1-92	Лестничная площадка 2.3	0,08	0,13	0,12	1,5	21	12,62	0,129	33	0,023%	С6
1-93	Уборная	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	11	0,007%	С6
1-94	Клининг	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	11	0,003%	С6
1-96	Бытовка	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	30	0,028%	С6
1-97	Бытовка	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	19	0,012%	С6
2-01	Спортзал	3,2	5,12	4,65	1,5	21	12,62	0,129	72	2,047%	С6
2-02	Помещение рабочих по комплексному обслуживанию	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	28	0,026%	С6
2-03	Лестничная площадка 2.1	0,064	0,10	0,09	1,5	21	12,62	0,129	26	0,015%	С6
2-04	Переход	0,06	0,10	0,09	1,5	21	12,62	0,129	13	0,007%	С6
2-05	Массажный кабинет	0,21	0,34	0,31	1,5	21	12,62	0,129	31	0,058%	С6
2-06	Аквазона	10,8	17,27	15,70	25	106	0,72	0,058	180	1,045%	С2 5
2-07	Хозинвентарное помещение	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	17	0,010%	С6
2-08	Раздевалочная (М)	0,315	0,50	0,46	1,5	21	12,62	0,129	53	0,147%	С6
2-09	Умывальня	0,125	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	23	0,025%	С6
2-10	Уборная (М)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	16	0,011%	С6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	AB
2-11	Уборная и умывальня для МГН	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	15	0,010%	C6
2-12	Лестничная площадка 2.2	0,064	0,10	0,09	1,5	21	12,62	0,129	26	0,015%	C6
2-13	Уборная и умывальня для МГН	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	15	0,010%	C6
2-14	Уборная (Ж)	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	16	0,011%	C6
2-15	Раздевалочная (Ж)	0,28	0,45	0,41	1,5	21	12,62	0,129	49	0,121%	C6
2-16	Умывальня	0,125	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	23	0,025%	C6
2-17	Гимнастический зал	1,7	2,72	2,47	4	36	4,66	0,098	75	0,418%	C6
2-18	Умывальня с санузлом	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	15	0,010%	C6
2-19	Место общего пользования	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	14	0,004%	C6
2-20	Кабинет инструктора-методиста	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	30	0,037%	C6
2-21	Кабинет инструктора-методиста	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	29	0,036%	C6
2-22	Переход	0,06	0,10	0,09	1,5	21	12,62	0,129	13	0,007%	C6
2-23	Хозинвентарное помещение	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	17	0,005%	C6
2-24	Хозинвентарное помещение	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	15	0,005%	C6
3-01	Вентиляция В3.01	0,175	0,28	0,25	1,5	21	12,62	0,129	59	0,091%	C6
3-02	Лестничная площадка 3.1	0,04	0,06	0,06	1,5	21	12,62	0,129	26	0,009%	C6
3-03	Переход	0,3	0,48	0,44	1,5	21	12,62	0,129	53	0,140%	C6
3-05	Переход	0,3	0,48	0,44	1,5	21	12,62	0,129	52	0,139%	C6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
3-06	Лестничная площадка 3.2	0,056	0,09	0,08	1,5	21	12,62	0,129	26	0,013%	С6
3-07	Вентиляция В3.7	0,175	0,28	0,25	1,5	21	12,62	0,129	59	0,092%	С6
3-08	Вентиляция ПЗ.8	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	33	0,020%	С6
3-09	Вентиляция ПЗ.9	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	23	0,014%	С6
3-10	Вентиляция ПЗ.10	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	47	0,043%	С6
3-11	Камера подготовки воздуха	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	11	0,003%	С6
3-12	Камера подготовки воздуха	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	17	0,005%	С6
3-13	Вентиляция ПЗ.13	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	33	0,020%	С6
3-14	Вентиляция ПЗ.14	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	47	0,043%	С6
3-15	Вентиляция ПЗ.15	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	23	0,014%	С6
3-16	Камера подготовки воздуха	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	17	0,005%	С6
3-17	Камера подготовки воздуха	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	11	0,004%	С6
3-18	Уборная МГН	0,125	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	22	0,024%	С6
3-19	Уборная (М)	0,125	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	23	0,025%	С6
3-20	Уборная (Ж)	0,125	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	22	0,024%	С6
3-21	Разгрузочная	0,035	0,06	0,05	1,5	21	12,62	0,129	13	0,004%	С6
3-22	Зал бильярда	1,085	1,74	1,58	2,5	28	7,51	0,112	82	0,470%	С6
3-23	Лестничная площадка 3.5	0,04	0,06	0,06	1,5	21	12,62	0,129	19	0,007%	С6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	AB
3-24	Кафетерий	0,28	0,45	0,41	1,5	21	12,62	0,129	39	0,097%	C6
3-25	Лестничная площадка 3.3	0,064	0,10	0,09	1,5	21	12,62	0,129	29	0,016%	C6
3-26	Зал настольного тенниса	0,6	0,96	0,87	1,5	21	12,62	0,129	136	0,721%	C6
3-27	Лестничная площадка 3.4	0,105	0,17	0,15	1,5	21	12,62	0,129	29	0,026%	C6
3-28	Лифтовой вестибюль	0,07	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	12	0,008%	C6
3-30	Администрация	0,21	0,34	0,31	1,5	21	12,62	0,129	29	0,055%	C6
3-31	Канцелярия	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	20	0,025%	C6
3-32	Офис	0,14	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	25	0,031%	C6
3-33	Переход	0,12	0,19	0,17	1,5	21	12,62	0,129	26	0,028%	C6
—	Футбольный корт	6,208	9,93	9,03	10	62	1,83	0,075	220	1,805%	C1 6
—	Универсальный спортзал	7,168	11,46	10,42	16	82	1,14	0,065	228	1,355%	C1 6

Таблица 6 – Расчет площадей сечения кабелей, потерь напряжения и выбор автоматических выключателей силовых установок

РУ	Наименование электроустановки	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
2	Электроприводы приточновытяжной вентиляции	22,20	8,88	23,91	34,51	31,37	35	129	0,51	0,052	54	0,443%	C40
2	Воздухообрабатывающие установки	4,98	3,49	6,08	8,78	7,98	6	46	3,08	0,087	51	0,553%	C10
2	Электроприводы вентиляции дымоудаления	8,20	4,43	9,32	13,45	12,23	10	62	1,83	0,075	58	0,617%	C16
3	Оборудование рециркуляции воздуха	12,88	5,15	13,87	20,02	18,20	16	82	1,14	0,065	48	0,498%	C25
2	Телефонная и экстренная связь, интернет	12,00	15,60	19,68	28,41	25,83	25	106	0,72	0,058	39	0,258%	C32
2	Оборудование системы видеонаблюдения	16,00	17,76	23,90	34,50	31,36	35	129	0,51	0,052	42	0,266%	C40
2	Оборудование системы управления доступом	24,00	37,44	44,47	64,19	58,35	50	159	0,36	0,047	53	0,379%	C100
4	Система управления гостиничным программным обеспечением и серверная	15,00	32,40	35,70	51,53	46,85	50	159	0,36	0,047	20	0,095%	C63
3	Насосное оборудование водоснабжения	77,40	60,37	98,16	141,68	128,80	120	265	0,15	0,037	47	0,441%	C160
3	Дезинфекционная установка	5,40	4,64	7,12	10,28	9,35	10	62	1,83	0,075	27	0,192%	C16

Продолжение таблицы 6

РУ	Наименование электроустановки	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А	F_p , мм ²	$F_{п,2}$, мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/к м	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
3	Фильтрация и система обратного осмоса	7,20	4,46	8,47	12,23	11,12	10	62	1,83	0,075	37	0,347%	C16
3	Электрооборудование системы водоотведения	63,00	68,04	92,73	133,84	121,67	120	265	0,15	0,037	22	0,179%	C16 0
3	Насосное оборудование системы отопления	43,20	24,62	49,72	71,76	65,24	70	194	0,25	0,043	33	0,274%	C10 0
3	Розеточная сеть	37,80	26,46	46,14	66,60	60,55	50	159	0,36	0,047	55	0,561%	C10 0
3	Офисное оборудование и техника	24,12	16,88	29,44	42,49	38,63	35	129	0,51	0,052	28	0,257%	C63
3	Оборудование комнаты пищеприготовления	26,95	16,71	31,71	45,77	41,61	35	129	0,51	0,052	29	0,295%	C63
3	Спортивное оборудование для тренажерного зала	12,48	13,10	18,09	26,11	23,74	25	106	0,72	0,058	32	0,216%	C32
3	Бытовая техника прачечной	13,14	13,01	18,49	26,69	24,26	25	106	0,72	0,058	51	0,362%	C32
3	Станция подкачки	2,79	4,13	4,98	7,19	6,54	6	46	3,08	0,087	52	0,323%	C10
3	Фекальный насос	3,72	5,21	6,40	9,24	8,40	10	62	1,83	0,075	32	0,160%	C16
5	Охранная и пожарная автоматика	2,00	0,50	2,06	2,97	2,70	2,5	28	7,51	0,112	50	0,522%	C63
5	Сервопривод пожарного оборудования	2,00	0,50	2,06	2,97	2,70	2,5	28	7,51	0,112	29	0,303%	C63

Продолжение таблицы 6

РУ	Наименование электроустановки	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А	F_p , мм ²	$F_{п,2}$, мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
4	Гостевой лифт	14,08	22,53	26,57	38,35	34,86	35	129	0,51	0,052	45	0,262%	C63
4	Лифт для персонала	8,80	11,18	14,23	20,54	18,67	16	82	1,14	0,065	36	0,268%	C25
4	Спринклерная система	16,40	21,32	26,90	38,83	35,30	35	129	0,51	0,052	47	0,310%	C63
4	Пожарный насос	17,04	27,26	32,15	46,40	42,18	35	129	0,51	0,052	53	0,373%	C63
2	Осушитель для бассейна	29,60	69,86	75,87	109,51	99,55	95	231	0,19	0,039	46	0,262%	C16 0
2	Канальный осушитель	25,20	32,76	41,33	59,65	54,23	50	159	0,36	0,047	40	0,292%	C63
3	Автоматика осушителей воздуха	2,46	2,36	3,41	4,92	4,47	4	36	4,66	0,098	22	0,178%	C6
2	Дренажное оборудование системы кондиционирования	4,27	9,22	10,16	14,66	13,33	16	82	1,14	0,065	30	0,113%	C16
2	Мульти-сплит система	20,80	53,87	57,75	83,35	75,77	70	194	0,25	0,043	54	0,283%	C10 0
2	Автоматика климатических систем	1,14	1,82	2,15	3,10	2,82	2,5	28	7,51	0,112	31	0,188%	C6
3	Защитная ппаратура и автоматика	1,50	0,72	1,66	2,40	2,18	2,5	28	7,51	0,112	51	0,401%	C6
5	Аварийное освещение	17,53	5,78	18,46	26,64	24,22	25	106	0,72	0,058	54	0,486%	C32
1	Наружное освещение	6,10	2,01	6,42	9,27	8,43	10	62	1,83	0,075	43	0,338%	C16
1	Рабочее освещение	18,68	6,16	19,67	28,39	25,81	25	106	0,72	0,058	23	0,220%	C32

Потери в КЛ являются допустимыми.

Вывод по разделу.

Для обеспечения надежности и бесперебойности электроснабжения курортного комплекса выбрана КТП киоскового типа. Силовое электрооборудование имеет следующие параметры:

- рабочий ток $I_{\text{раб}} = 1600 \text{ A}$;
- ток отключения $I_{\delta} = 20 \text{ кА}$;
- номинальное значение аperiodической составляющей выключателя $i_{\text{а.н}} = 37,46 \text{ кА}$;
- ток электродинамической стойкости $i_{\text{пр.с}} = 50\text{-}52 \text{ кА}$;
- ток термической стойкости $B_{\text{К.ном}} = 20 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$.

Для питания электроприемников выбраны кабели марки ВВГнг(А)-FRLS.

Рассчитаны сечения КЛ распределительной сети на стороне НН, а также выбраны соответствующие АВ.

4 Расчет заземления и молниезащиты

«PEN и РЕ-проводники многожильных кабелей питающей и распределительной сети являются защитными проводниками.

В электрощитовой установить контур защитного заземления из металлической полосы 25×4 на высоте 0,4...0,6 м от уровня пола» [23].

«Для расчета заземления применим общеизвестные формулы.

Сопротивление вертикально расположенного заземлителя:

$$R_{в.з} = \frac{\rho_{э.г}}{2\pi L_{в.з}} \left(\ln \frac{2L_{в.з}}{d_{в.з}} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot T_{в.з} + L_{в.з}}{4 \cdot T_{в.з} - L_{в.з}} \right), \quad (26)$$
$$R_{в.з} = \frac{95}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,9} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,9}{0,017} + 0,5 \cdot \ln \frac{8+2,9}{8-2,9} \right) = 33,4 \text{ Ом},$$

где $\rho_{э.г}$ – величина удельного сопротивления земли, Ом · м;

$L_{в.з}$ – длина вертикально расположенного заземлителя, м;

$d_{в.з}$ – диаметр вертикально расположенного заземлителя, м;

$T_{в.з}$ – заглубление, м» [13].

«Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_{г.з} = \frac{\rho_{э}}{2 \cdot \pi \cdot L_{г.з}} \cdot \ln \frac{2L_{г.з}^2}{b_{г.з} \cdot h_{г.з}}, \quad (27)$$
$$R_{г.з} = \frac{95}{2\pi \cdot 19,7} \cdot \ln \frac{2 \cdot 19,7^2}{0,06 \cdot 0,4} = 7,97 \text{ Ом},$$

где $b_{г.з}$ – ширина горизонтально расположенного заземлителя, м;

$h_{г.з}$ – заглубление горизонтальных заземлителей, м;

$L_{г.з}$ – длина горизонтально расположенного заземлителя, м» [13].

«Полное сопротивление заземляющего устройства (ЗУ):

$$R_{з.у} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\frac{k_{иi} n_i}{R_i}}, \quad (28)$$

$$R_{3,y} = \frac{1}{\frac{25 \cdot 0,68}{33,4} + \frac{1 \cdot 0,68}{7,97}} = 1,68 \text{ Ом},$$

где n_i – число комплектов;

k_{ni} – коэффициент использования» [13].

«Сопrotивление заземляющего устройства является допустимым, поскольку полученное значение составляет менее 4 Ом» [13].

«Тип системы заземления на вводе в здание – TN-C-S, а в распределительных и групповых сетях – TN-S» [13].

«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» [24].

«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:

- нулевой защитный PE- или PEN-проводник питающей линии в системе TN;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах IT и TT;

- заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п.» [13].

На рассматриваемом курортном комплексе отсутствуют места прохождения тока в местах с повышенной влажностью, поэтому дополнительная система уравнивания потенциалов не предусмотрена.

«Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине (1.7.119-1.7.120) при помощи проводников системы уравнивания потенциалов» [13].

«Здание относится к обычным объектам по опасности ударов молнии для самого объекта и его окружения (к III категории по устройству молниезащиты). Кровля здания выполнена плоской. В качестве молниеприемника применяется молниеприемная сетка из полосовой стали 25×4, которая располагается на кровле. Молниеприемная сетка укладывается под слоем утеплителя(несгораемого) и гидроизоляции. Шаг ячеек сетки не должен превышать 10×10м. Узлы стальной сетки соединяются посредством сварки. Полосы сетки проходят по краю крыши» [15].

Вывод по разделу.

Расчетные параметры заземления и молниезащиты соответствуют нормативным требованиям, не превышая предельно допустимых значений. Сопротивление заземляющего контура составляет менее 4 Ом, что соответствует требованиям ПУЭ.

Заключение

В данной работе разработана система электроснабжения курортного комплекса.

Расчеты начались с анализа нагрузок электроприемников курортного комплекса, на основании которого были определены суммарные нагрузки и подобраны трансформаторы. Выбор был сделан в пользу двух трансформаторов ТМГ-630/10/0,4, устанавливаемых в КТП киоскового типа выбранной с использованием каталожных данных. Использование готового решения КТП позволяет минимизировать затраты на электромонтажные работы.

Выполнен расчет токов КЗ для четырех точек. На стороне 10 кВ периодическая составляющая тока КЗ составила 11,69 кА, ударный ток – 23,15 кА. На стороне 0,4 кВ максимальные значения периодической составляющей и ударного тока составили 7,55 кА и 11,18 кА соответственно. Значения рассчитанных токов КЗ уменьшались по мере отдаления от источника короткого замыкания.

По результатам расчета токов КЗ было проверено соответствие оборудования, входящего в состав КТП, требованиям термической и электродинамической стойкости. Оборудование проверку прошло успешно. Далее, на стороне НН были подобраны КЛ и АВ с учетом расчетных токов. Потери в КЛ являются допустимыми.

На последнем этапе был произведен расчет заземления и молниезащиты курорта, отнесенного к III категории по устройству молниезащиты. Предприняты меры защиты от поражения электрическим током с учетом нормативных документов. Молниезащита выполнена в виде молниеприемной сетки. Расчет заземления включал определение сопротивления заземляющего устройства с учетом сопротивлений горизонтальных и вертикальных заземлителей. Итоговое сопротивление заземляющего устройства составило 1,68 Ом, что соответствует нормативным требованиям.

Список используемых источников

1. 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: 19.02.2025).
2. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением ниже 1 кВ [Электронный ресурс] : утв. приказом от 21.10.1993. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-28249-93> (дата обращения: 19.02.2025).
3. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс] : Межгосударственный стандарт утв. приказом №191-ст от 12.07.2012. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011> (дата обращения: 19.02.2025).
4. ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Межгосударственный стандарт утв. приказом №1097-ст от 22.11.2012. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения: 19.02.2025).
5. ГОСТ Р 50571.5.52-2011. Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки [Электронный ресурс] : Национальный стандарт РФ утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 13.12.2011 N 925-ст. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092622> (дата обращения: 19.02.2025).
6. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия [Электронный ресурс] : Национальный стандарт РФ утв. приказом №60-ст от 09.04.2007. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200050072> (дата обращения: 19.02.2025).
7. ГОСТ Р 52735-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением выше 1 кВ [Электронный ресурс] : утв. Приказом №173-ст от 12.12.2007. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200052838> (дата обращения: 19.02.2025).

8. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий [Электронный ресурс] : Национальный стандарт РФ утв. приказом №1364-ст от 08.11.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200105707> (дата обращения: 19.02.2025).

9. Кабель ААБл [Электронный ресурс] : Официальный сайт ЭлектроКомплект-Сервис. URL: <https://e-ks.ru/> (дата обращения: 19.02.2025).

10. Кабель АПВ [Электронный ресурс] : Официальный сайт поставщика кабельной продукции. URL: <https://k-ps.ru/> (дата обращения: 19.02.2025).

11. Каталог светильников «CSVT» [Электронный ресурс] : Официальный сайт ЗАО «Центрстройсвет». URL: <https://csvt.ru/production/> (дата обращения: 19.02.2025).

12. Комплектные трансформаторные подстанции [Электронный ресурс] : Официальный сайт акционерного общества «Группа компаний «Электрощит»-ТМ Самара». URL: <https://www.electroshield.ru/catalog/komplektnie-transformatornie-podstancii/kt-pilot/> (дата обращения: 19.02.2025).

13. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. Л.Л. Жданова, Н. В. Олышанская. М.: НЦ ЭНАС, 2013. 104 с.

14. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей [Электронный ресурс] : Руководящий документ утв. приказом №213 от 07.07.1994. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004921> (дата обращения: 19.02.2025).

15. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс] : Инструкция утв. приказом №280 от 30.06.2003. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения: 19.02.2025).

16. 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: 19.02.2025).

17. 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. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139957> (дата обращения: 19.02.2025).

18. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс] : Свод правил по проектированию и строительству утв. приказом №194 от 26.10.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения: 19.02.2025).

19. Требования к релейной защите [Электронный ресурс] : интернет-сайт. URL: <https://pue8.ru/relejnaya-zashchita/238-trebovaniya-k-relejnoj-zashchite.html> (дата обращения: 19.02.2025).

20. Benthous M. A Coupled technological-sociological model for national electrical energy supply systems including sustainability. Energy, Sustainability and Society Vol. 9, №1. 2019. p.1-16.

21. Donoso P., Schurch R., Ardila J., Orellana L. Analysis of Partial Discharges in Electrical Tree Growth Under Very Low Frequency (VLF) Excitation Through Pulse Sequence and Nonlinear Time Series Analysis. IEEE Access Vol. 8. 2020. p.673-684.

22. Escrivá-Escrivá G., Roldán-Blay C., Roldán-Porta C., Serrano-Guerrero X. Occasional Energy Reviews from an External Expert Help to Reduce Building Energy Consumption at a Reduced Cost. Energies Vol. 12, №15. 2019. 14 p.

23. Shabdin N.H., Padfield R. Sustainable Energy Transition, Gender and Modernisation in Rural Sarawak. Chemical Engineering Transactions vol.56, 2018. p.259-264.

24. Xiao Han, Jing Qiu, Lingling Sun, Wei Shen, Yuan Ma, Dong Yuan. Low-carbon energy policy analysis based on power energy system modeling. Energy Conversion and Economics. Energy Conversion and Economics. 2020. p.34-44.