

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

Институт энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование кафедры)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электрооборудование и электрохозяйство физкультурно-оздоровительного комплекса»

Студент

В.А. Паршин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.И. Платов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

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

(личная подпись)

« » 2017 г.

Тольятти 2017

Аннотация

Целью бакалаврской работы является проектирование системы электрооборудования и электрохозяйства физкультурно-оздоровительного комплекса общей площадью 187,9 м² находящегося в подвале торгового-офисного здания.

Главной целью работы является проектирование экономически эффективной и надежной схемы электрооборудования и электрохозяйства физкультурно-оздоровительного комплекса. За основу расчета были взяты данные о проектных нагрузках комплекса. В ходе выполнения работы выполнены расчеты электрических нагрузок, выбор трансформаторов, расчет потерь мощности и электроэнергии; компенсация реактивной мощности, расчет токов короткого замыкания с проверкой автоматических выключателей на способность противостоять воздействию ударных токов короткого замыкания, выбор защитных аппаратов и сечений проводников, расчет заземления и молниезащиты.

В объем работы входит следующий графический материал:

- «План расположения электрооборудования»;
- «Принципиальная схема распределительной сети»;
- «Принципиальная схема питающей сети»;
- «План прокладки сети электроосвещения»;
- «Узел управления»;
- «План заземления».

Объем 54 страниц, 9 рисунков, 7 таблиц.

Abstract

The title of the graduation work is "Electrical equipment and electrical facility of the Sports and Health Complex".

The object of the thesis is a sports and recreation complex with a total area of 187.9 m², which is located in the basement of a commercial and office building.

The aim of the work is the design of the electrical equipment systems of the fitness center and the calculation of the electrical loads of the facility.

To achieve the goal of the thesis, the following tasks were accomplished: calculation of electrical loads; calculation of power and power losses; compensation for reactive power; maintaining the required voltage quality; selection of protective apparatus and conductor cross-sections. The design load for various stages of the power supply system operation was determined according to the method of ordered diagrams.

Much attention is given to the calculation of circuit breakers for their ability to withstand short-circuit shock currents and grounding. To reduce the energy losses associated with the use of electrical equipment when the current flows in a short circuit, and also for the rapid restoration of the normal operating mode, the electrical equipment must provide an accurate detection of the short-circuit current and, at its option, electrical equipment, protected equipment and short-circuit current limiting facilities.

The special part of the project gives details about the transformer power selection is described in detail. This is the most important stage of designing, influencing the main economic indicators of the developed power supply schemes.

As a result of the graduation work, a project of a power supply system for a separately standing commercial and office building was developed.

The thesis consists of an explanatory note on 54 pages, introduction, including 9 figures, 7 tables, the list of 30 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

Содержание

Введение.....	5
1 Характеристика физкультурно-оздоровительного комплекса	8
1.1 Общие сведения о физкультурно-оздоровительном комплексе	8
1.2 Выбор способа выполнения силовой сети.....	9
2 Расчет электрических нагрузок физкультурно-оздоровительного комплекса	12
3 Расчет системы освещения.....	17
3.1 Выбор электрического освещения.....	17
3.2 Расчет и выбор светильников.....	20
4 Выбор мощности силового трансформатора.....	27
5 Расчет токов короткого замыкания	34
6 Выбор коммутационного оборудования, проводов, кабелей	41
6.1 Выбор автоматических выключателей и распределительных щитов.....	41
6.2 Расчет питающих линий	44
6.4 Расчет защитного заземления	45
7 Молниезащита здания.....	49
Заключение	51
Список использованных источников	52

Введение

В настоящее время электрическая энергия является наиболее широко используемой формой энергии. Это обусловлено относительной легкостью ее получения, преобразования, передачи на большое расстояние и распределения между приемниками.

Мировое потребление энергии выросло на 45% с 1980 года. По прогнозам, к 2030 году оно будет ещё на 70% выше. На новые рынки (включая Китай и Индию) приходится более 75% нового спроса электроэнергии, создавая новое давление на глобальные ресурсы. Между тем, «зрелые» рынки, такие как Северная Америка, Европа и Япония, также будут сталкиваться с повышенным спросом и ограниченными ресурсами. Эти «зрелые» рынки продолжают законодательное регулирование сокращения потребления электроэнергии, с целью перехода к альтернативной энергетике и повышению энергетической безопасности.

Рост конкуренции за ресурсы и политическая нестабильность приведут к тому, что цены на нефть и природный газ останутся на уровне выше или выше текущего уровня в обозримом будущем. Уголь будет по-прежнему дешевым и богатым ресурсом, особенно на развивающихся рынках. Это будет поддерживать государственное давление на сокращение выбросов в атмосферу и поддержку необходимости глобальных действий в области изменения климата.

Как никогда ранее глобальное потепление занимает первое место в повестке дня многих международных мероприятий. Экологические проблемы и общественное мнение об изменении климата будут способствовать дальнейшим действиям законодателей, лидеров общественного мнения и групп особых интересов, вынуждающих промышленность выполнять их требования [28].

К электроустановкам общественных зданий предъявляются требования к вводным устройствам, распределительным щитам, к электропроводке и

кабельным линиям, к внутренним электропотребителям и освещению, к учёту электроэнергии, к заземлению и защитным мерам безопасности [1].

Проектирование электроустановок физкультурно-оздоровительного комплекса (ФОК) необходимо проводить в соответствии с требованиями СНиП 2.08.02-89 «Общественные здания и сооружения» [2] и СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания» [3].

Целью бакалаврской работы является разработка проектирование системы электрооборудования и электрохозяйства физкультурно-оздоровительного комплекса общей площадью 187,9 м² находящегося в подвале торгово-офисного здания.

По степени обеспечения надежности электроснабжения электропотребители ФОКа относятся к потребителям III категории – допускается кратковременное отключение от систем электроснабжения, но не более 24 часов подряд и не более 72 часов за год суммарно[4].

Электроснабжение ФОКа производится от ВРУ-0,4 кВ.

Силовыми электроприемниками ФОКа являются:

- электродвигатели канальных вентиляторов;
- электродвигатели циркуляционного насоса и проточного насоса,
- электродвигатель насоса пушки;
- приточная установка;
- электронагреватели каменки нагрева сауны;
- электроводонагреватели;
- электроосвещение.

Все доступные прикосновению открытые проводящие части электроустановок должны быть присоединены к заземленной нейтральной точке источника питания (РЕ-шина) 1ВУ посредством защитных проводников: 3-я жила кабеля однофазной сети и 5-я жила кабеля 3-х фазной сети.

Система заземления принята типа TN-C-S. В качестве главной заземляющей шины (ГЗШ) используется "РЕ шина" 1ВУ.

К ГЗШ должны быть присоединены:

- заземляющие проводники;
- защитные проводники;
- проводники основной системы уравнивания потенциалов.

В качестве дополнительной защиты от поражения электрическим током предусмотрена установка УЗО на ток срабатывания не более 30 мА, т.к. часть помещений ФОКа (парная, душевая, бассейн) относятся к помещениям особо опасным и с повышенной опасностью.

Монтажные работы выполнить согласно ПУЭ 6 изд. (1987г.) и ГОСТ 30331.1.8-89.

Графическая часть бакалаврской работы разработана в соответствии с требованиями экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других действующих норм и правил и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию ФОКа при соблюдении предусмотренных рабочими чертежами мероприятий.

1. Характеристика физкультурно-оздоровительного комплекса

1.1 Общие сведения о физкультурно-оздоровительном комплексе

Проектируемый физкультурно-оздоровительный комплекс оснащен следующим электрооборудованием:

- оргтехникой (персональный компьютер, МФУ, модем);
- инженерной инфраструктурой (система вентиляции, охранная и пожарная сигнализации), необходимыми для деятельности предприятия;
- тренажеры с электрическим питанием;
- силовыми потребителями (электрокаменка, электроводонагреватели, канальные вентиляторы, насосные установки)

Общая площадь ФОКа – 187,9 м².

Осуществление спортивной деятельности в ФОКе относится к третьей категории надежности электроснабжения, т.е. при его отключении нет опасности для жизни человека или расстройства сложного технологического процесса, также это не скажется на нормальной жизнедеятельности большого количества граждан. Третьей категории надежности электроснабжения соответствует прекращения подачи электричества на время не более 24 часов подряд и не более 72 часов за год суммарно). [5]

Для электроснабжения ФОКа предполагается использовать ближайшую к зданию трансформаторную подстанцию (ТП) (на расстоянии 50 м от здания).

Электропотребители ФОКа показаны в таблице 1.1.

По роду тока в проектируемом здании применяются электроприемники, работающие от сети переменного тока нормальной промышленной частоты (50 Гц).

Внутреннее электроснабжение здания будет выполнено на трехфазное напряжение 0,4 кВ.

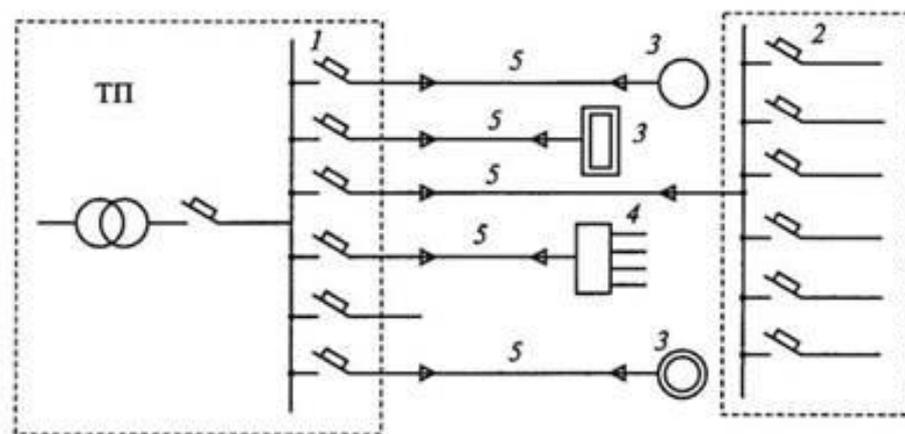
Таблица 1.1- Потребители электроэнергии

Наименование потребителей	Установленная мощность Руст, кВт	Cos φ	Категория надежности электро-снабжения
1 этаж			
Организационная техника– 1 рабочие место	0,6	0,92	III
Тренажеры – 4 шт	1x4= 4	0,76	III
Электрокаменка	12	0,98	III
Электроводонагреватель	4,0+2,2=6,2	0,98	III
Канальный вентилятор	0,32+0,32=0,64	0,74	III
Установка приточная	3,35	0,74	III
Насос проточной	4,0	0,75	III
Насос циркуляционный	1,1	0,75	III
Насос пушка	1,0	0,75	III
Освещение	0,804	См. табл. 3.3	III

1.2 Выбор способа выполнения силовой сети

Внутренние сети выполним по радиальной схеме (см. рисунок 1.1).[6]

У меня семь узлов: щиток учетно-распределительный, щиток для вентиляционных нагрузок, щиток для управления насосами (3 шт), щиток для электротепловых нагрузок (2 шт).



- 1 — распределительный щит; 2 — силовой распределительный пункт (РП);
 3 — электроприемник; 4 — щит освещения; 5 — кабельная линия

Рисунок 1.1- Радиальная схема питания

Электроснабжение ФОК осуществляется от ВРУ-0,4 кВ здания кабелем марки ВВГзнг-4х16 мм² до вводного устройства (1ВУ) ФОКа.

Учет электроэнергии осуществляется электронным многофункциональным счетчиком типа ЭЭ8005/2, установленным на 1ВУ ФОКа и шкафах 2-ШР, 6-ШР. Согласно рекомендациям Энергонадзора на использование электроэнергии в целях нагрева, установлен отдельный учет на используемую для сауны электрическую энергию и отдельный, отдельно по зонам суток, учет на используемую для подогрева воды электроэнергию. Для этих целей используются электронные многофункциональные счетчики типов ЭЭ8005/2 и ЭЭ8003/2 прямого включения.

Все доступные прикосновению открытые проводящие части электроустановок должны быть присоединены к заземленной нейтральной точке источника питания (РЕ-шина) 1ВУ посредством защитных проводников: 3-я жила кабеля однофазной сети и 5-я жила кабеля 3-х фазной сети.

Система заземления принята типа TN-C-S. В качестве главной заземляющей шины(ГЗШ) используется "РЕ шина" 1ВУ. К ГЗШ должны быть присоединены: заземляющие проводники; защитные проводники; проводники основной системы уравнивания потенциалов.

В качестве дополнительной защиты от поражения электрическим током предусмотрена установка УЗО на ток срабатывания не более 30 мА.

Монтажные работы выполнить согласно ПУЭ 7 изд. (2003 г.) и ГОСТ 30331.1-2013 «Электроустановки низковольтные».

2. Расчет электрических нагрузок физкультурно-оздоровительного комплекса

Каждой ступени электроснабжения какой-либо системы соответствует своя расчетная нагрузка. Один из методов расчета – метод упорядоченных диаграмм. Для определения активной нагрузки той или иной ступени распределительной и питающей сети используют данные о коэффициенте максимума потребителя и его средней нагрузке [7].

Зная приведенное число потребителей электрической энергии и количество фактических электрических потребителей, можно использовать упрощенные методы расчета. В справочниках содержится информация о коэффициентах использования K и коэффициентах мощности $\cos\varphi$ различных потребителей электроэнергии.

При проектировании освещения помещений проектируемого объекта необходимо руководствоваться нормами проектирования искусственного проектирования с использованием метода коэффициента использования, нормами освещенности технологического объекта. Общепринятыми допущениями при этом являются равномерное распределение света по поверхности отражающих поверхностей, диффузность светимости, среднее значение коэффициентов отражения.

По результатам ожидаемых нагрузок и токов проектируемого объекта выбирается трансформаторная подстанция.

Используем следующий порядок расчета. [8]

Зная мощность потребляемую группой одинаковых электрических потребителей $P_{H\Sigma}$, паспортную мощность P_H каждого электрического потребителя и количество n определяется общая мощность потребляемая электрическими потребителями

$$P_{H\Sigma} = P_H \cdot n, \quad (2.1)$$

Определяется отношение максимальных и минимальных паспортных мощностей электрических потребителей

$$m = \frac{P_{нmax}}{P_{нmin}}, \quad (2.2)$$

Отношение суммы среднесменных мощностей $\sum P_c$ к сумме паспортных мощностей $\sum P_n$ определяет групповой коэффициент использования потребителей электрической энергии K_u

$$k_u = \frac{\sum P_c}{\sum P_n} \quad (2.3)$$

Произведением K_u на $\sum P_n$ получаем среднюю сменную мощность электрических потребителей

$$P_c = k_u \cdot \sum P_n, \quad (2.4)$$

Произведением отношения реактивной мощности к активной мощности электрического потребителя $tg\varphi$ на среднюю сменную мощность электрических потребителей P_c получаем среднюю сменную реактивную мощность электрических потребителей

$$Q_c = tg\varphi \cdot P_c, \quad (2.5)$$

Для определения среднего тангенса угла между током и напряжением электроприёмников $tg\varphi_{cp}$ найдем отношение между общей реактивной мощностью электрических потребителей $\sum Q_c$ и общей активной мощностью электрических потребителей $\sum P_c$

$$tg\varphi_{cp} = \frac{\sum Q_c}{\sum P_c}, \quad (2.6)$$

Для нахождения эффективного числа электрических приёмников n_ε воспользуемся формулой (2.7)

$$n_\varepsilon = \frac{2 \cdot \sum P_n}{P_{н.наиб}}, \quad (2.7)$$

Зная n_ε и m по таблице выбираем коэффициент максимума κ_m [6]. Тогда расчетная потребляемая мощность электрических потребителей

$$P_p = \Sigma P_c \cdot k_m, \quad (2.8)$$

В зависимости от количества эффективных электрических потребителей определяется расчетная реактивная мощность:

- если $n_3 < 10$ применяется формула (2.9);
- если $n_3 > 10$ применяется формула (2.9а).

$$Q_p = 1,1 \cdot \Sigma P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cp} \quad (2.9)$$

$$Q_p = \Sigma P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cp} \quad (2.9a)$$

Для определения общей расчетной полной мощности электрических потребителей S_p , ВА, применим формулу (2.10)

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.10)$$

Зная номинальное напряжение (0,4 кВ) определим расчетный ток I_p по формуле (2.11)

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.11)$$

В случае однофазных электрических потребителей требуется распределить все потребители равномерно по фазам, используя формулы (2.12, 2.13, 2.14)

$$P_A = \frac{P_{AB} + P_{AC}}{2} \quad (2.12)$$

$$P_B = \frac{P_{BC} + P_{AB}}{2} \quad (2.13)$$

$$P_C = \frac{P_{BC} + P_{AC}}{2} \quad (2.14)$$

где А,В,С – фазы.

Затем определяется коэффициент неравномерности по формуле (2.15)

$$H = \frac{P_{\phi_наиб} - P_{\phi_наим}}{P_{\phi_наим}} \cdot 100, \quad (2.15)$$

При коэффициенте неравномерности $> 0,15$ для расчета используют формулу (2.16), при коэффициенте неравномерности $< 0,15$, для расчета используют формулу (2.17) [7]

$$P_{усл} = 3 \cdot P_{\phi_наиб} \quad (2.16)$$

$$P_{усл} = P_A + P_B + P_C \cdot \quad (2.17)$$

Расчет выполним в виде таблицы 2.1.

Также в таблицу 2.1 вносятся результаты расчета освещения, выполненные в разделе 3.

Произведя расчет предварительной нагрузки, можно приступить к выбору трансформаторной подстанции, исходя из полной расчетной мощности.

Таблица 2.1- Расчет электрических нагрузок ЭП

№ п/п	Наименование электроприемников (ЭП)	Кол во ЭП	Установленная мощность приведенная к ПВ=100%		Ки	m	$\underline{\cos\varphi}$ tgφ	Средняя нагрузка		n _э	K _μ	Расчетная нагрузка			I _p , А
			Одного ЭП	Всех ЭП				P _c , кВт	Q _c , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВ А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Оргтехника – 1 рабочее место	1	0,6	0,6	1,0	2	<u>0,92</u> 0,42	0,6	0,25						
2	Тренажеры	4	1	4	0,9	1,1	<u>0,83</u> 0,67	3,6	2,41						
3	Электрокаменка	1	12	12	0,8	1	<u>0,98</u> 0,2	9,6	1,92						
4	Электроводонагреватель	2	2,2+ 4,0	6,2	0,7	1	<u>0,98</u> 0,2	4,34	0,87						

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	Канальный вентилятор	2	0,32	0,64	0,85	1,05	<u>0,8</u> 0,75	0,54	0,40						
6	Установка приточная	1	3,35	3,35	0,85	1,05	<u>0,85</u> 0,62	2,84	1,76						
7	Насос проточной	1	4,0	4,0	1,0	1,0	<u>0,8</u> 0,75	4,0	3,0						
8	Насос циркуляционный	1	1,1	1,1	1,0	1,0	<u>0,8</u> 0,75	1,1	0,83						
9	Насос пушка	1	1,0	1,0	0,5	1,0	<u>0,8</u> 0,75	1,0	0,75						
	Итого по зданию без освещения	14	<u>0,32</u> 12,0	32,89	0,8 44	1, 13	0,86/ 0,56	27,02	12,19	5,4 8	1,1	29,7 2	16, 64	34, 06	51, 75
	Освещение											0,8 04	0,3 88	0,8 92	1,3 5
	Итого по зданию с освещением											30,5 24	17, 028	34, 952	53, 1

3. Расчет системы освещения

3.1 Выбор электрического освещения

Освещение - это важная услуга во всех отраслях. Потребляемая мощность промышленного освещения составляет от 2 до 10% от общей мощности в зависимости от типа промышленности. Инновации и постоянное совершенствование в области освещения привели к огромным возможностям экономии энергии в этой области.

Освещение - это область, которая обеспечивает основные возможности для достижения энергоэффективности на этапе проектирования путем включения современных энергоэффективных ламп, светильников и шестеренок, кроме хорошей практики эксплуатации.

Лампа - это оборудование, которое производит свет. Используемые лампы кратко описываются следующим образом:

- Лампы накаливания. Лампы накаливания производят свет с помощью нити, нагретой до накаливания потоком электрического тока через нее. Основные части лампы накаливания, также известной как лампа GLS (General Lighting Service), включают в себя нить, лампу, заполняющий газ и колпачок.

- Рефлекторные лампы. Рефлекторные лампы в основном лампы накаливания, снабжены высококачественным внутренним зеркалом, которое точно соответствует параболической форме лампы. [27] Отражатель устойчив к коррозии, что делает работу лампы свободной и эффективной.

- Газоразрядные лампы. Свет газоразрядной лампы создается при возбуждении газа, содержащегося в трубчатой или эллиптической внешней лампе. Наиболее часто используемые газоразрядные лампы:

- люминесцентные лампы (FTL);
- компактные люминесцентные лампы (CFL);
- лампы с ртутным паром;
- натриевые лампы;

- металлические галидные лампы.

Рынок наружных осветительных систем претерпевает быстрые изменения, так как новые технологии освещения (включая светодиодное освещение и интеллектуальное управление освещением) выходят на рынок одновременно с вступлением в силу финансовых и эксплуатационных ограничений, которые способствуют экономии энергии и затрат.

Имея широкий спектр доступных технологий, руководители, отвечающие за освещение, как из государственного, так и из частного секторов сталкиваются с трудной задачей развития, подходящим выбором и эффективной реализацией систем освещения, которые уравнивают требования к качеству и стоимости в зависимости от ожиданий своих участников и клиентов [30].

Рассмотрим тенденции развития в области искусственного освещения, технологии ламп и вариантов управления.

Исторически, главным требованием к системам освещения являлось равномерность освещенности на всем рабочем месте. Однако теперь это считается расточительством энергии. Например, в офисе за рабочую поверхность была принята вся площадь комнаты на уровне высоты столешницы. Освещенность варьировалась от 300 до 500 люкс, в зависимости от того, была ли работа главным образом на ПК или бумажный. Это привело к появлению большого количества источников света, которые обеспечивали высокий уровень освещения по всему пространству, независимо от того, требуется оно или нет. Сегодня такая энергоэффективность неприемлема.

Сейчас энергосбережение в основном связывают с новым типом ламп - светодиодными лампами, которые заменяют менее эффективные лампы. Новые рекомендации, например, указанные в SLL-коде для освещения 2012.8 предлагают технические советы для обеспечения адекватного и эффективного освещения. Необходимо учитывать многие составляющие:

- поддержание баланса в финансовых затратах (покупка, стоимость энергии и утилизацию в конце срока службы);

- воздействие на окружающую среду (электрическая нагрузка, химическое загрязнение и световое загрязнение ночью);

- минимальные требования к освещению рабочих мест и помещений и т.д.

Хорошее качество и эффективное освещение в зданиях начинается с необходимости обустройства комбинированного освещения – естественное и искусственное. Использование дневного света открывает возможности для экономии энергии. Люди также предпочитают естественный свет. Таким образом, освещение должно быть спроектировано таким образом, чтобы минимизировать общее потребление энергии в здании, обеспечив приемлемую освещенность. [26]

Рассмотрим основные технические характеристики проектируемой системы освещения:

- напряжение питающей сети 380/220В, у ламп -220В;

- в качестве группового щитка принят щиток ЩОМ-12 (ЩО-1);

- искусственное освещение помещений ФОКа выполним в соответствии с требованиями СНБ 2.04.05-98 «Естественное и искусственное освещение» и П2-2000 к СНиП 2.08.01-89 «Электроустановки жилых и общественных зданий»;

- планируемое освещение помещений разделено на рабочее и аварийное;

- типы светильников приняты в зависимости от назначения помещений и условий окружающей среды, с учетом светотехнических и архитектурных требований, с энергосберегающими светодиодными лампами.

- групповая сеть выполнена кабелем марки ВВГзнг скрыто по стенам в штрабе и трубах под слоем штукатурки и кабелем марки ВВГзнг в ПВХ трубах за подвесным потолком;

- установленная мощность электроосвещения - 0,804 кВт (таблица 3.3).

- полезная площадь освещаемых помещений – 132 м², общая площадь 187,9 м²;

- общее количество светильников - 44 шт.

Для аварийного освещения предусмотрены светильники со

светодиодными лампами автономного действия с работой в автономном режиме 3 часа с указателем «Выход».

3.2 Расчет и выбор светильников

Для примера рассчитаем типовое помещение ФОКа – тренажерный зал, имеющего площадь $41,55 \text{ м}^2$ (см. рисунок 3.1) с требуемой освещенностью 200 лк.

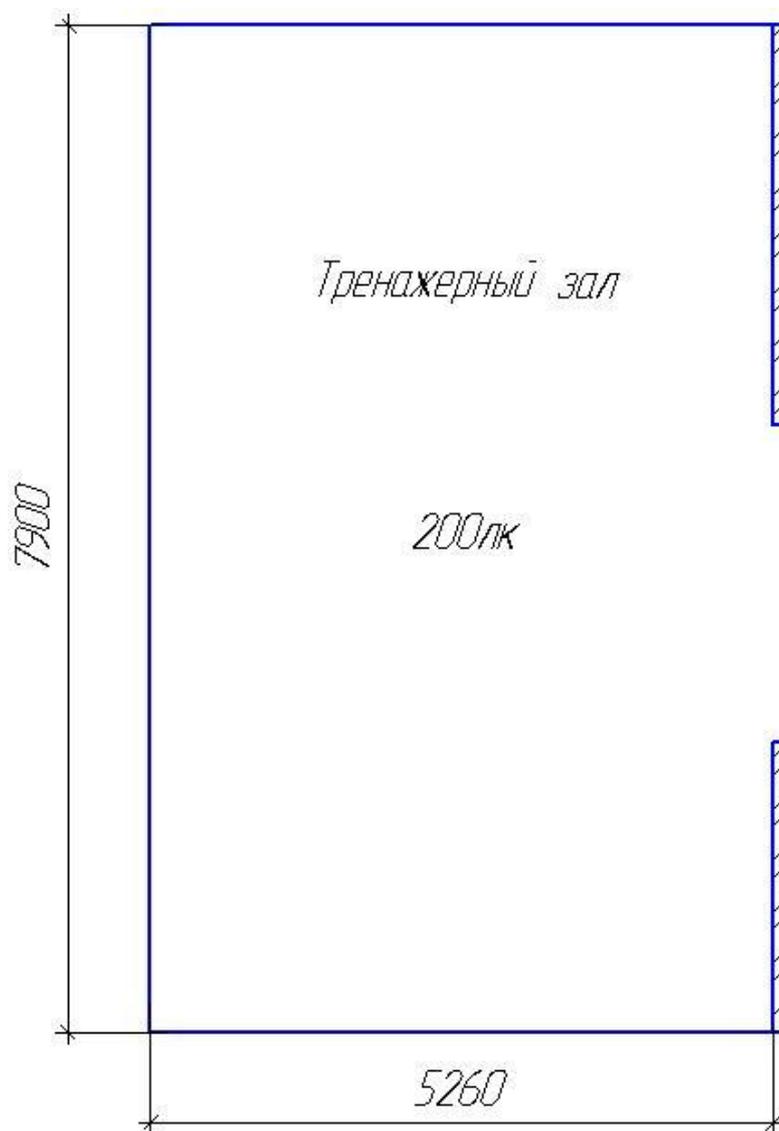


Рисунок 3.1- Тренажерный зал

Размеры помещения: длина $A = 7900$ мм, ширина $B = 5260$ мм, высота $H = 3000$ мм. Система освещения - общая.

Принимаем коэффициенты:

$$\rho_c = 50 \%;$$

$$\rho_p = 30 \%;$$

$$\rho_r = 10 \%.$$

$$K_{зап} = 1,5$$

В качестве основных источников света выбираем светодиоды SMD5730. В качестве светильников выбрали светильники AL2115.

Расчетная высота светильника H_p , м, определяется

$$H_p = H - h_n - h_r, \quad (3.1)$$

где $h_n = 0$ м - расстояние светильников от перекрытия. Принимаем для случая установки светильника на потолке;

$$h_r = 0,8 \text{ м - высота расчетной поверхности над полом;}$$

$$H = 3,0 \text{ м - высота помещения}$$

$$H_p = 3,0 - 0 - 0,8 = 2,2 \text{ м.}$$

Принимаем $L : h = 2,4$ - расстояние между рядами

Находим расстояние между рядами светильников L , м, по формуле (3.2)

$$L = H_p \times 2,4 = 2,2 \times 2,4 = 5,28 \text{ м.} \quad (3.2)$$

Расстояние от стены до крайнего светильника l , м, принимаем в размере $1/3$ от L (3.3)

$$l = \frac{1}{3} \cdot L = \frac{1}{3} \cdot 5,28 = 1,76 \text{ м} \quad (3.3)$$

Получаем 2 ряда светильников с расстоянием между рядами $2,4$ м, а до стен - $1,4$ м.

Определим индекс помещения i по формуле

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} \quad (3.4)$$

где B - ширина помещения, $B = 5,26$ м.

A - длина помещения, $A = 7,9$ м

$$i = \frac{7,9 * 5,26}{2,2(7,9 + 5,26)} = 1,43$$

Для рассчитанного индекса помещения i определяем $\eta = 0,47$ (таблица 11 приложение [10]).

Суммарный световой поток светильников одного ряда Φ , лм, равен

$$\Phi = \frac{E * K_{зап} * S * z}{N * \eta} \quad (3.5)$$

где $E = 200$ лк – заданная минимальная освещенность;

$K_{зап} = 1,5$ – коэффициент запаса;

z – коэффициент минимальной освещенности (приблизительно $z = 1,1$ – для светодиодов);

$S = 41,55$ м² – площадь под освещение;

$N = 3$ – число светильников в одном ряду (предположительно),

$\eta = 0,47$ – коэффициент использования светового потока источника света, доли единиц.

$$\Phi = \frac{200 * 1,5 * 41,55 * 1,1}{3 * 0,47} = 9724$$

У светильника типа AL2115 световой поток равен $\Phi_c = 2800$ лм.

В одном ряду располагается n , шт, светильников в соответствии с формулой (3.6)

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_c} = \frac{9724}{2800} = 3,47 \text{ шт} \quad (3.6)$$

Приведем длину ряда светильников к размерам комнаты:

$$L_p = n * l = 3,47 * 0,595 = 2,0 \text{ м} \quad (3.7)$$

где $l = 0,595$ м – длина светильника с лампами.

Величина промежутка между светильниками $l_{пр}$, м, по формуле (3.8):

$$l_{пр} = \frac{A - L_p}{n - 1} = \frac{7,9 - 2,0}{3,0 - 1,0} = 2,65 \text{ м}$$

Окончательно: шесть светильников общей мощностью $6 * 36 = 216$ Вт, как показано на рисунке 3.2.

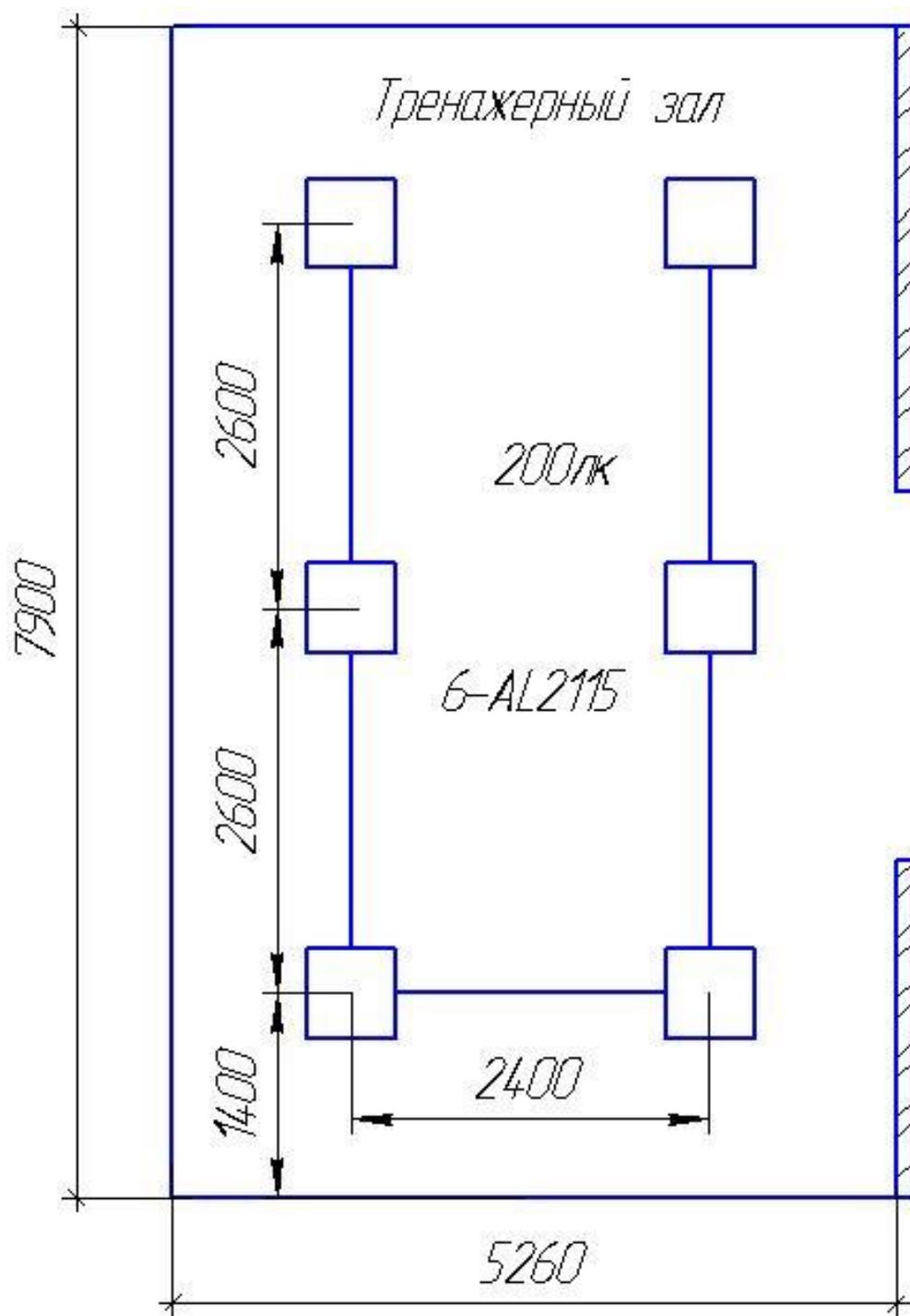


Рисунок 3.2- Освещение тренажерного зала

Результаты расчета остальных помещений сведены в таблицы 3.1, 3.2, 3.3. Результатами данного расчета также воспользовались при выполнении чертежей графической части проекта.

Таблица 3.1- Освещение помещений ФОКа

Наименование помещения	Требуемая освещенность, лк	Площадь помещения, м ²	Тип светильника	Количество светильников	Примечание
1	2	3	4	5	6
Тренажерный зал	200	41,55	AL2115	6	36 Вт
Раздевалка	75	8,93	LED S501 W	3	16 Вт
Комната отдыха	200	13,35	LED S501 W	9	16 Вт
Администратор	300	12,6	AL2115	3	36 Вт
Тамбур	75	5,4	AL-5054	1	18 Вт
Коридор	75	10,8	AL-5054	2	18 Вт
Служебная комната	75	5,6	LED S501 W	4	16 Вт
Парная	75	12,2	SAUNIA LED54	2	18 Вт
Душевая	75	12,6	ОФИС IP54	2	18 Вт
Бассейн	100	12,8	ОФИС IP54	2	18 Вт
Подсветка бассейна	-	-	СДП-10М	2	10 Вт
Туалет	75	1,8	NL-ДПО-1G	1	10 Вт

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
Наружное над входом	75	4,8	PВН-РС2- RA	2	12 Вт
Наружное над запасным выходом	75	3,2	PВН-РС2- RA	1	12 Вт
Табличка «Выход»	-	-	ССА1001 "Выход"	4	3 Вт

Таблица 3.2- Технические данные светильников

Тип светильника	Тип лампы	Общее количество светодиодов	Cos φ	Расчетная нагрузка	
				P _p , Вт	Q _p , вар
AL2115	LED	SMD5730 100шт	0,9	36	17,4
LED S501 W	LED	10	0,9	16	7,75
AL-5054	LED	50	0,9	18	8,71
SAUNIA LED54	LED	50	0,9	18	8,71
ОФИС IP54	LED	50	0,9	18	8,71
СДП-10М	LED	7	0,9	10	4,84
NL-ДПО-1G	LED	16	0,9	10	4,84

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6
РВН- РС2-РА	LED	7	0,9	12	5,81
ССА1001 "Выход"	LED	3	0,9	3	1,45

Таблица 3.3- Результаты расчета электропотребления

Тип светильн ика	Расчетная нагрузка 1 светильника		Количес тво светиль ников	Суммарная расчетная нагрузка	
	Р _р , Вт	Q _р , вар		Р _р , Вт	Q _р , вар
AL2115	36	17,4	9	324	156,6
LED S501 W	16	7,75	16	256	124
AL-5054	18	8,71	3	54	26,1
SAUNIA LED54	18	8,71	2	36	17,4
ОФИС IP54	18	8,71	4	72	34,8
СДП- 10М	10	4,84	2	4,84	2
NL- ДПО-1G	10	4,84	1	10	4,84
РВН- РС2-РА	12	5,81	3	36	17,3
ССА1001 "Выход"	3	1,45	4	12	5,8
Итого			44	804,84	388,84

4. Выбор мощности силового трансформатора

К расчету и выбору силового трансформатора требуется подходить со знанием того, что от правильного выбора значительно меняются технические характеристики проектируемой электрической системы. Чаще всего для решения данной проблемы применяется вариантный метод, когда предпочтительное решение принимается после сравнительного анализа нескольких вариантов, в данном случае не только техническое, но и экономическое сравнение.

Для третьей группы электроприемников по категории надёжности выбираем трансформаторную подстанцию с одним силовым трансформатором.

Требуемое число трансформаторов N_o , шт, определяется по формуле (4.1)

$$N_o = \frac{P_p}{\hat{E}_c * S_{ном.эп}}, \quad (4.1)$$

где $P_p = 30,524$ кВт – активная нагрузка, определяема из расчета электрических нагрузок;

K_z – коэффициент загрузки трансформаторов. Для потребителей III категории принимаем $K_z = 0,9 \dots 0,95$;

$S_{ном.эп} = 34,952$ кВА – полная мощность электроприемников ФОКа.

$$N_o = \frac{30,524}{0,95 * 34,952} = 0,92 \text{ шт.},$$

Принимаем к расчету один трансформатор.

Номинальная мощность трансформатора $S_{ном.т}$, кВА, рассчитывается по формуле (4.2)

$$S_{ном.т} \geq \frac{S_{р.эп} * \hat{E}_{зап}}{0,7} \quad (4.2)$$

где $S_{р.эп} = 34,952$ кВА – полная мощность электроприемников физкультурно-оздоровительного комплекса;

$K_{зап} = 0,85$ – коэффициент заполнения графика нагрузки здания.

Принимаем:

- перегрузки в нормальном режиме на 30%;

- допустимые перегрузки на 15% из-за неравномерности годового графика нагрузки.

$$S_{\text{н.д}} \geq \frac{32,19 * 0,85}{0,7} = 39,08 \text{ кВА}$$

Проанализируем два варианта использования трансформаторов:

- первый вариант - с одним трансформатором;

- второй вариант - с двумя трансформаторами.

Первый вариант.

Применим трансформатор марки ТСЗ – 40/0,66.

Расчетными данными являются:

$$P_p = 30,524 \text{ кВт}, Q_p = 17,028 \text{ квар}, S_p = 34,952 \text{ кВА}$$

Технические характеристики ТСЗ – 40/0,66:

$$P_{xx} = 0,25 \text{ кВт}, P_{кз} = 0,8 \text{ кВт}, U_{кз} = 4,5\%, i_{xx} = 4\%, K_3 = 0,95$$

$N_T = 1$ – принятое к расчету число трансформаторов

Активные $\Delta P_{T\Sigma}$, кВт, и реактивные $\Delta Q_{T\Sigma}$, квар, потери в трансформаторе определяются по формулам (4.3 и 4.4)

$$\Delta P_{T\Sigma} = N_T (P_{xx} + k_3^2 * P_{кз}) = 1 * (0,25 + 0,95^2 * 0,8) = 0,972 \text{ кВт} \quad (4.3)$$

$$\Delta Q_{T\Sigma} = N_T \left[\frac{S_{\text{НОМ}}}{100} (i_{xx} + k_3^2 * U_{кз}) \right] = 1 * \left[\frac{40}{100} (4 + 0,95^2 * 4,5) \right] = 3,224 \text{ квар} \quad (4.4)$$

Расчётная нагрузка с учётом потерь в трансформаторе (4.5 и 4.6)

$$P_p = P_p + \Delta P_{T\Sigma} = 30,524 + 0,972 = 31,496 \text{ кВт} \quad (4.5)$$

$$Q_p = Q_p + \Delta Q_{T\Sigma} = 17,028 + 3,224 = 20,252 \text{ квар} \quad (4.6)$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки (4.7)

$$Q_{\text{min}} = 0,5 * Q_p = 0,5 * 20,252 = 10,126 \text{ квар} \quad (4.7)$$

Значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы (4.8 и 4.9)

$$Q'_{\text{э1}} = Q_p - 0,7 * Q_{\text{сд}} = 20,252 - 0,7 * 20,252 = 6,07 \text{ квар} \quad (4.8)$$

$$Q''_{\text{э1}} = \alpha * P_p = 0,28 * 31,496 = 8,81 \text{ квар} \quad (4.9)$$

где $Q_{cd}=17,028$ – располагаемая реактивная мощность;

$\alpha =0,28$ – коэффициент влияния нагрузки.

Выбираем наименьшую величину: $Q_{\text{э1}} = 6,07$ квар.

Реактивная мощность в режиме наименьших нагрузок (4.10 и 4.11)

$$Q'_{\text{э2}} = Q_{\text{min}} + Q_k = 10,126 + 0 = 10,126 \text{ квар} \quad (4.10)$$

$$Q''_{\text{э2}} = Q_{\text{min}} - (Q_p - Q_{\text{э1}}) = 10,126 - (17,028 - 6,07) = -0,832 \text{ квар} \quad (4.11)$$

Выбираем мощность $Q_{\text{э2}} = 10,126$ квар.

Общая мощность компенсирующих устройств (КУ) (4.12 и 4.13)

$$Q_{KV_МАКС} = 1,1 * Q_p - Q_{\text{э1}} = 1,1 * 17,028 - 6,07 = 12,66 \text{ квар} \quad (4.12)$$

$$Q_{KV_МИН} = Q_{\text{ММИ}} - Q_{\text{э2}} = 10,126 - 10,126 = 0 \text{ квар} \quad (4.13)$$

Значит КУ должны иметь регулировку.

Реактивная мощность от сети 6/10 кВ для сети с номинальным напряжением до 1000 В (4.14)

$$Q_T = \sqrt{(N_T * K_3 * S_T)^2 - P_p^2} = \sqrt{(1 * 0,95 * 40)^2 - 30,524^2} = 21,58 \text{ квар} \quad (4.14)$$

Мощность КУ со стороны до 1 кВ (4.15)

$$Q_{KV.H} = Q_p - Q_T = 17,028 - 21,58 = -4,552 \text{ квар} \quad (4.15)$$

Требуемая мощность КУ меньше 50 квар, следовательно, их установка не выгодна.

Мощность КУ со стороны 6/10 кВ (4.16)

$$Q_{KV.B} = Q_{KV.MAKC} - Q_{KV.H} = 12,66 - (-4,552) = 17,212 \text{ квар} \quad (4.16)$$

Так как мощность КУ ниже 800 квар, их установка не выгодна.

Приведённые затраты на трансформатор (4.17)

$$Z_{\text{кпн}} = E * K_{\text{пн}} * N_T + C * \Delta P_T * N_T, \quad (4.17)$$

где $E = 0,160$ – экономический коэффициент эффективности;

$K_{\text{пн}}$ – сумма капиталовложений, руб (формула 4.18);

$N_T = 1$;

$\Delta P_T = 0,972$ кВт – активные потери;

C – затраты на энергию, руб/кВт * год (формула 4.19).

$$K_{mn} = C_0(1 + \sigma_T + \sigma_C + \sigma_M) = 98600 * (1 + 0,005 + 0,020 + 0,100) = 110925 \text{ руб} \quad (4.18)$$

где $C_0 = 98600$ руб – цена трансформатора;

$\sigma_T = 0,005$ – транспортно – заготовительный коэффициент;

$\sigma_C = 0,020$ – строительный коэффициент;

$\sigma_M = 0,100$ – монтажно-отладочный коэффициент.

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta * 10^{-2}\right) * \tau = \left(\frac{36}{4000} + 0,9 * 10^{-2}\right) * 2405 = 43,29 \text{ руб/кВт} * \text{ч}, \quad (4.19)$$

где $\alpha = 36$ руб/кВт * ч – основная ставка двухставочного тарифа;

$\beta = 0,9$ руб/кВт * ч – дополнительная плата за 1 кВт*час потреблённой электроэнергии;

$T_M = 4000$ ч – время работы ФОКа на максимальной нагрузке за год;

τ – время максимальных потерь, ч. (формула 4.20)

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2 * T_p = \left(0,124 + \frac{4000}{10000}\right)^2 * 8760 = 2405 \text{ ч} \quad (4.20)$$

где $T_p = 8760$ ч – годовое время работы, ч.

Тогда

$$Z_{kml} = 0,16 * 110925 * 1 + 43,29 * 0,972 * 1 = 17790,07 \text{ руб}$$

Второй вариант.

Применим два трансформатора типа ТСЗ 25/0,6.

Исходные данные:

$P_p = 30,524$ кВт, $Q_p = 17,028$ квар, $S_p = 34,952$ кВА

Технические характеристики ТСЗ-40/0,66:

$P_{xx} = 0,15$ кВт, $P_{k3} = 0,64$ кВт, $U_{k3} = 3,8\%$, $i_{xx} = 4\%$, $K_3 = 0,95$

Принимаем $N_T = 2$.

Дальнейший расчет выполним по аналогичным формулам как для первого варианта.

$$\Delta P_{T\Sigma} = N_T (P_{xx} + k_3^2 * P_{k3}) \quad (4.21)$$

$$\Delta Q_{T\Sigma} = N_T \left[\frac{S_{НОМ}}{100} (i_{xx} + k_3^2 * U_{k3}) \right] \quad (4.22)$$

$$\Delta P_{T\Sigma} = 2 * (0,15 + 0,95^2 * 0,64) = 1,455 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{T\Sigma} = 2 * \left[\frac{25}{100} (4 + 0,95^2 * 3,8) \right] = 3,714 \text{ квар}$$

$$P_p = P_p + \Delta P_{T\Sigma} \quad (4.23)$$

$$Q_p = Q_p + \Delta Q_{T\Sigma} \quad (4.24)$$

$$P_p = 30,524 + 1,455 = 31,979 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 17,028 + 3,714 = 20,742 \text{ квар}$$

$$Q_{\min} = 0,5 * Q_p \quad (4.25)$$

$$Q_{\min} = 0,5 * 20,742 = 10,371 \text{ квар}$$

$$Q'_{\text{Э1}} = Q_p - 0,7 * Q_{\text{сд}} \quad (4.26)$$

$$Q''_{\text{Э1}} = \alpha * P_p \quad (4.27)$$

где $Q_{\text{сд}} = 20,742$ – располагаемая реактивная мощность;

$$Q'_{\text{Э1}} = 20,742 - 0,7 * 20,742 = 6,222 \text{ квар} \quad (4.26)$$

$$Q''_{\text{Э1}} = 0,28 * 31,979 = 8,954 \text{ квар} \quad (4.27)$$

Выбираем $Q_{\text{Э1}} = 8,954$ квар.

$$Q'_{\text{Э2}} = Q_{\min} + Q_k \quad (4.28)$$

$$Q''_{\text{Э2}} = Q_{\min} - (Q_p - Q_{\text{Э1}}) \quad (4.29)$$

$$Q'_{\text{Э2}} = 6,222 + 0 = 6,222 \text{ квар}$$

$$Q''_{\text{Э2}} = 6,222 - (20,742 - 8,954) = -5,565 \text{ квар}$$

Выбираем $Q_{\text{Э2}} = 6,222$ квар.

$$Q_{\text{КУ_МАКС}} = 1,1 * Q_p - Q_{\text{Э1}} \quad (4.30)$$

$$Q_{\text{КУ_МИН}} = Q_{\min} - Q_{\text{Э2}} \quad (4.31)$$

$$Q_{\text{КУ_МАКС}} = 1,1 * 20,742 - 8,954 = 13,862 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{КУ_МИН}} = 6,222 - 6,222 = 0 \text{ квар}$$

Значит КУ должны быть регулируемые.

Реактивная мощность, которая должна быть передана из сети 6/10 кВ в сеть с напряжением до 1 кВ (4.32)

$$Q_T = \sqrt{(N_T * \kappa_3 * S_T)^2 - P_P^2} \quad (4.32)$$

$$Q_T = \sqrt{(2 * 0,95 * 25)^2 - 33,528^2} = 33,647 \text{ квар}$$

$$Q_{KV.H} = Q_P - Q_T \quad (4.33)$$

$$Q_{KV.H} = 20,742 - 33,647 = -12,905 \text{ квар}$$

Установка КУ не целесообразна

$$Q_{KV.B} = Q_{KV.MAKC} - Q_{KV.H} \quad (4.34)$$

$$Q_{KV.B} = 13,862 - (-12,905) = 46,55 \text{ квар}$$

Установка КУ не целесообразна

Приведённые затраты на трансформатор (4.35)

$$З_{кtn} = E * K_{tn} * N_T + C * \Delta P_T * N_T, \quad (4.35)$$

где $E = 0,160$;

K_{tn} – (формула 4.36);

$N_T = 2$;

$\Delta P_T = 1,455$ кВт;

C – затраты на энергию, руб/кВт*год (формула 4.37).

$$K_{tn} = Ц_0(1 + \sigma_T + \sigma_C + \sigma_M) \quad (4.36)$$

$$K_{tn} = 58500 * (1 + 0,005 + 0,020 + 0,100) = 65812 \text{ руб}$$

где $Ц_0 = 58500$ руб;

$\sigma_T = 0,005$;

$\sigma_C = 0,020$;

$\sigma_M = 0,100$.

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta * 10^{-2}\right) * \tau, \quad (4.37)$$

$$C = \left(\frac{36}{4000} + 0,9 * 10^{-2}\right) * 2405 = 43,29 \text{ руб / кВт*ч}$$

где $\alpha = 36$ руб/кВт*ч;

$\beta = 0,9$ руб/кВт*ч;

$T_M = 4000$;

τ – (формула 4.38)

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000}\right)^2 \cdot T_p \quad (4.38)$$

где $T_p = 8760$ ч – годовое время работы.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4000}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 2405 \text{ ч}$$

Таким образом

$$Z_{ktn} = 0,16 * 65812 * 2 + 43,29 * 1,455 * 2 = 21185,97 \text{ руб}$$

Так как затраты на первый вариант (17790,07 руб) меньше чем затраты на второй вариант (21185,97 руб), то выгоднее использовать первый вариант.

5. Расчет токов короткого замыкания

Короткое замыкания (КЗ) - главная причина выхода из строя системы электроснабжения различных объектов. Наиболее распространённой причиной КЗ является:

- повреждении изоляции;
- неправильных действий обслуживающего персонала.

Для снижения потерь от воздействия токов КЗ необходимо на стадии проектирования рассчитать токи КЗ, выбрать электрооборудование, аппаратуру защиты и средства токоограничения [10].

Проведем расчет трехфазного КЗ в сети 0,4 кВ питания электроприемников ФОК (см. рисунке 5.1). Самым мощным и близким электроприемником является электрическая каменка. Расчет выполним в следующем порядке:

- выбираем расчетную схему сети;
- выбираем местоположения точек КЗ;
- определяем вид КЗ;
- определяем сопротивления элементов схемы замещения;
- расчет дуговых КЗ выполним с использованием снижающего коэффициента K_c ;
- используем методику, изложенную в ГОСТ 28249-93 на расчеты токов КЗ в сетях напряжением до 1 кВ;
- рассчитаем КЗ на шинах 0,4 кВ РУ (точка К1) и на самом мощном потребителе за кабелем КЛ1 (точка К2).

Параметры расчетной схемы.

Система.

Мощность КЗ:

- $S_K = 4$ мВА;
- $U_{Н.ВН} = 0,66$ кВ.

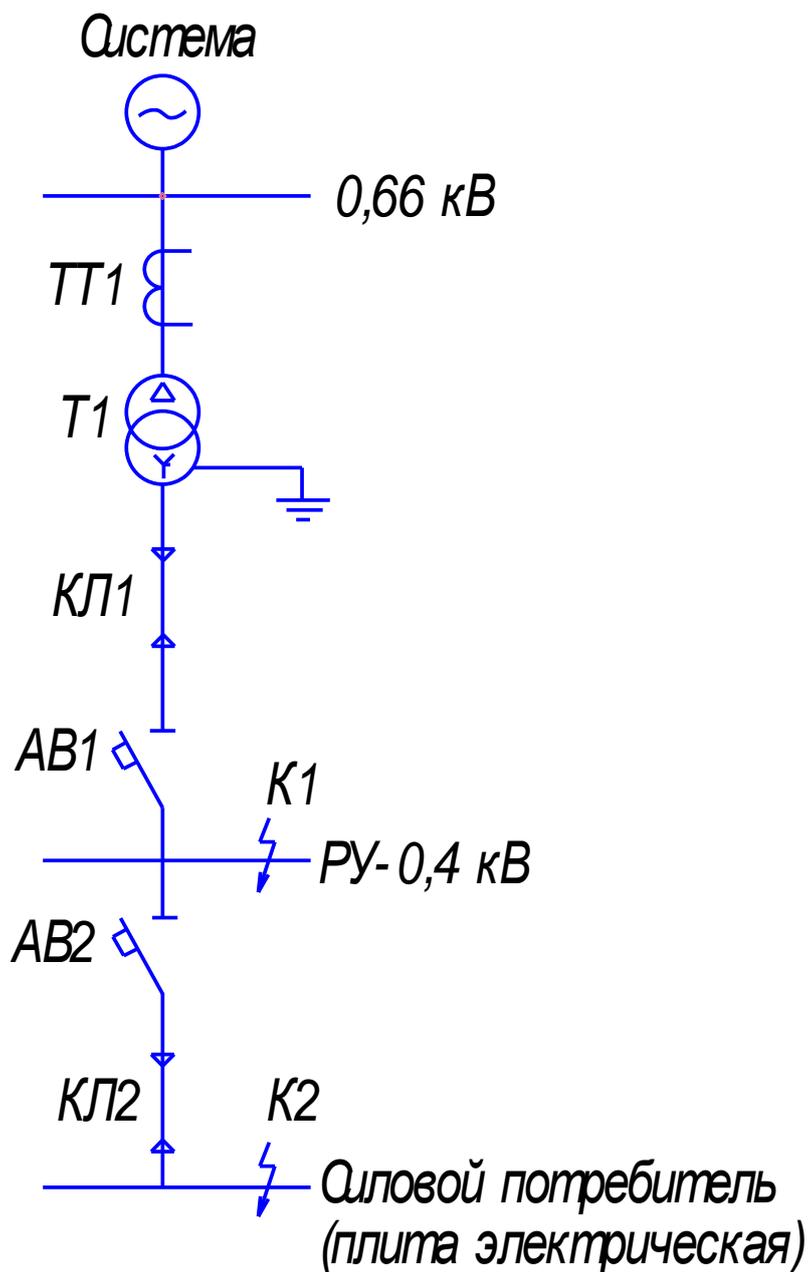


Рисунок 5.1 – Схема для расчета токов короткого замыкания

Трансформатор тока ТТ1:

- $K_{ТТ}=150/5$;
- $K_{ТТ}=0,33 \text{ мОм}$;
- $X_{ТТ}=0,3 \text{ мОм}$.

Трансформатор Т1:

- тип ТСЗ – 40/0,66 схема соединения обмоток Δ/Y_0 ;
- $S_{ном}=40 \text{ кВА}$, $U_{н.вн}=0,66 \text{ кВ}$, $U_{н.нн}=0,4 \text{ кВ}$, $P_{хх}=0,25 \text{ кВт}$, $P_{кз}=0,8 \text{ кВт}$,

$U_{кз}=4,5\%$, $i_{хх}=4\%$, $K_3=0,95$, $R_T=9,4 \text{ мОм}$, $X_T=27,2 \text{ мОм}$.

Кабельная линия КЛ1:

- ВВГ-4х16, длина $l=2$ м;
- $R_{уд}=1,84$ Ом/км= $1,84 \cdot 10^{-3}$ Ом/м;
- $X_{уд}=0,099$ Ом/км= $99 \cdot 10^{-6}$ Ом/м.

Автоматический выключатель АВ1:

- тип ВА47-100, $I_n=63$ А;
- $R_{кв}=0,12$ мОм;
- $X_{кв}=0,05$ мОм

Кабельная линия КЛ2:

- ППВ-5х4,0 длина $l=25$ м;
- $R_{уд}=1,79$ Ом/км= $1,79 \cdot 10^{-3}$ Ом/м;
- $X_{уд}=0,073$ Ом/км= $73 \cdot 10^{-6}$ Ом/м.

Автоматический выключатель АВ2:

- тип ВА47-29, $I_n=25$ А;
- $R_{кв}=0,09$ мОм;
- $X_{кв}=0,03$ мОм.

Определим параметры схемы замещения используя прямую последовательность расчета (см. рисунок 5.2).

Сопротивления схемы замещения приведем к $U_{баз} = 0,4$ кВ.

Система.

Сопротивление системы учитывается индуктивным сопротивлением в расчетной схеме:

$$X_c = \frac{U_{н.нн}^2}{S_k} 10^3 = \frac{0,4^2}{4} 10^3 = 40 \text{ мОм} \quad (5.1)$$

Трансформатор тока.

Активные и индуктивные сопротивления обмоток трансформатора тока:

- $K_{тт}=0,33$ мОм;
- $X_{тт}=0,3$ мОм.

Трансформатор.

Активные и индуктивные сопротивления обмоток трансформатора:

- $R_T=9,4$ мОм,

- $X_T= 27,2$ мОм.

Активные и индуктивные сопротивления первой кабельной линии КЛ1 определяется по известным удельным сопротивлением КЛ1 и его длине:

$$R_{1КЛ1} = R_{уд1} * l_1 = 1,84 * 10^{-3} * 2 = 3,68 * 10^{-3} \text{ Ом} \quad (5.2)$$

$$X_{1КЛ1} = X_{уд1} * l_1 = 99 * 10^{-6} * 2 = 0,198 * 10^{-3} \text{ Ом} \quad (5.3)$$

Активные и индуктивные сопротивления автоматического выключателя АВ1:

- $R_{КВ}=0,12$ мОм;

- $X_{КВ}=0,05$ мОм.

Активные и индуктивные сопротивления второй кабельной линии КЛ2 определяется по известным удельным сопротивлением КЛ2 и его длине:

$$R_{2КЛ2} = R_{уд2} * l_2 = 1,79 * 10^{-3} * 25 = 53,7 * 10^{-3} \text{ Ом} \quad (5.4)$$

$$X_{2КЛ2} = X_{уд2} * l_2 = 73 * 10^{-6} * 25 = 2,19 * 10^{-3} \text{ Ом} \quad (5.5)$$

Активные и индуктивные сопротивления автоматического выключателя АВ2:

- $R_{КВ}=0,09$ мОм;

- $X_{КВ}=0,03$ мОм.

По схеме замещения прямой последовательности суммарные сопротивления $R_{1\Sigma}$ и $X_{1\Sigma}$ определяется арифметическим суммированием сопротивлений до точки КЗ (К1):

$$R_{1\Sigma} = 0,33 + 9,4 + 0,00368 + 0,12 = 9,85 \text{ мОм} \quad (5.6)$$

$$X_{1\Sigma} = 40 + 0,3 + 27,2 + 0,000198 + 0,05 = 67,55 \text{ мОм} \quad (5.7)$$

Полное суммарное сопротивление до точки К1:

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{2\Sigma}^2} = \sqrt{9,85^2 + 67,55^2} = 68,26 \text{ мОм} \quad (5.8)$$

Ток трехфазного металлического КЗ:

$$I_{KM}^{(3)} = \frac{U_{H.HH}}{\sqrt{3} * Z_{\Sigma}^{(3)}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 68,26} = 3,38 \text{ кА} \quad (5.9)$$

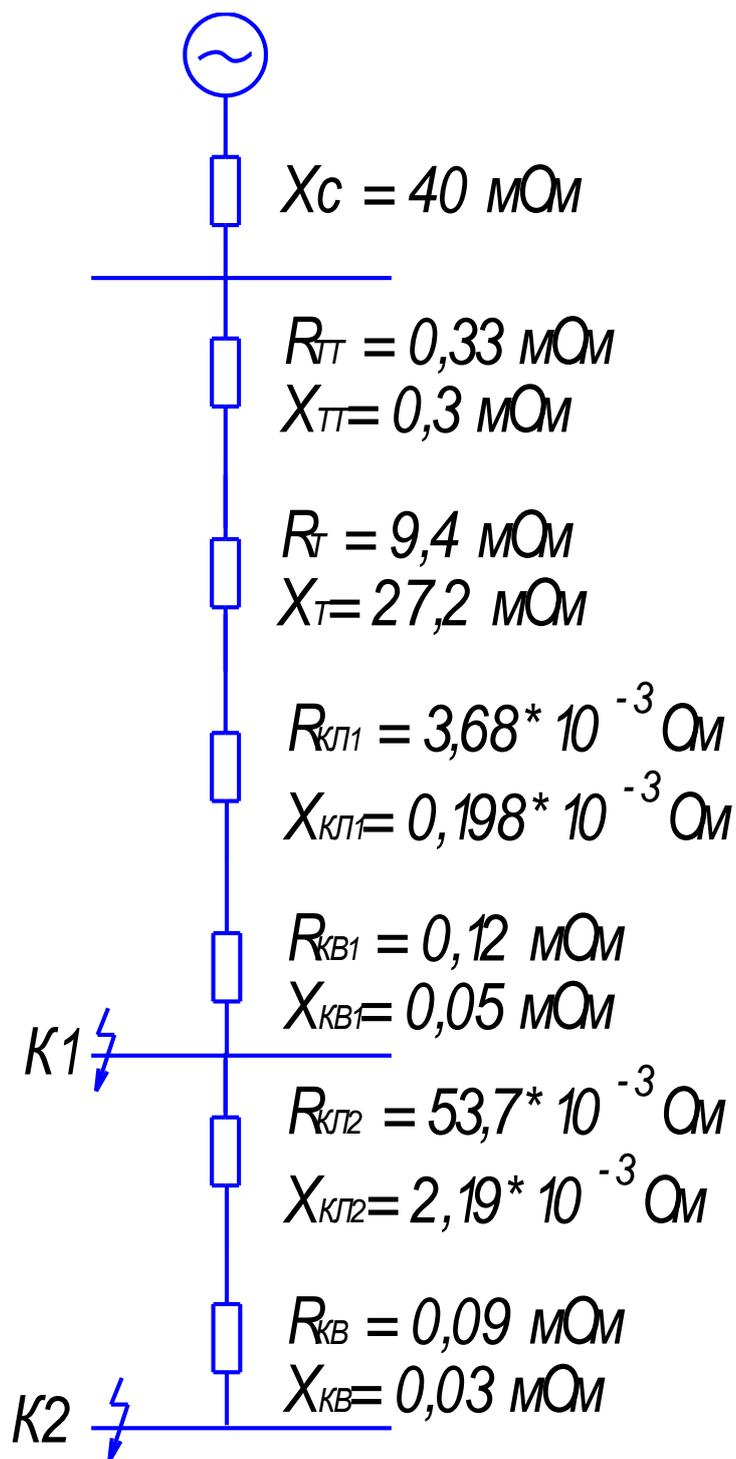


Рисунок 5.2 – Схема замещения прямой последовательности

Ток трехфазного дугового КЗ определяем с использованием снижающего коэффициента K_c .

Расчет дугового трехфазного КЗ выполняется в следующей последовательности.

1. Определяются значение снижающего коэффициента для начального момента КЗ (K_{C1}) и для установившегося КЗ (K_{C2}) по кривым 1, 2 [11].

При $Z_{\Sigma}^{(3)}=68,26$ мОм, $K_{C1}=0,84$, а $K_{C2}=0,75$.

2. Определяем для начала дугового процесса ток 3-ф дугового КЗ и его установившегося процесса

$$I_{КД}^{(3)} = I_{КМ}^{(3)} * K_{C1} = 3,38 * 0,84 = 2,83 \text{ кА}; t_{КЗ} < 0,05 \text{ с} \quad (5.10)$$

$$I_{КД}^{(3)} = I_{КМ}^{(3)} * K_{C2} = 3,38 * 0,75 = 2,53 \text{ кА}; t_{КЗ} > 0,05 \text{ с} \quad (5.11)$$

По [11] найдем постоянную времени, для того чтобы определить ударный коэффициент K_u :

$$\tau = \frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{67,55}{9,85} = 6,85 \quad (5.12)$$

Полученной τ соответствует $K_u = 1,61$

Находим ударный ток КЗ:

$$i_y = K_u * \sqrt{2} * I_{КМ}^{(3)} = 1,61 * \sqrt{2} * 3,38 = 7,69 \text{ кА} \quad (5.13)$$

Вывод: рассчитанный ток трехфазного дугового КЗ равный 2,83 кА и ударный ток равный 7,69 кА меньше предельной коммутационная способность переменного тока $I_{сч} = 18$ кА для выбранного мною автомата ВА47-100 ЗР 63А 10кА УХЛЗ.

По формулам (5.6-5.13) выполним расчет токов КЗ для точки K_2 .

$$R_{1\Sigma} = 0,09 + 0,0537 = 0,14 \text{ мОм}$$

$$X_{1\Sigma} = 0,03 + 0,00219 = 0,03 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{0,14^2 + 0,03^2} = 0,146 \text{ мОм}$$

$$I_{КМ}^{(3)} = \frac{U_{н.нн}}{\sqrt{3} * Z_{\Sigma}^{(3)}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 0,146} = 1,58 \text{ кА}$$

При $Z_{\Sigma}^{(3)}=0,146$ мОм, $K_{C1}=0,55$, а $K_{C2}=0,45$.

$$I_{КД}^{(3)} = I_{КМ}^{(3)} * K_{C1} = 1,58 * 0,55 = 0,87 \text{ кА}; t_{КЗ} < 0,05 \text{ с}$$

$$I_{КД}^{(3)} = I_{КМ}^{(3)} * K_{C2} = 1,58 * 0,45 = 0,71 \text{ кА}; t_{КЗ} > 0,05 \text{ с}$$

$$\tau = \frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{0,03}{0,14} = 0,21$$

Полученной τ соответствует $K_u = 1,0$

$$i_y = K_u * \sqrt{2} * I_{KM}^{(3)} = 1,0 * \sqrt{2} * 1,58 = 2,23 \text{ кА}$$

Вывод: рассчитанный ток 3-ф дугового КЗ равный 1,58 кА и ударный ток равный 2,23 кА меньше предельной коммутационная способность переменного тока $I_{cu} = 6 \text{ кА}$ для выбранного мною автомата ВА47-29 4,5кА 3Р 25А УХЛ3.

6. Выбор коммутационного оборудования, проводов, кабелей

6.1 Выбор автоматических выключателей и распределительных щитов

При подборе автоматических выключателей (АВ) руководствуются следующими требованиями [14]:

- $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- $I_{раб} \leq I_{ном}$;
- величине тока срабатывания;
- с учетом особенностей конструкции аппарата.

1) Выбираем АВ для электроводонагревателей:

- $U_{ном} = 220 \text{ В}$;
- $I_{ном} = 6,2 \text{ А}$;
- крепление – дин-рейка, УХЛЗ, IP20 [14].

Подобрал по каталогам: АВ серии ВА47-29 ГОСТ Р 50345.

Для их размещения выбрали щит учетно-распределительный ЩУР-06-Н-21 УЗ, где 06 – номер схемы (для электротепловых нагрузок), Н- исполнение по способу установки – навесное, 21- степень защиты по ГОСТ 14254 – IP21, УЗ – климатическое исполнение по ГОСТ 15150.

2) Произведем выбор для канальных вентиляторов и приточной установки:

- $U_{ном} = 220 \text{ В}$;
- $I_{ном} = 18,78 \text{ А}$;
- крепление – дин-рейка, УХЛЗ IP20 [14].

Подобрал по каталогам: трехполосный АВ ВА47-29-3п ГОСТ Р 50345

Для их размещения выбрал щит учетно-распределительный ЩУР-05-Н-21 УЗ – для вентиляционных нагрузок.

3) Произведем выбор для насоса проточного:

- $U_{ном} = 380 \text{ В}$;
- $I_{ном} = 8,6 \text{ А}$;

-дин-рейка, УХЛЗ,IP20.

Подобрал по каталогам: трехполосный АВ серии ВА47-29-3п ГОСТ Р 50345.

Для их размещения выбрал шкаф Ш81-Ин8Н-1А-25-1/0-02-31УЗ – специализированный шкаф для управления насосами.

4) Произведем выбор для насоса циркуляционного:

- $U_{ном} = 380 \text{ В}$; - $I_{ном} = 2,8 \text{ А}$;

- дин-рейка, УХЛЗ,IP20.

Подобрал по каталогам: трехполюсные АВ ВА47-29-3п ГОСТ Р 50345

Для их размещения выбрал шкаф Ш81-Ин8Н-1А-25-1/0-02-31УЗ – специализированный шкаф для управления насосами.

5) Произведем выбор для насоса пушка:

- $U_{ном} = 220 \text{ В}$;

- $I_{ном} = 6,3 \text{ А}$;

- дин-рейка, УХЛЗ,IP20.

Подобрал по каталогам: трехполюсные АВ серии ВА47-29-1п ГОСТ Р 50345 .

Для их размещения выбрал шкаф Ш81-Ин8Н-1А-25-1/0-02-31УЗ - специализированный шкаф для управления насосами.

б) Щиток осветительный:

- $U_{ном} = 220 \text{ В}$;

- $I_{ном} = 3,6 \text{ А}$;

- корпус металлический, IP44.

Выбрал: щиток модульный осветительный ШОМ-12-IP44 УЗ с вводным автоматом на 63А, линейные 3х6,3А плюс 3х16А: щиток комплектуется DIN-рейками, шинами «N» и «PE». [14]

7) Выбор распределительного щита для вводного устройства 1ВУ:

- $U_{ном} = 380 \text{ В}$;

- $I_p = 45,6 \text{ А}$ (с учетом резерва);

- $P_y = 29,5 \text{ кВт}$;

- $P_p=24,0$ кВт.

Выбрал ШУР-01-Н-21 У3 (см. рисунок 6.1 и 6.2, таблица 6.1) [15]

Щиты учетно-распределительные ЩУР изготавливаются в соответствии с ТУ ВУ 691768257.001-2014. Основное назначение ЩУР — это учет и распределение электроэнергии, а также защиты от перегрузки и токов короткого замыкания напряжением 380/220 В частотой 50 Гц.



Рисунок 6.1- Щит распределительный ШУР-01-Н-21 У3

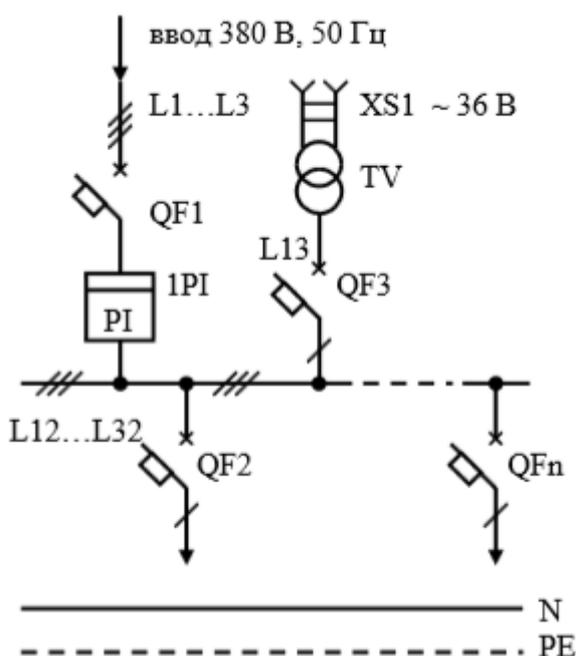


Рисунок 6.2- Схема электрическая принципиальная ШУР-01-Н-21 У3

По каталогам подобрал:

- вводный трехполосный выключатель АВ серии ВА47-100-3п ГОСТ Р 50345;
- трехфазный счетчик электрической энергии ЭЭ8005/2(10-60 А).

6.2 Расчет питающих линий

Для выбора кабелей питающих линий воспользуемся формулами 6.1- 6.6.

Определение расчетного тока в нормальном режиме [25]:

$$I_{1\text{ расч.}} = \frac{S_{\text{р.л.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} \quad (6.1)$$

Выбор сечения жил кабелей по экономической плотности тока

$$F_{\text{э}} = I_{\text{р.л.}} / j_{\text{эк}} \quad (6.2)$$

Проверка выбранных сечений кабелей по нагреву

$$I_{\text{дон}} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{\text{дон}} \quad (6.3)$$

Проверка выбранных сечений по условиям токораспределения в до аварийном режиме

$$I_{\text{дон.ав.}} = 1,3 \cdot I_{\text{дон}} \quad (6.4)$$

Проверка сечений жил кабелей по потерям напряжения

$$\Delta U = I_{\text{доав}} \cdot r \cdot \cos \varphi, \quad (6.5)$$

Результаты расчета и выбора гибких проводов силовых линий сведены в таблицу 6.1, линий освещения – в таблицу 6.2.

Стандартный вариант провода ВВГ – двойная изоляция из ПВХ, не имеющая дополнительных защитных характеристик;

Защитная обмотка провода марки ВВГнг выполнена из негорючего ПВХ материала, позволяющая его использовать практически в любой сфере, в том числе и во влажных условиях.

Таблица 6.1- Выбор кабелей и проводов силовых линий

Число и сечение жил, напряжение	Марка	
	ВВГзнг	ВВГ
3x1,5	45	
3x4	5	
5x2,5	-	
5x4	14	
4x16	27	

Таблица 6.2- Выбор кабелей и проводов освещения

№ п/п	Наименование	Тип, марка, характеристика	Кол- во	Примечание
<i>Кабель силовой U=0,66 кВ, с медными жилами, не распространяющий горение, круглого сечения, ГОСТ 16442-80</i>				
1	2x1,5 мм ²	ВВГзнг-0,66	30 м	
2	3x1,5 мм ²	ВВГзнг-0,66	80 м	
3	4x1,5 мм ²	ВВГзнг-0,66	40 м	
4	5x1,5 мм ²	ВВГзнг-0,66	10 м	
<i>Провод со скрученными медными жилами с ПВХ изоляцией, с ПВХ оболочкой, гибкий, U=0,66 кВ, не распространяющий горение ГОСТ 7399-99</i>				
5	2x0,75 мм ²	ПВСн-0,38	25 м	

6.4 Расчет защитного заземления

Заземляющее устройство рассчитывается по норме на допустимое сопротивление растеканию, которое не должно превышать 0,5 Ом и проектируется в виде наружного контура заземления. Допустимое

сопротивление заземляющего устройства $R_d \leq 4 \text{ Ом}$.

Проектируемое заземляющее устройство должно быть выполнено с соблюдением требований ПУЭ, электробезопасности и требований электромагнитной совместимости для микропроцессорной аппаратуры РЗиА и контрольных кабелей. Расположение заземлителей показано на рисунке 6.3



Рисунок 6.3- Расположение заземлителя

Для организации заземления прокладывают вертикальные заземлители из круга диаметром 15 мм. Расчет заземления выполним по методике, представленной в [21].

Основные параметры рассчитываемой системы заземления:

- удельное сопротивление грунта (супесок, 300 Ом*м);
- вертикальные стержни из круглых стальных прутков диаметром $d_{\text{стержн}} 15$ мм и длиной $l_{\text{стержн}} 1,5$ м (см. рисунок 6.4);
- режим нейтрали установки (глухозаземленная).

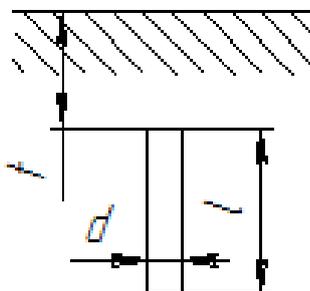


Рисунок 6.4- Схема вертикальных стержней в грунте

Для схемы рисунка 6.4 выбираем геометрические размеры:

$$l = 1,5 \text{ м}; d = 0,015 \text{ м}; t = 1,2 \text{ м}; t = 1,2 + 0,75 = 1,95$$

Необходимое сопротивление грунта для вертикальных и горизонтальных заземлителей считаем с учетом повышающего коэффициента, учитывающего колебания грунта по сезонам года.

Вертикальный электрод имеет определенное сопротивление растеканию, которое рассчитывается по следующей формуле:

Сопротивление растеканию тока с одного заземлителя (6.6)

$$R1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right) \quad (6.6)$$

$$R1 = \frac{300}{2 \cdot \pi \cdot 1,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 1,5}{0,015} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,95 + 1}{4 \cdot 1,95 - 1} \right) = 201,2 \hat{\Omega}$$

Вертикальные заземлители (ориентировочное количество) с учетом коэффициента использования $k_{исп.вер}$, определяемого из [12], рассчитываются по следующей формуле:

$$n = \frac{R1}{R\grave{a}} \quad (6.7)$$

$$n = \frac{201,2}{4} = 50,3 \text{ шт}$$

Принимаем $N = \approx 50$ шт. параллельно соединенных заземлителей

Сопротивление растеканию горизонтальных заземлителей определяется расчетом при помощи следующей формулы:

$$R2 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\Gamma}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\Gamma}^2}{d \cdot t} \quad (6.8)$$

где

$$l_{\Gamma} = 1,05 \cdot m \cdot n = 1,05 \cdot 1,0 \cdot 50 = 52,5 \text{ м} \quad (6.9)$$

$$R2 = \frac{300}{2 \cdot \pi \cdot 52,5} \cdot \ln \frac{2 \cdot 52,5^2}{0,015 \cdot 1,95} = 11,05 \text{ Ом}$$

Сопротивление вертикальных электродов необходимо уточнить с добавлением проводимости горизонтальных электродов:

$$R_{\text{вер.эл.угчн}} = \frac{R_{\Gamma}^* R_3}{R_{\Gamma} - R_3} \quad (6.10)$$

где

$$R'_\Gamma = \frac{R_\Gamma}{\eta_\Gamma} = \frac{0,866}{0,36} = 2,4 \text{ Ом} \quad (6.11)$$

$$R_{\text{вер.эл.утчн}} = \frac{2,4 \cdot 1,28}{2,4 - 1,28} = 2,587 \text{ Ом}$$

Определим окончательное сопротивление заземляющего устройства с учетом окончательного числа вертикальных электродов по следующей формуле:

$$R_{\text{и}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 \cdot \eta_\Gamma + R_2 \cdot n \cdot \eta_{\text{в}}} = \frac{201,2 \cdot 11,05}{201,2 \cdot 0,75 + 11,05 \cdot 50 \cdot 0,7} = 3,13 \text{ Ом} \quad (6.12)$$

Сопротивление заземления получилось меньше максимально допустимого 4 Ом.

7. Молниезащита здания

Защита изоляции существующего и вновь устанавливаемого оборудования на защищаемой территории от прямых ударов молнии осуществляется при помощи стержневых отдельностоящих молниеотводов, порталных молниеотводов и молниеотводов на прожекторных мачтах.

Оборудование должно защищаться от импульсных перенапряжений, возникающих при ударах молнии в молниеотводы или находящиеся в непосредственной близости от подстанции сооружения на подстанционном щите собственных нужд также должны защищаться молниеотводами. В данном случае молниеотводы на порталах выступают как отдельно стоящие молниеотводы и, рассчитав один, можно применить те же цифры к другим молниеотводам.

Стандартной зоной защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h является круговой конус высотой $h_0 < h$, вершина которого совпадает с вертикальной осью молниеотвода (рисунок 7.1)

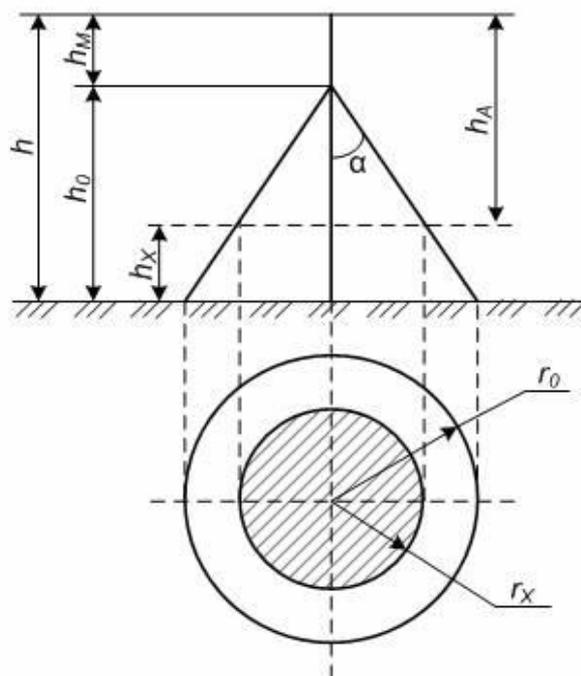


Рисунок 7.1 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Высота молниеотводов равна $h = 20$ м (принимаем к расчету). Радиус горизонтального сечения $r_{гор}$ м, для зоны защиты на высоте h_x определяется по формуле:

$$r_x = \frac{1.6 * h_a * \rho}{1 + \frac{h_x}{h}}, \quad (7.1)$$

где ρ - коэффициент для различных высот молниеотвода. Принимаем для $h \leq 30$ м $\rho = 1$

$$r_x = \frac{1.6 * 8 * 1}{1 + \frac{12}{20}} = 8 \text{ м},$$

Получаем площадь защищаемого здания составила $200,96 \text{ м}^2$, что меньше требуемой. Увеличим высоту молниеотвода и пересчитаем площадь. Получаем:

- $h = 25$ м;

- $h_a = 13$ м;

- $r_x = 14$ м;

- защищаемая площадь 615 м^2 , что больше необходимой.

Заключение

В выпускной квалификационной работе разработано электрооборудование и электрохозяйство физкультурно-оздоровительного комплекса.

В результате работы спроектировано экономически эффективная и надежная схема электрооборудования и электрохозяйства физкультурно-оздоровительного комплекса. За основу расчета были взяты данные о проектных нагрузках комплекса. К расчету были приняты следующие данные: $P_p = 30,524$ кВт, $Q_p = 17,028$ квар, $S_p = 34,952$ кВА. В ходе выполнения работы выполнены расчеты электрических нагрузок, выбор трансформаторов, расчет и выбор защитной, коммутационной аппаратуры, гибких проводов и кабелей, расчет заземления и молниезащиты.

Список использованных источников

1. Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий [Электронный ресурс]/ Электрон. дан. – режим доступа:<http://www.powerport.ru/articles/?item=12>– Загл. с экрана.
2. СНиП 2.08.02-89 «Общественные здания и сооружения».Издание официальное [Электронный ресурс]/ Режимдоступа:[file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/\snip_2.08.02-89%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/\snip_2.08.02-89%20(1).pdf) – Загл. сэкрана.
3. СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания». Издание официальное [Электронный ресурс]/ Режимдоступа:http://mfarm.ru/sites/default/files/node_files/snip_2.09.04-87_administrativnye_i_bytovye_zdaniya.pdf – Загл. сэкрана.
4. Вопросы электроснабжения, электрооборудования физкультурно-оздоровительного комплекса [Электронный ресурс]/ Учебные материалы для студентов. Режимдоступа:<http://vunivere.ru/work68937>– Загл. сэкрана.
5. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений : учеб. пособие / Э. А. Киреева. - Гриф УМО- Москва: Кнорус, 2015. - 233 с.
6. Вахнина, В.В. Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.
7. Кудрин, Б.И. Электроснабжение : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подгот. "Электроэнергетика и электротехника" / Б. И. Кудрин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Академия, 2012. - 351 с.
8. Шлейников, В.Б. Электроснабжение силовых электроприемников цеха промышленного предприятия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Шлейников, Т. В. Сазонова. - Оренбург : ОГУ, 2012. - 110 с.
9. Фролов, Ю.М. Основы электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 480 с.

10. Вахнина, В.В., Проектирование осветительных установок: учебное пособие / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко, Т.А. Рыбалко, О.В. Самолина. – Тольятти: ТГУ, 2014. - 117 с.

11. Коробов, Г.В. Электроснабжение : курсовое проектирование : учеб. пособие для вузов / Г. В. Коробов, В. В. Картавцев, Н. А. Черемисинова ; под общ. ред. Г. В. Коробова. - Изд. 3-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 191 с.

12. Шаповалов, С.В. Энергосбережение и энергосберегающие технологии : учеб. пособие / С. В. Шаповалов, О. В. Самолина, Н. А. Шаповалова ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2012. - 98 с.

13. Электроснабжение [Электронный ресурс] : методические указания к курсовой работе для студентов по направлению подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника» профиля подготовки «Электропривод и автоматика» очной и очно-заочной форм обучения / сост. Т. В. Синюкова. - Липецк : ЛГТУ, 2013. - 26 с.

14. Электроснабжение : расчет токов короткого замыкания [Электронный ресурс] : метод. указания к практ. и курсов. работам / Липецкий государственный технический университет ; сост. Т. В. Синюкова. - Липецк : ЛГТУ, 2014. - 46 с.

15. Тараканов, В.П. Информационно-измерительная техника и электроника. Электрические измерения в системах электроснабжения : учеб.-метод. пособие / В. П. Тараканов, М. С. Макеев ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 87 с.

16. Стрельников, Н.А. Электроснабжение промышленных предприятий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. А. Стрельников. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - 100 с.

17. Юндин, М.А. Курсовое и дипломное проектирование по электроснабжению сельского хозяйства : учеб. пособие для студентов аграр.

вузов, обуч. по направлению 110300 "Агроинженерия" / М. А. Юндин, А. М. Королев. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2016. - 319 с.

18. Данилов, М.И. Инженерные системы зданий и сооружений [Электронный ресурс] : (электроснабжение с основами электротехники) : учеб. пособие / М. И. Данилов, И. Г. Романенко ; Сев.-Кавказ. федерал. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 223 с.

19. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки 140400 "Электроэнергетика и электротехника" / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - 4-е изд., стер. - Москва : КНОРУС, 2014. - 648 с.

20. Электроснабжение строительных площадей [Электронный ресурс] : метод. указания / сост. В. В. Резниченко, Б. Н. Воронков. - Санкт-Петербург : СПбГАСУ : ЭБС АСВ, 2014. - 33 с.

21. Шукуров, И.С. Инженерные сети [Электронный ресурс] : учебник / И. С. Шукуров, К. И. Микири. - Москва : МГСУ : ЭБС АСВ, 2016. - 278 с.

22. Конюхова, Е.А. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий (теория и примеры) [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. А. Конюхова. - Москва : Русайнс, 2016. - 159 с.

23. Сивков, А.А. Основы электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Сивков, Д. Ю. Герасимов, А. С. Сайгаш ; Томский политехнический университет. - 2-е изд., доп. - Томск : ТПУ, 2014. - 173 с.

24. Электроснабжение : выбор и проверка токоведущих частей и коммутационных аппаратов [Электронный ресурс] : метод. указания к практ. и курсов. работам / Липецкий государственный технический университет ; сост. Т. В. Синюкова. - Липецк : ЛГТУ, 2014. - 63 с.

25. Онищенко, Г.Б. Силовая электроника: силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения : учеб. пособие для бакалавров и магистров / Г. Б. Онищенко, О. М. Соснин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 121 с.

26. Kevin Kelly. Energy Saving Developments in Lighting Dublin Institute of Technology,2014.http://arrow.dit.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1016&context=engsch_eleb_k
27. Lighting System. Bureau of Energy Efficiency. [http://www.em-
ea.org/Guide%20Books/book-3/Chapter%203.8%20Lighting%20System.pdf](http://www.em-
ea.org/Guide%20Books/book-3/Chapter%203.8%20Lighting%20System.pdf)
28. EnergyEfficiency. Solutions Book. Schneider Electric Industries SAS.[http://www.schneider-electric.co.uk/medias/solutions/downloads/152-ee-solution-
book.pdf](http://www.schneider-electric.co.uk/medias/solutions/downloads/152-ee-solution-
book.pdf)
29. Sustainable development: act now for tomorrow. Power guide 2012. Legrand.<http://www.export.legrand.com/files/fck/pdf-EN/Power-Guide-Book-1.pdf>
30. Recommendations for Energy Efficient Exterior Lighting Systems. The Institution of Engineering and Technology. [http://eartheasy.com/ live_energys_eff
lighting.htm](http://eartheasy.com/ live_energys_eff
lighting.htm)