

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 Дома культуры

Обучающийся

И.Ю. Москалев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Ю.В. Черненко

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

Тольятти 2022

Аннотация

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку проекта электроснабжения Дома культуры.

В работе приведена характеристика источника электроснабжения и выполнено обоснование принятой схемы электроснабжения. Рассмотрены вопросы организации противодымной и общеобменной вентиляции, а также вопросы автоматизации её функционирования. В соответствии с требованиями нормативных документов предусмотрена организации системы антиобледенения. Определены категории по надежности электроснабжения электроприемников, принято решение о снабжение всего Дома культуры по первой категории. Выполнено определение расчётных нагрузок как потребляемых основным электрооборудованием, установленным внутри здания Дома культуры, так и в котельной. В качестве резервного источника электроснабжения выбрана дизель-генераторная установка. Рассмотрены вопросы компенсации реактивной мощности и выбрана мощность компенсирующего устройства в целях приведения коэффициента мощности к нормируемым значениям. Составлен перечень мероприятий по обеспечению энергетической эффективности. Выполнен расчёт кабельной линии до ВРУ Дома культуры, определены потери напряжения в ней. Выполнен расчёт токов короткого замыкания и проверена селективность аппаратов защиты. Рассмотрены вопросы организации системы заземления и молниезащиты зданий. Выполнен выбор проводов и осветительной арматуры, а также произведен расчёт систем рабочего и аварийного освещения Дома культуры.

ВКР бакалавра состоит из записки объемом 47 страниц печатного текста и графической части, выполненной на листах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика источника электроснабжения и обоснование принятой схемы электроснабжения	7
1.1 Схема электроснабжения Дома культуры	7
1.2 Организация противодымной вентиляции	8
1.3 Автоматизация систем вентиляции.....	10
1.4 Система антиобледенения.....	11
2 Анализ требований к надёжности электроснабжения электроприемников Дома культуры и определение расчетных нагрузок.....	12
3 Решения по обеспечению электроэнергией электроприёмников в соответствии с установленной классификацией в рабочем и аварийном режимах	19
3.1 Компенсация реактивной мощности и защита сетей	20
3.2 Мероприятия по обеспечению энергетической эффективности.....	21
3.3 Резервирование электроэнергии.....	23
4 Заземление (зануление) и молниезащита	29
4.1 Защитные меры безопасности	29
4.2 Молниезащита дома культуры	30
4.3 Молниезащита ДГУ	32
4.4 Молниезащита котельной	32
4.5 Заземление	33
5 Выбор проводов и осветительной арматуры, систем рабочего и аварийного освещения.....	34
5.1 Внутреннее освещение Дома культуры.....	37
5.2 Система наружного освещения	40
Заключение	42
Список используемой литературы	45

Введение

Под учреждением клубного типа, относящемуся к ведению органов местного самоуправления, понимается организация, основной деятельностью которой является создание условий для занятий любительским художественным творчеством, предоставление населению услуг социально-культурного, просветительского и досугового характера.

Состав помещений проектируемого Дома Культуры (ДК) определяется заданием на проектирование, а их площадь и функциональная взаимосвязь определяются планировочными и технологическими требованиями. Проектируемый ДК в составе своих помещений совмещает зрелищную часть (зрительный зал), клубную часть (студийно-кружковые помещения) и служебно-бытовые помещения.

Расположения проектируемого здания ДК на карте местности приведено на рисунке 1.

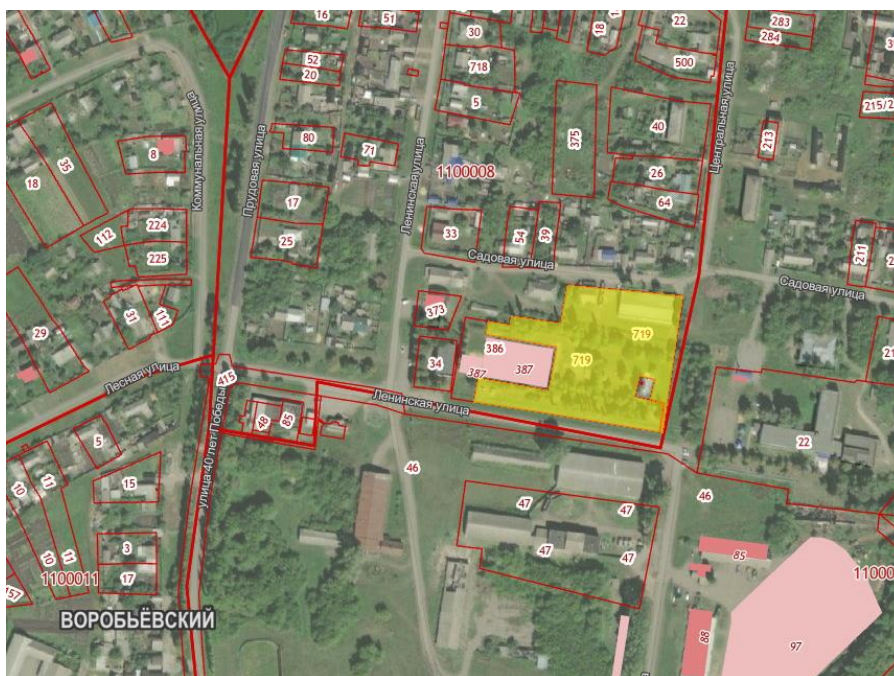


Рисунок 1 – План расположения проектируемого здания ДК на карте местности

Согласно СП 309.1325800.2017 проектируемый ДК по уровню комфорта зрелищной части относится к третьей группе – нормальный, в соответствии с

которым назначаются состав и требования к размерам помещений.

Зрительный зал на 120 мест с открытой в зал эстрадой 1-го типа является основным планировочным элементом проектируемого здания, он предназначен для проведения собраний, концертных программ. Высота уровня планшета эстрады над уровнем пола зрительного зала – 0,75 м. Высота помещения зрительного зала 6,25 м.

Зрительные места представлены стационарными театральными креслами. Габариты одного зрительского места с учетом прохода между рядами 0,6х0,95м, в ряду 11 непрерывно установленных мест. Также в первом ряду зрительного зала зарезервировано 2 места для инвалидов на колясках. В зале оборудовано место для работы DJ-звукооператора.

С учётом экономической целесообразности и исходя из прогнозируемой потребности, для функционального оснащения проектируемого объекта принят минимально необходимый набор технологического оборудования.

В число технологических помещений, обслуживающих сценическую площадку, входит помещение инвентарной оборудованное стеллажами и имеющее непосредственное сообщение со сценой.

В непосредственной близости от эстрады располагаются помещения артистической уборной - костюмерной и гримерной предназначенные для переодевания в сценические костюмы, наложения грима и отдыха артистов. Помещения рассчитаны на одновременное нахождение до 10 человек.

Входная группа представлена несколькими помещениями: тамбур, кассовая кабина, вестибюль с гардеробом, пожарным постом и фойе с буфетной зоной. Членение внутреннего пространства фойе - вестибюля на отдельные и вместе с тем связанные друг с другом зоны дает возможность перераспределения площадей зон в зависимости от проводимого мероприятия, количества посетителей, времени года и т.д.

В фойе - вестибюле устанавливаются мягкие банкетки, подставки под горшечные цветы.

К фойе-вестибюлю примыкает буфет с буфетной зоной, рассчитанной на

установку 4-х столиков-стоек, рассчитанных на одновременный прием пищи не более, чем 16 человек. Работа буфета предусмотрена на время культурно-массовых мероприятий для реализации готовых холодных закусок, кулинарных, мучных кондитерских и булочных изделий, горячих (чай, кофе) и холодных напитков в потребительской упаковке. Проектом предусмотрена установка холодильника-витрины, холодильной витрины со стеллажами, производственным столом, микроволновой печью, чайником электрическим.

Студийно-кружковые помещения представлены музыкальным кружком и кружком народного творчества.

Помещение кружка народного творчества предусмотрено для занятий народными промыслами и рассчитано на 4-5 человек. Помещение оборудовано раскладными столами для рукоделия, стульями, шкафами и стеллажами, станками для вышивания напольными, выделено рабочее место для руководителя кружка.

Музыкальный кружок предназначен для занятий и репетиций музыкальных и вокальных коллективов численностью до 10 чел., хранения инструментов и нотного материала, оборудован стульями, столом руководителя, шкафами, проектором короткофокусным. Для прослушивания музыкального материала предусмотрен ноутбук с колонками.

В группу административно-служебных помещений входит кабинет администрации, помещение пожарного поста. Кабинеты оборудуются стандартным набором офисной мебели: столы рабочие, стол руководителя с брифинг-приставкой, тумбы с ящиками, стулья, шкафы для документов и для одежды.

Офисное оборудование представлено ноутбуком, многофункциональным устройством (с дополнительными функциями принтера, сканера, факсимильного устройства, копировального модуля), радиотелефоном.

Цель работы заключается в проектировании надежной и экономичной системы электроснабжения Дома культуры.

1 Характеристика источника электроснабжения и обоснование принятой схемы электроснабжения

Источником электроснабжения для проектируемого дома культуры является опора №3 ВЛ-0,4 кВ №1 КТП 115 ВЛ-10-1 от ПС 35 кВ.

Основной источник питания: ПС 35 кВ районного значения.

Силами сетевой организации планируется выполнить ряд работ:

- Реконструкцию КТП № 115 ПС-35 кВ в части:

- замены силового трансформатора мощностью 160 кВА на силовой трансформатор большей мощности;

- замены автоматического выключателя 0,4 кВ в РУ-0,4 кВ на автоматический выключатель 0,4 кВ с большими номинальными параметрами.

- Реконструкцию ВЛ-0,4-1 КТП № 115 ВЛ-10-1 ПС 35 кВ в части замены провода в пролете опор № 1-3 на провод большего сечения протяженностью 0,12 км.

- Организацию учета электроэнергии на границе балансовой принадлежности с установкой трехфазного электронного счетчика полукосвенного включения класса точности не ниже 1,0.

1.1 Схема электроснабжения Дома культуры

В электрощитовой устанавливается шкаф ШАВР и ВРУ марки ЩР8501С производства ОАО «СОЭМИ».

Питание токоприёмников проектируемого здания осуществляется по I категории. Переключение с основного на резервный ввод осуществляется автоматически через АВР [1].

Питание токоприёмников системы ПС и СОУЭ, системы дымоудаления осуществляется со щита 1 ЩС (панель систем ППУ), имеющего отличительную от ВРУ окраску (окрашен в красный цвет). Щит 1 ЩС запитан

от аппарата защиты вводного ВРУ и установлен в электрощитовой. Щит систем ППУ и АВР имеют боковые стенки для противопожарной защиты, установленной в них аппаратуры.

Схема электроснабжения соответствует требованиям технической эксплуатации электроустановок и удовлетворяет необходимому уровню надежности. Все элементы в нормальном режиме работы находятся под нагрузкой. Нагрузка на ВРУ приведена в расчетной схеме. Специальные мероприятия, обеспечивающие регулирование нагрузки объектов в аварийных режимах работы энергосистемы, проектом не предусматриваются [2].

Электроустановки в проекте приняты с глухозаземлённой нейтралью трансформатора – система TN-C-S. Напряжение сети 0,4/0,23 кВ переменного тока 50 Гц.

Распределительные устройства – максимально приближены к потребителям, чем достигается сокращение протяжённости магистральных и распределительных сетей в соответствии с требованиями энергоэффективности.

Распределительные секции щитов оборудованы автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями.

Применение комплектных и модульных распределительных устройств позволяет достичь экономии трудозатрат и соответствия требованиям энергоэффективности [4].

Согласно техническим условиям для учёта потребления электрической энергии необходимо предусмотреть установку счётчика электрической энергии на границе балансовой принадлежности, установку счётчика выполняет сетевая организация.

1.2 Организация противодымной вентиляции

Для питания и управления работой противодымной вентиляцией предусмотрены шкафы управления «Шквал», разработанные ООО «ВЕЗА».

Шкафы имеют сертификат соответствия и сертификат пожарной безопасности.

Шкаф «ШКВАЛ» осуществляет непрерывный контроль целостности линий связи между шкафом и исполнительными устройствами систем противопожарной защиты и техническими средствами, регистрирующими срабатывание средств противопожарной защиты.

Шкаф обеспечивает световую индикацию и звуковую сигнализацию (не менее 60 дБ на расстоянии 1-го метра от шкафа) в зависимости от типа индицируемого события с выдачей сигналов во внешние цепи и обеспечивает возможность автоматического и ручного управления исполнительными устройствами. Шкафы стандартно имеют вход пожарной сигнализации (Н.О. контакт) для перехода в режим «ПУСК».

Проектом предусмотрено автоматическое блокирование электроприемников систем вентиляции с электроприемниками систем противодымной защиты для [5, 7]:

а) отключения при пожаре всех систем вентиляции от датчиков АПС, с сохранением электропитания цепей защиты от замораживания. Согласно требованиям СП 60.13330.2016 п.12.2.1 отключение приточных систем при пожаре следует производить индивидуально для каждой системы с сохранением электропитания цепей защиты от замораживания;

б) включения систем противодымной защиты в следующей последовательности:

- открывание дымового клапана в системе ДВ1; ДВ2 «Гермик» с реверсивным электроприводом BELIMO в зоне пожара и на этаже пожара.

- включение системы противодымной защиты ДВ1; ДВ2.

- открывание клапана в системе ДПЕ1; ДПЕ2 КЭД с двумя реверсивными электроприводами BELIMO в зоне пожара и открывание клапана ГЕРМИК-ДУ с реверсивным электроприводом BELIMO у шахты воздухозабора ДПЕ1; ДПЕ2.

- открывание ДПЕ1; ДПЕ2 систем противодымной защиты с задержкой 20-30 с относительно ДВ.

- всё оборудование для противодымной защиты имеет автоматическое - от датчиков АПС, дистанционное - от кнопок у эвакуационных выходах и ручное - по месту управление.

- на дверях, выходящих наружу из помещений необходимо предусмотреть установку преобразователя давления для автоматического поддержания перепада давления не менее 20 Па и не более 150 Па.

1.3 Автоматизация систем вентиляции

В работе представлен ряд решений по автоматизации и оснащению КИП оборудования систем общеобменной вентиляции [6].

Управление системами вентиляции осуществляется шкафами приборов управления автоматики ШСАУ.

Управление приточной системой вентиляции предполагает:

- поддержание температуры приточного воздуха в подающем воздуховоде в холодное время года;

- поддержание температуры приточного воздуха приточной системы в зависимости от температуры наружного воздуха;

- защиту водяного калорифера приточной системы от замерзания;

- контроль потока воздуха при работающем вентиляторе по датчику перепада давления;

- контроль загрязнения фильтра, установленного в приточном канале;

- местное управление включением-отключением и сигнализацию работы системы вентиляции со щита управления посредством светосигнальной и пусковой аппаратуры расположенной на лицевой панели щита;

- дистанционное управление включением-отключением системы вентиляции с пожарного поста посредством ПДУ;

- отключение вентустановок при срабатывании пожарной сигнализации.

1.4 Система антиобледенения

Согласно требованиям, п.9.13 СП 17.13330.2017 для предотвращения образования наледи и сосулек в водосточной системе кровли, а также скопления снега и наледей в водоотводящих желобах и на карнизном участке следует предусматривать установку на кровле кабельной системы противообледенения [8, 10].

Для обогрева используется нагревательный кабель DEVI^{snov} TM, укладываемый в желоб на кровле и в водосточных трубах. Для крепления кабеля используются крепёжные изделия. Питание нагревательных кабелей выполнено от силового щита с автоматическим выключателем на вводе и дифференциальными автоматическими выключателями в групповых линиях. Включение системы обогрева выполняется терморегулятором [9].

Выводы по разделу.

Приведены сведения о системе внешнего электроснабжения Дома культуры. В электрощитовой устанавливается шкаф ШАВР и ВРУ марки ЩР8501С производства ОАО «СОЭМИ». Питание электроприёмников проектируемого здания осуществляется по I категории. Переключение с основного на резервный ввод осуществляется автоматически через АВР. Рассмотрены вопросы организации работы систем противодымной вентиляции, общеобменной вентиляции и системы антиобледенения.

2 Анализ требований к надёжности электроснабжения электроприемников Дома культуры и определение расчетных нагрузок

В соответствии с требованиями ПУЭ т.7.2.1 большая часть токоприёмников проектируемого здания ДК относятся к III категории. В здании присутствуют токоприёмники, электроснабжение которых необходимо выполнить по I категории [11]:

- токоприёмники системы ППЗ. Мощность потребления токоприёмников системы ППЗ - 32,7 кВт.

- токоприёмники вентиляции. Мощность потребления $P_p = 19,1$ кВт.

- станция пожаротушения. Мощность потребления - 8,9 кВт.

Согласно требованиям СП 256.1325800. 2016 п.8.9 при наличии в здании электроприёмников, требующих первой категории по степени надёжности электроснабжения, рекомендуется питание всего здания выполнять от двух независимых источников с устройством АВР независимо от требуемой степени обеспечения надёжности электроснабжения других токоприёмников. Принято решение выполнить электроснабжение всего здания по I категории с установкой ДЭС для электроснабжения всего здания.

I категория электроснабжения обеспечивается применением ДЭС марки ЭД-70-Т400-2РН 2 степени автоматизации и установкой АВР на вводе в здание.

Питание электроприёмников здания выполняется от сети с глухозаземлённой нейтралью, напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц, с системой заземления TN-C-S.

Для обеспечения категорийности, надёжности и безопасности электроснабжения проектируемых потребителей предусматривается:

- два независимых взаиморезервируемых ввода по низкой стороне - от ВПУ, запитанного от ВЛИ-0,4 кВ и от проектируемой ДЭС;

- автоматическое включение резерва (АВР) на вводе.

Для потребителей противопожарных систем устанавливается отдельная панель красного цвета с АВР. От ввода в здание до ВРУ кабели проложить в отдельных металлических неперфорированных лотках с крышкой.

Сети запроектированы с учетом допустимой потери напряжения, наружных сетей электроснабжения - до 5%; внутренних сетей - до 2,5%.

Все электроприёмники рассчитаны на потребление электроэнергии с качеством, соответствующим ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Источники несинусоидальности напряжения в электрических сетях в данном ДК не присутствуют, применяемое в данной работе оборудование, не является искажающим синусоидальность кривой напряжения. Применяемые электроприёмники не влияют на ухудшение качества электрической энергии.

Выполним определение расчетных электрических нагрузок Домом культуры.

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [13]:

$$P_{p.p} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (1)$$

где $K_{c.p}$ - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.p}$ - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт (в том числе для подключения оргтехники);

n - число розеток» [1].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [1]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (2)$$

где « $P'_{p.o}$ - расчетная нагрузка линий общего освещения;

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [1].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [1]:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (3)$$

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [1].

«Расчетную электрическую нагрузку питающих линий и вводов в рабочем и аварийном режимах при совместном питании силовых электроприемников и освещения P_p , следует определять по формуле» [12]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (4)$$

где « K - коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок силовых электроприемников, включая холодильное оборудование и освещение;

K_1 - коэффициент, зависящий от отношения расчетной электрической нагрузки освещения к нагрузке холодильного оборудования холодильной станции;

$P_{p.o}$ - расчетная электрическая нагрузка освещения;

$P_{p.c}$ - расчетная электрическая нагрузка силовых электроприемников без холодильных машин систем кондиционирования воздуха;

$P_{p.x.c}$ - расчетная электрическая нагрузка холодильного оборудования систем кондиционирования воздуха» [1].

Сведения о количестве электроприёмников, их установленной и расчётной мощности приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Сведения о количестве электроприёмников, их установленной и расчётной мощности

Наименование	P_y , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр $\operatorname{tg}\varphi \times P_p$	S_p , кВА $P_p/\cos\varphi$
Рабочее освещение	3,37	1	0,85	0,62	3,17	2,1	3,96
Аварийное и эвакуационное освещение	0,9	1	0,85	0,62	0,9	0,6	1,1
Розетки бытовые	11,7	0,4	0,85	0,62	4,68	2,9	5,5
Розеточная сеть уборочных механизмов	4	нагрузка на вводе не учитывается					
Оборудование ОПС	2,73	1	0,95	0,33	2,73	0,9	2,87
Водонагреватели	10,5	0,75	0,85	0,62	7,87	4,88	9,25
Вентиляционное оборудование	23,37	0,8	0,85	0,62	18,7	11,59	22,0
Рукоосушители	3,2	0,15	0,85	0,62	0,48	0,29	0,56
Оборудование зрительного зала	17,5	0,85	0,85	0,62	14,9	9,2	17,5
Щит обогрева кровли	7,32	1,0	0,85	0,62	7,32	4,53	8,61
Вентиляция при пожаре	19,1	нагрузка на вводе не учитывается					
Затвор дисковый (при пожаре)	1,1	нагрузка на вводе не учитывается					
Станция пожаротушения	8,9	нагрузка на вводе не учитывается					
Наружное освещение	1,36	нагрузка на вводе не учитывается					
Итого:	115,1	-	-	-	60,75	-	-
Средневзвешенный $\cos\varphi = \frac{\sum(P_n \times \cos\varphi_n)}{\sum P_n}$; $\operatorname{tg}\varphi$	-	-	0,854	0,609	-	36,9	71,35
После установки компенсирующего устройства							
Итого:	-	-	0,943	0,35	60,75	21,3	64,4
Котельная	10	-	-	-	8	-	-
Всего:	125,1	-	-	-	68,75	-	-

Согласно п. 7.1.9 СП 256.1325800.2016 мощность электроприемников уборочных механизмов, при расчете нагрузок на вводе в здание, не учитывается.

Максимальная, разрешённая к присоединению мощность – 79,16 кВт (по данным электроснабжающей организации).

Проектная мощность – 68,75 кВт.

Мощность потребления при пожаре - 32,7 кВт.

Годовое потребление электроэнергии - $121,1 \cdot 10^3$ кВт·час.

Сечение вводного кабеля пристройки выбрано по длительно-допустимому току нагрева и проверено по потере напряжения.

Согласно п.6.3 рекомендаций ОАО «ЛенНИИПроект» потеря напряжения составляет [14]:

$$\Delta U = 0,39 \cdot 60,75 \cdot 0,12 + 0,15 \cdot 60,75 \cdot 0,018 + 0,21 \cdot 60,75 \cdot 0,078 = 4,1 \%$$

Для обеспечения 1 категории электроснабжения на вводе установлен шкаф ШАВР одностороннего обслуживания.

В качестве резервного источника питания принята дизельная электростанция контейнерного типа марки ЭД-70-Т400-2РН со следующими техническими характеристиками [15]:

- Степень автоматизации- II;
- Напряжение - 230 / 400 В;
- Номинальная мощность - 70 кВт (56 кВА);
- Модель двигателя - TDK N 66 4LT;
- Генератор - SA-50;
- Комплектно с панелью АВР;
- Топливный бак- 190 л;
- Заправка топливом не менее чем на 30 часов работы.

Шкаф управления построен на базе программируемого микропроцессорного контроллера SmartGen. АВР принято с блокировкой контактов во избежание попадания напряжения от ДГУ в питающую сеть. Для контроля напряжения в основной сети с вводных клемм ВРУ здания до щита управления ДГУ прокладывается кабель ВВШв сечением $4 \times 2,5$ мм². При исчезновении основного питания автоматически включается ДГУ. При пропадании сети, замкнётся контакт удалённого запуска и начнётся отсчёт задержки запуска. По истечении времени задержки запустится двигатель и

когда напряжение выхода генератора достигнет номинальных значений, выдаст сигнал, разрешая подключить нагрузку (замкнуть контактор генератора), контактор замкнется - нагрузка запитана. При возврате сети, через установленное время задержки, питание перейдет на основной ввод, соответственно разомкнув контакт генератора. Резервный источник питания котельной поставляется комплектно с блочной котельной. Резервным источником питания котельной является дизель - генераторная установка с характеристиками, обеспечивающими необходимую категорию электроснабжения котельной. Для приборов АПС, ОС, СВН дополнительно предусмотрены резервные блоки питания с аккумуляторными батареями достаточной емкости, обеспечивающей необходимое время функционирования устройств и приборов. В качестве дополнительных и резервных источников питания для светильников аварийного, эвакуационного освещения и световых указателей «Выход» применяются блоки аварийного питания (БАП). Светильники аварийного и эвакуационного освещения поставляются комплектно с БАП (встроен в светильник). Основные требования к БАП [16, 17]:

- после восстановления нормального электроснабжения установка должна автоматически включиться в рабочий режим и начать зарядку батареи;
- БАП должны автоматически заряжаться за 12 часов до уровня, когда она может обеспечить не менее 80% расчётной продолжительности работы данного источника;
- БАП должны быть снабжены автоматическим устройством защиты от глубокого разряда с уровнем срабатывания, установленным производителем.

Выводы по разделу.

Согласно требованиям СП 256.1325800. 2016 п.8.9 при наличии в здании электроприёмников, требующих первой категории по степени надёжности электроснабжения, рекомендуется питание всего здания выполнять от двух независимых источников с устройством АВР независимо от требуемой степени обеспечения надёжности электроснабжения других токоприёмников.

Принято решение выполнить электроснабжение всего здания по I категории с установкой ДЭС для электроснабжения всего здания.

I категория электроснабжения обеспечивается применением ДЭС марки ЭД-70-Т400-2РН 2 степени автоматизации и установкой АВР на вводе в здание.

Выполнен расчет нагрузок по зданию Дома культуры:

- Проектная мощность – 68,75 кВт.
- Мощность потребления при пожаре - 32,7 кВт.
- Годовое потребление электроэнергии - $121,1 \cdot 10^3$ кВт·час.

Потери напряжения в питающем кабеле не превышают 4,1%.

В качестве резервного источника питания принята дизельная электростанция контейнерного типа марки ЭД-70-Т400-2РН. При исчезновении основного питания автоматически включается ДГУ. При возврате сети, через установленное время задержки, питание снова переходит на основной ввод.

Светильники аварийного и эвакуационного освещения поставляются комплектно с БАП (встроен в светильник).

3 Решения по обеспечению электроэнергией электроприёмников в соответствии с установленной классификацией в рабочем и аварийном режимах

В рабочем режиме предусматривается питание электроприемников ДК от проектируемого ВПУ, установленного на границе балансовой принадлежности. При аварии (или выводе в ремонт) питание потребителей выполняется от проектируемой ДГУ, мощностью 70 кВт.

Сечение питающих кабельных линий 0,4 кВ определяется из условий длительно допустимых токовых нагрузок и проверяется по допустимой потере напряжения, допустимого времени защитного автоматического отключения тока однофазного КЗ аппаратами защиты [18].

Электроснабжение проектируемого здания выполнено кабелем марки ВБШв-0,66 кВ.

Прокладка кабельных линий в земляных траншеях и все пересечения с существующими и вновь прокладываемыми инженерными коммуникациями выполнить по серии А5-92 «Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях» [19].

При пересечении с подземными коммуникациями кабель проложить в хризотилцементной трубе диаметром 100 мм по 2 м в обе стороны от места пересечения. При открытой прокладке кабеля в траншее прокладывается сигнальная ПВХ лента красного цвета с надписью «Осторожно кабель!!» в соответствии с ПУЭ, изд. 6 гл. 2.3.83. Кабели рабочего и резервного электроснабжения проложить в одной траншее на расстоянии 1 м друг от друга. От ввода в здание до ВРУ кабели рабочего и резервного электроснабжения проложить в разных металлических неперфорированных лотках с крышкой. Герметизацию вводов в здание выполнить по серии 5.905-26.08 «Уплотнение вводов инженерных коммуникаций газифицированных зданий и сооружений». Для приборов АПС, ОС, СВН применяются резервные источники питания – аккумуляторные батареи. В случае возникновения

аварийной ситуации (исчезновении напряжения на одном вводе) перевод питания на другой ввод № 2 осуществляется автоматически через АВР. При выходе из строя одного из кабелей питание осуществляется по второму кабелю.

Рабочее электроснабжение котельной осуществляется от ВПУ. Резервное питание выполнено от дизель-генератора, поставляемого комплектно с котельной.

3.1 Компенсация реактивной мощности и защита сетей

В соответствии с приказом Минэнерго России от 23.06.2015 № 380 максимальное значение коэффициента реактивной мощности, потребляемой в часы больших суточных нагрузок электрической сети при напряжении ниже 1 кВ, не должно превышать 0,35. Для достижения заданных параметров проектом предусмотрена установка конденсаторной установки [20].

Рассчитаем мощность конденсаторной установки.

Для сетей 0,4 кВ требуемый $\text{tg } \varphi = 0,35$.

$\text{tg } \varphi = 0,35$ соответствует $\cos \varphi = 0,943$.

Для достижения повышения коэффициента мощности до $\cos \varphi = 0,943$ в проекте предусмотрена установка конденсаторной установки.

Расчёт компенсирующего устройства произведён по формуле:

$$Q_c = P_{\text{уст.}} \cdot K \quad (5)$$

где Q_c - реактивная мощность компенсирующей установки

$P_{\text{уст.}}$ - величина потребляемой активной мощности

K - коэффициент перерасчёта. Определяем его исходя из значений действующего $\cos \varphi = 0,854$ и требуемого $\cos \varphi = 0,943$. По таблице $K = 0,26$.

$$Q_c = 60,75 \cdot 0,26 = 15,8 \text{ кВАр.}$$

Выбираем конденсаторную установку УKM58-0,4-20-5-3УЗ.

Защита сетей и автоматика.

Согласно требованиям п.3.1.11 ПУЭ защита питающих сетей электрооборудования внутри здания выполнена автоматическими выключателями с комбинированным (тепловым и электромагнитным) расцепителем, установленных на ВРУ и распределительных щитах. Розеточные сети дополнительно защищены УЗО с отключением при дифференциальном токе 30 мА (п.7.1.49 ПУЭ).

3.2 Мероприятия по обеспечению энергетической эффективности

В целях обеспечения соблюдения требований энергетической эффективности к устройствам, технологиям и материалам, используемым в системе электроснабжения, проектом предусмотрены современные технические решения, позволяющие экономить материально-технические ресурсы, тепловую энергию, энергоресурсы, трудозатраты, а именно [22]:

- использование энергоэффективных источников света.
- применение светодиодных светильников. Предлагаемые проектом источники имеют большую световую отдачу и большой срок службы.

В проекте освещение помещений выполнено светодиодными светильниками.

Применение светодиодных светильников позволяет получить энергоэффективную систему освещения; значительно повысить срок службы системы освещения, что позволяет существенно сократить эксплуатационные расходы (срок гарантийной эксплуатации светодиодных светильников- 5 лет).

Кроме того, применение светодиодных светильников позволяет улучшить качество освещённости объекта, получить экологически безопасную модель освещения без ртути и других ядовитых или вредных составляющих [21].

- установка сертифицированного оборудования, имеющего высокий КПД;
- совместное использование систем естественного и искусственного освещения;
- организация технического обслуживания силового электрооборудования, периодическая чистка светильников;
- автоматическое управление наружным электроосвещением в зависимости от освещенности с помощью фотореле.

Экономия трудозатрат достигается применением комплектных и модульных распределительных устройств.

В целях контроля за энергосбережением удельные установленные мощности общего искусственного освещения помещений различных разрядов зрительных работ, не превышают максимально допустимых значений.

В целях обеспечения требований энергетической эффективности к устройствам, технологиям и материалам, используемым в системе электроснабжения и позволяющих исключить нерациональный расход электрической энергии, проектом предусмотрен выбор оптимальных сечений кабелей для обеспечения минимальных потерь электроэнергии [24].

Экономия электроэнергии возможна при отключении части светильников в вечернее и ночное время. Принятые технологические решения, состав оборудования, строительные решения соответствуют новейшим достижениям отечественной науки и техники.

Согласно требованиям п.1.5.6 ПУЭ контроль расхода и учёт электроэнергии осуществляется прибором учета, установленным в выносном пункте учёта (ВПУ).

ВПУ установить на существующей опоре № 3 ВЛ-0,4 кВ № 1.

Организацию учета (установку отключающего автоматического выключателя перед счетчиком, трансформаторов тока и счетчика выполняет сетевая организация).

3.3 Резервирование электроэнергии

Резервирование электроэнергии обеспечивается выбором сечения питающих взаиморезервирующих кабельных линий на ток в аварийном режиме.

В случае возникновения аварийной ситуации (исчезновении напряжения на одном вводе) перевод питания на другой ввод № 2 осуществляется автоматически через АВР.

При выходе из строя одного из кабелей питание осуществляется по второму кабелю [23].

Сечение кабелей проверено для работы в аварийном режиме (выход из строя одного из вводов).

3.3.1 Расчёт кабельной линии до ВРУ ДК

От ВПУ и ДГУ прокладываем кабельные линии 0,4 кВ до ВРУ дома культуры.

Проверим выбранное сечение по условию допустимого длительного нагрева в послеаварийном режиме. Расчетным послеаварийным режимом для этой проверки является отключение половины кабелей. Так как в данном проекте резервным источником питания является ДГУ, электроснабжение ДК и в рабочем и в аварийном режимах будет осуществляться по одному кабелю. В рабочем режиме - от существующей опоры № 3 ВЛ-0,4 кВ № 1, в аварийном режиме при отключении основного источника питания - от проектируемой ДГУ.

Нагрузка на вводе в здание составляет: $P_p = 60,75$ кВт, что соответствует $S_p = 64,4$ кВА и $I_p = 97,5$ А.

Предварительно выбираем сечение 4×70 мм².

Проверим сечение кабеля на нагрев в аварийном режиме:

$$I_{\text{дл. доп.}} = I_{\text{доп.}} \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4, \quad (6)$$

где $K1 = 1,17$ по таблице 1.3.3 ПУЭ (коэф. температуры среды);

$K_2 = 0,9$ по таблице 1.3.26 ПУЭ (коэф. от числа работы кабелей в траншее);

$K_3 = 0,75$ по таблице 1.3.23 ПУЭ (коэф. от уд. сопрот. земли);

$K_4 = 1,25$ по таблице 1.3.2 ПУЭ (перегрузочная способность кабеля в аварийном режиме);

$I_{д.доп.} = 180 \text{ А}$ по таблице 1.3.6 ПУЭ.

$$I_{доп.ав.} = 180 \cdot 1,17 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1,25 = 177,69 \text{ А} > 97,5 \text{ А}.$$

Проверим сечение кабеля на нагрев в нормальном режиме:

Для электроснабжения принят кабель марки ВБШв сечением 4×70 со значением $I_{д.д.} = 180 \text{ А}$ (ПУЭ т.1.3.6).

По справочным данным (ПУЭ т.1.3.26) поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих в одной траншее, при прокладке в одной траншее для двух кабелей $K_n = 0,9$.

По справочным данным (ПУЭ т.1.3.3) поправочный коэффициент на $I_{д.д.}$ для кабелей в зависимости от температуры земли при фактической температуре земли $+ 5^\circ\text{C}$: $K_1 = 1,17$.

По справочным данным (ПУЭ т.1.3.23) поправочный коэффициент на $I_{д.д.}$ для кабелей в зависимости от удельного сопротивления грунта $K_3 = 0,75$.

Тогда $I = 97,5 / 0,9 \cdot 1,17 \cdot 0,75 = 123,5 \text{ А}$.

$$I \leq I_{д.д.} \tag{7}$$
$$123,5 \text{ А} \leq 180 \text{ А}.$$

Для сечения жил кабелей 70 мм^2 табличное значение длительно допустимого тока, удовлетворяет условиям длительного нагрева в нормальном режиме.

Проверим выбранные сечения кабельной линии по условию допустимых потерь напряжения (по методическим указаниям ОАО «ЛЕННИИПРОЕКТ» «Проектирование электрооборудования зданий и сооружений»):

$$\Delta U = k (\%/кВт.км) \cdot P_p \cdot L, \quad (8)$$

где P_p - расчетная нагрузка, кВт;

L - длина линий, км;

K - удельная потеря напряжения.

Для провода СИП-2 3×70+1×95:

$k = 0,39$ по таблице 6.3.1.

Для медного кабеля сеч. 4×95 мм²:

$k = 0,15$ по таблице 6.3.2.

Для медного кабеля сечением 4×70 мм²:

$k = 0,21$ по таблице 6.3.2.

$$\Delta U = 0,39 \cdot 60,75 \cdot 0,12 + 0,15 \cdot 60,75 \cdot 0,018 + 0,21 \cdot 60,75 \cdot 0,078 = 4,1 \%$$

Сечение кабельной линии 70 мм² удовлетворяют условию допустимых потерь напряжения.

Допустимые потери напряжения - 5%.

Защита электрических сетей 0,4 кВ выполняется в соответствии с требованиями ПУЭ раздел 3.

Согласно требованиям 3.1.10 ПУЭ осветительные и силовые сети в проектируемом ДК должны быть защищены от перегрузок и токов КЗ.

3.3.2 Расчёт токов КЗ

На рисунке 2 представлена расчетная схема для определения токов КЗ.

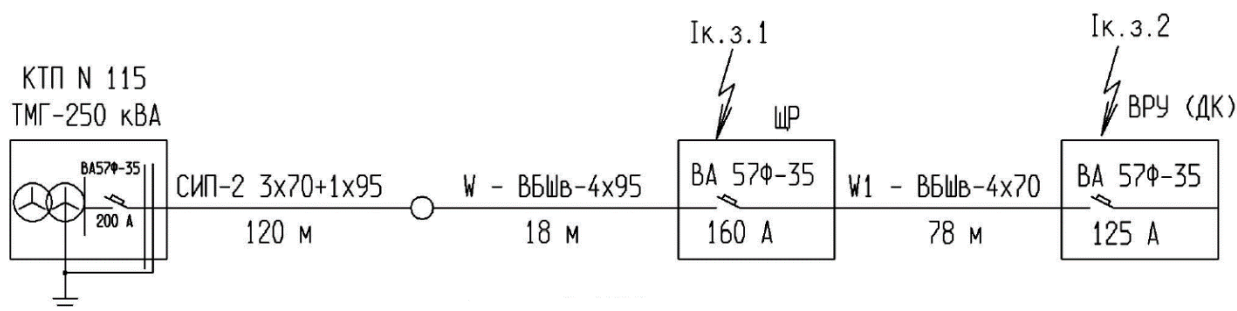


Рисунок 2 - Расчетная схема для определения токов КЗ

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U_{\phi} \cdot 1000}{\sum Z_{\PiЦ} \cdot l + Z_T / 3 + Z_{\PiК}}, \quad (9)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение;

$Z_{\PiЦ}$ - удельное сопротивление, мОм/м;

l – длина участка сети, м;

$Z_T/3$ - расчетное сопротивление одной фазы трансформатора, мОм;

$Z_{\PiК}$ - сопротивление переходных контактов.

По таблицам определяем:

$Z_{\PiЦ1} = 0,806$ мОм/м; $Z_{\PiЦ2(W)} = 0,47$ мОм/м; $Z_{\PiЦ3(W1)} = 0,66$ мОм/м; $Z_T/3 = 104$ мОм; $Z_{\PiК} = 15$ мОм.

$$I_{кз1} = \frac{1,05 \cdot 220 \cdot 1000}{0,806 \cdot 18 + 0,47 \cdot 45 + 104 + 15} = 1493,2 \text{ А,}$$

$$I_{кз2} = \frac{1,05 \cdot 220 \cdot 1000}{0,806 \cdot 18 + 0,47 \cdot 45 + 0,66 \cdot 78 + 104 + 15} = 1120,8 \text{ А.}$$

По времятоковой характеристике ВА57Ф-35/160 А, срабатывание защиты по времени $t = 0,04$ с, что соответствует нормам - не превышает 0,2 с (ПУЭ п.1.7.79).

По времятоковой характеристике ВА57Ф-35/125 А, срабатывание защиты по времени $t = 0,02$ с, что соответствует нормам - не превышает 0,2 с (ПУЭ п.1.7.79).

В сетях, защищаемых от перегрузки, сечение кабелей выбираем по расчётному току, но при этом должно соблюдаться условие, что по отношению к $I_{д.д.}$ аппараты защиты имели кратность не более 80% I_n плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя.

Уставки аппаратов защиты выбраны с учётом максимальной нагрузки линии, а для взаиморезервируемых линий - с учётом их послеаварийной нагрузки.

Номинальные токи плавких вставок автоматических выключателей выбраны по формулам (т. 7.1 «Проектирование электрооборудования зданий и сооружений», разработанных ОАО «ЛенНИИПроект»):

В осветительных сетях для автоматического выключателя с комбинированным расцепителем:

$$I_p \geq I_{\max}. \quad (10)$$

В силовых сетях к линиям с одиночным электроприёмником:

$$I_p \geq 1,25 I_{\max}. \quad (11)$$

В линии к группе электроприёмников:

$$I_p \geq 1,1 I_{\max}. \quad (12)$$

Выбор автоматического выключателя по селективности.

Селективностью называют свойство аппаратов защиты отключать только поврежденный участок. С учетом этого, селективность должна быть обеспечена между защитными аппаратами высокой стороны питающего

трансформатора и вводным автоматом на низкой стороне, между вводным автоматом на низкой стороне и автоматами отходящих линий и т. д.

Для этого достаточно, чтобы номинальный ток автомата со стороны питания был больше номинального тока автоматического выключателя со стороны потребителей.

Ток автоматического выключателя на вводе в ВПУ - 160 А, на вводе в ВРУ - 125 А, на отходящих линиях от 6 А до 63 А. Селективность действия автоматических выключателей обеспечена в системе внутреннего электроснабжения.

Выводы по разделу. Сечение питающих кабельных линий 0,4 кВ определяется из условий длительно допустимых токовых нагрузок и проверяется по допустимой потере напряжения, допустимого времени защитного автоматического отключения тока однофазного КЗ аппаратами защиты. Электроснабжение проектируемого здания выполнено кабелем марки ВБШв-0,66 кВ.

Для достижения заданных параметров по компенсации реактивной мощности проектом предусмотрена установка конденсаторной установки УKM58-0,4-20-5-3УЗ.

Согласно требованиям п.3.1.11 ПУЭ защита питающих сетей электрооборудования внутри здания выполнена автоматическими выключателями с комбинированным (тепловым и электромагнитным) расцепителем, установленных на ВРУ и распределительных щитах. Розеточные сети дополнительно защищены УЗО с отключением при дифференциальном токе 30 мА. Разработан перечень мероприятий по обеспечению энергетической эффективности ДК.

От ВПУ и ДГУ прокладываем кабельные линии 0,4 кВ до ВРУ дома культуры. Выбран сечения линий от ВПУ и ДГУ и проверены по условию допустимого длительного нагрева в послеаварийном режиме. Выполнен расчет токов КЗ и произведена проверка селективности отключения поврежденных участков линии.

4 Заземление (зануление) и молниезащита

4.1 Защитные меры безопасности

Проект электроснабжения разработан для системы TN-C-S с глухозаземленной нейтралью трансформатора (п.1.7.3 ПУЭ).

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала от поражения электрическим током все металлические части электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением необходимо заземлить и занулить.

Согласно требованиям п.1.7.67-1.7.72 ПУЭ предусмотрены следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- оболочки электрооборудования приняты со степенью защиты не менее IP31;
- применено устройство защитного отключения в групповых сетях, питающих розеточную сеть.

Согласно требованиям п. 1.7.76-1.7.79 ПУЭ для защиты от косвенного прикосновения проектом предусмотрено:

- автоматическое отключение питания. При выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали трансформатора. Питающие и распределительные сети защищены автоматическими выключателями согласно п.1.7.79 ПУЭ.

- применение двойной (усиленной) изоляции кабелей;
- уравнивание потенциалов.

Согласно п.1.7.82 ПУЭ основная система уравнивания потенциалов соединяет между собой следующие проводящие части:

- основной (магистральный) заземляющий проводник или основной заземляющий зажим;

- основной (магистральный) защитный проводник;
 - металлические трубы коммуникаций, входящих в здание;
 - металлические части строительных конструкций;
 - систему молниезащиты.
- металлические части систем вентиляции и кондиционирования (металлические воздуховоды присоединить к шине РЕ щитов питания вентиляторов). В электрощитовой и в венткамере по периметру выполнить систему уравнивания потенциалов из полосовой стали сечением 40×4 мм. Ответвления к электрооборудованию выполнить из стали полосовой сечением 25×4 мм. Внутренние магистральные заземляющие устройства подключаются к наружному контуру в двух точках.

4.2 Молниезащита дома культуры

Согласно «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» (СО-153-34.21.122-2003) уровень защиты от ПУМ- IV.

В качестве молниеприемника используется стальная оцинкованная проволока диаметром 8 мм, уложенная на кровлю в виде молниеприемной сетки, шаг ячейки - не более 10×10 м.

Металлические конструкции вентканалов необходимо присоединить к общей системе молниезащиты. Для крепления молниеприемной сетки на скатной кровле из волновых материалов (в данном случае металлочерепица) применяются специальные кровельные и коньковые держатели фирмы ЗАО «ДКС». Шаг установки для держателей всех видов не должен превышать 1 метра. В качестве токоотвода используется стальная оцинкованная проволока диаметром 8 мм, спуски к контуру заземления выполнить по стенам и водосточным трубам по периметру здания не реже чем через 20 м. Для крепления токоотводов на фасаде проектом предусмотрены фасадные

держатели фирмы ЗАО «ДКС», с частотой установки не реже, чем раз на 1 метр. При прокладке токоотводов следует:

- прокладывать их кратчайшим путем без петель максимально удаленно от окон;
- располагать их не ближе чем в 3 м от входов или в местах, не доступных для прикосновения людей;
- присоединить их к заземляющему контуру, проложенному по периметру здания.

Токоотводы присоединить к горизонтальному заземлителю - стальной горячеоцинкованной полосе с сечением 40×4 мм, проложенной в грунте на глубине 0,7 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания. На высоте 0,3 м от уровня земли выполнить соединение проволочного токоотвода диаметром 8 мм со стальной оцинкованной полосой 40×4 мм с помощью специального соединителя. При монтаже обеспечить непрерывную электрическую связь в соединениях молниеприемника с токоотводами и заземлителями. Все соединения выполнить сваркой, пайкой, допускается также вставка в зажимной наконечник или болтовое крепление.

Нормированное импульсное сопротивление растеканию тока молнии - не более 20 Ом.

Для защиты здания от вторичных проявлений молнии предусмотреть:

- присоединение всех металлических корпусов оборудования к заземляющим устройствам;
- соединение металлических трубопроводов внутри здания перемычками через каждые 30 м в местах их сближения на расстояние менее 10 см.

Защита здания от заноса высоких потенциалов по подземным металлическим коммуникациям и кабелям выполняется путем присоединения труб, брони оболочек кабелей на вводах в здания к наружному защитному заземляющему устройству электроустановок.

Таким образом, защитное заземляющее устройство электроустановок используется также для молниезащиты, защиты от вторичных проявлений молнии и от заноса высоких потенциалов (ПУЭ, п.1.7.55). Проверку технического состояния системы молниезащиты осуществлять не реже чем 1 раз в год. При заказе оборудования произвести уточнение каталожных номеров выбранных элементов системы молниезащиты.

4.3 Молниезащита ДГУ

В соответствии с требованиями РД 34.21.122-87 ДГУ подлежит молниезащите и относится к специальным объектам с частичной опасностью.

Контейнер ДГУ необходимо оборудовать устройством молниезащиты, состоящим из молниеприемной сетки, выполненной из стальной оцинкованной проволоки диаметром 8 мм с шагом ячейки – $2,3 \times 3,0$ м. От молниеприёмника проложить токоотводы (сталь оцинкованная диаметром 8 мм) открыто по прямым вертикальным линиям кратчайшим путем.

Токоотводы соединить с наружным контуром заземления ДГУ, число соединений не менее двух. При монтаже системы молниезащиты, обеспечить непрерывную электрическую связь в соединениях молниеприёмника с токоотводами и заземлителями. Все соединения выполнить сваркой, пайкой, допускается также вставка в зажимной наконечник или болтовое крепление. Контур молниезащиты объединить с контуром наружного заземления.

4.4 Молниезащита котельной

В соответствии с требованиями РД34.21.122-87 котельная установка оборудована системой внешней молниезащиты по II уровню защиты (надежность защиты составляет 0,9). В качестве молниеприёмника используется дымовая труба с молниеотводом. Продувочную свечу, дымовую трубу, металлический корпус блочной котельной присоединить к наружному

контур из стальной оцинкованной полосы сечением 40×4 мм, проложенной в грунте на глубине 0,7 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания.

4.5 Заземление

Заземляющее устройство (далее ЗУ) должно быть механически прочным, термически и динамически стойким к токам замыкания на землю. ЗУ выполнить из материалов, соответствующих требованиям ПУЭ. Элементы ЗУ, находящиеся в грунте, соединять методом сварки. Длина сварочного шва на плоских конструкциях должна равняться не менее двукратной ширине металлопрофиля, при соединении круглого сечения - длина шва не менее 6 диаметров. Расстояние между вертикальными электродами ЗУ должно быть не менее их длины во избежание взаимного экранирования.

Проектом предусмотрено устройство наружного контура заземления электроустановок 0,4 кВ ДК, котельной установки и ДГУ. Сопротивление заземляющего устройства здания ДК, в любое время года должно быть не более 10 Ом. В соответствии с п. 1.7.101 ПУЭ издание 7 сопротивление заземляющего устройства котельной установки и ДГУ в любое время года должно быть не более 4 Ом. Стальную полосу проложить на глубине 0,7 м от поверхности земли на расстоянии не более 1 м от фундамента здания. Дополнительно забиваются вертикальные электроды из стали круглой горячеоцинкованной и привариваются к наружному контуру.

Выводы по разделу.

В работе принята система заземления TN-C-S с глухозаземленной нейтралью трансформатора. Определены меры защиты от прямого и косвенного прикосновения. Рассмотрены вопросы организации молниезащиты Дома культуры, котельной и ДГУ. Проектом предусмотрено устройство наружного контура заземления электроустановок 0,4 кВ ДК, котельной установки и ДГУ. Сопротивление заземляющего устройства здания ДК, в любое время года должно быть не более 10 Ом.

5 Выбор проводов и осветительной арматуры, систем рабочего и аварийного освещения

Согласно п. 15.3 СП 256.1325800.2016 и гл. 2.1 и 7.1 ПУЭ распределительные и групповые сети выполняются проводами и кабелями с медными жилами расчетных сечений. Кабельные линии групповых сетей освещения, розеточных сетей проложены в конструкции подвесного потолка на металлических неперфорированных лотках с крышкой и в трубах ПВХ; в штрабах под штукатуркой – по стенам. Распределительные сети проложены на металлических неперфорированных лотках с крышкой; скрыто в каналах строительных конструкций – по стояку. Не допускается совместная прокладка кабельных линий систем противопожарной защиты с другими кабелями и проводами в одном коробе, трубе, жгуте, замкнутом канале строительной конструкции или на одном лотке (СП 6.13130.2013 п. 4.14). Сети систем ППЗ и распределительные сети проложить в отдельных каналах строительных конструкций, на металлических неперфорированных лотках с крышкой в конструкции подвесного потолка, скрыто под штукатуркой в штрабах стен. Распределительные и групповые сети выполняются кабелями марки ППГнг (А)-HF в соответствии с ГОСТ 31565-2012. Кабель принят с медными жилами, не распространяющий горение, с изоляцией и оболочкой из полимерных композиций, не содержащих галогенов.

Показатель пожарной опасности - П1б.8.1.2.1.

Для питания токоприемников системы ППЗ принят огнестойкий кабель марки ППГнг (А) – FRHF в соответствии с ГОСТ 31565-2012. Кабельные линии и электропроводка систем противопожарной защиты, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, аварийного освещения на путях эвакуации, противодымной защиты, должны сохранять работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для выполнения их функций и эвакуации людей в безопасную зону (СП6.13130.2013 п.4.8). Показатель пожарной опасности - П1б.1.1.2.1. Огнестойкость кабеля не менее

180 мин. В проекте применена система одно- и трёхфазного тока, которая является трёх - и пятипроводной и предусматривает наличие кроме фазных и нулевого рабочего (N) проводников, также и нулевого защитного проводника (PE). Последние два работают раздельно и объединяются только на вводе.

Электропроводка должна обеспечивать возможность распознавания проводников по цветам на всем протяжении:

- голубого цвета – нулевой рабочий провод;
- жёлто- зеленого цвета – нулевой защитный проводник;
- отличные от вышеуказанных расцветок – фазные провода.

Ответвления следует выполнять в ответвительных коробках методом скрутки с дальнейшей опайкой. Ответвительные коробки должны иметь доступы для технического обслуживания. Места соединений и ответвлений кабелей не должны испытывать механических усилий. Жила заземления не должна иметь разрыва в ответвительных коробках.

Места прохода через стены кабельных линий и проводки заделать легко удаляемой массой из негорючего материала. Заделка должна иметь предел огнестойкости не менее предела огнестойкости соответствующих материалов элементов строительных конструкций и иметь сертификат пожарной безопасности. Для заделки отверстий используется универсальная кабельная заделка из состава огнезащитного «ПК-ТЕРМА» тип «А» ТУ 5789-029-47935838-2003 (толщина сухого слоя 1-4мм) и плиты теплоизоляционной из минеральной ваты Бетон Элемент Батте ТУ 5762-001-45757203-99. Предел огнестойкости по потере теплоизолирующей способности и целостности заделочного материала, по достижению критической температуры нагрева оболочек кабелей соответствует 90 мин - IET90.

Освещение помещений выполняется светодиодными светильниками.

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования.

«Индекс помещения i определяется по выражению» [3]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (13)$$

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [3].

«По справочным данным принимаются значения коэффициентов запаса и использования светового потока.

Определяется расчетное число светильников по формуле» [3]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (14)$$

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_l - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [3].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [3]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (15)$$

где « P_{nl} - мощность одной лампы» [3].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [3]:

$$N_B = \sqrt{N_p \frac{B}{A}}; \quad (16)$$

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [3]:

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (17)$$

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [3]:

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (18)$$

В целях автоматизации однотипных вычислений расчёт освещения выполнен в программе Dialux с учётом разряда зрительных работ. Разряды зрительных работ указаны на планах сети освещения. В электрощитовой в горизонтальной плоскости на уровне пола разряд зрительных работ - 31, освещённость составляет 50 лк; в зоне размещения оборудования - разряд зрительных работ - Б2, освещённость составляет 200 лк.

5.1 Внутреннее освещение Дома культуры

Согласно требованиям главы 6 ПУЭ проектом предусмотрено устройство сетей рабочего, аварийного (резервное, эвакуационное) и ремонтного освещения. Напряжение рабочего и аварийного освещения - 220 В, ремонтного – 36 В. В качестве распределительных приняты щиты марки ЩРН, ЩРВ с Din-рейками.

Управление светильниками общего освещения предусмотрено по месту. Высота установки выключателей- 1,0 м; розеток- 0,3 м от пола. В помещениях, не имеющих освещения безопасности и в которых установлено более четырех светильников, питание светильников осуществляется двумя самостоятельно управляемыми группами.

Ремонтное освещение для осмотра и ремонта инженерного оборудования выполнить переносными светодиодными светильниками ДРО, подключенными к сети на напряжение 36 В через ящики ЯТП-0,25-23 У3

220/36 В. Ремонтное освещение выполняется в помещениях венткамеры и электрощитовой.

Рабочее освещение выполняется самостоятельными группами с распределительного щита.

Светильники приняты в соответствии с условиями окружающей среды и назначением помещений и отвечают санитарно-гигиеническим требованиям. Нормируемая освещённость в лк, тип и количество применяемых светильников указаны на планах.

Рабочее освещение проектируемого дома культуры выполнено светодиодными светильниками производства АСТЗ. В помещениях с подвесным потолком из гипсокартона (зрительный зал) освещение выполнено точечными встроенными светильниками и люстрами. В помещениях с подвесным потолком типа «Армстронг» освещение выполнить встроенными светодиодными светильниками типа ДВО. На чердаке светильники приняты светодиодные марки ДСП. Аварийное освещение выполнить от щита аварийного освещения, установленного в помещении пожарного поста. Аварийное освещение предусматривает устройство эвакуационного освещения.

Аварийное эвакуационное освещение выполнить на путях эвакуации: в коридорах и проходах, в местах изменения уровня пола, в местах пересечения проходов и коридоров, в местах размещения средств пожаротушения. Освещённость эвакуационного освещения путей эвакуации составляет не менее 1 лк.

Установленные на путях эвакуации аварийные светильники и световые указатели, приняты постоянного действия. Эвакуационное освещение зон повышенной опасности следует предусматривать для безопасного завершения потенциально опасного процесса или ситуации. Минимальная освещённость эвакуационного освещения зон повышенной опасности – не менее 15 лк. Эвакуационное освещение зон повышенной опасности предусмотрено в коридоре, электрощитовой проектируемого здания.

Для дежурного освещения вестибюля, коридора, фойе, зрительного зала используются светильники аварийного освещения. Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения и отмечены специальными знаками «А». Освещение входов выполняется светильниками с фотореле и запитать от сети аварийного освещения (ПУЭ, п.6.3.22). Отключение светильников в светлое время суток происходит автоматически.

В соответствии с п.9 ст.82 ФЗ №123-ФЗ от 30.12.2009 светильники аварийного освещения на путях эвакуации с автономными источниками питания должны быть обеспечены устройствами для проверки их работоспособности при имитации отключения основного источника питания. Для дистанционной проверки работоспособности светильников с автономными источниками питания принято устройство дистанционного тестирования «TELECONTROL» производства ООО «Белый свет». Контроль заключается в имитации включения аварийного режима для проверки работоспособности светильников. Устройство монтируется на Din-рейку. Количество подключаемых светильников от 1 до 200. Сеть цепей управления выполнить кабелем огнестойким с медными жилами с изоляцией из огнестойкой кремнийорганической резины марки КПСЭнг(А)-FRHF - 1,0×2×1,0 мм².

Показатель пожарной опасности - П1б.1.1.2.1. Светильники эвакуационного освещения соответствуют требованиям ГОСТ ИЕС 60598-2-22-2012. Световые указатели (знаки безопасности) соответствуют требованиям ГОСТ Р 12.4.026-2015. Переключение светильников эвакуационного освещения в аварийный режим происходит автоматически при погасании рабочего освещения.

Управление аварийным освещением коридора, вестибюля - со щита аварийного освещения; зрительного зала - от входа в зрительный зал; эстрады - от выключателя, установленного на эстраде.

5.2 Система наружного освещения

Проектом предусмотрено наружное освещение территории проектируемого дома культуры.

Основные технические показатели:

- напряжение в сети наружного освещения 380/220В;
- расчетная мощность электроосветительной установки $P_p = 1,36$ кВт.

Питание сети наружного освещения выполняется от ВРУ проектируемого здания. Управление сетью наружного освещения осуществляется автоматически от ЯУО и дистанционно от кнопочного ПКУ, установленного в помещении пожарного поста.

Согласно требованиям т.7.21 СП 52.13330.2016 освещённость на площадке основного входа принята 20 лк (класс объекта по освещению – П1). Освещённость проездов для пожарной техники принята 4 лк (класс объекта по освещению – П4). Данная освещённость обеспечивается светильниками наружного освещения и светильниками освещения входов. Наружное освещение выполняется светодиодными светильниками марки GALAD Победа LED-60-ШБ1/К50, которые устанавливаются на металлических гранённых опорах НППГ. Расчёт сети наружного освещения выполнен с использованием программы Light-in-Night Road v.6. Часть светильников используется для работы в ночном режиме - для обеспечения охранного освещения территории. Освещённость охранного освещения составляет не менее 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости. Сеть наружного освещения выполняется кабелем марки ВБШв. Кабель прокладывается в траншее на глубине 0,7 м от поверхности земли. При переходе через дорогу и при пересечении с подземными коммуникациями кабель прокладывается в хризотилцементной трубе диаметром 100 мм по 2 м в обе стороны от места пересечения. При открытой прокладке кабеля в траншее прокладывается сигнальная ПВХ лента красного цвета с надписью: «Осторожно кабель!!» в соответствии с ПУЭ, изд. 6 гл. 2.3.83.

Выводы по разделу.

Распределительные и групповые сети выполняются кабелями ППГнг (А)-НГ с медными жилами расчетных сечений. Для питания токоприемников системы ППЗ принят огнестойкий кабель марки ППГнг (А) – FRHF.

Освещение помещений выполняется светодиодными светильниками. Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования. В целях автоматизации однотипных вычислений расчёт освещения выполнен в программе Dialux с учётом разряда зрительных работ. Результаты расчета представлены в графической части ВКР.

Рабочее освещение проектируемого дома культуры выполнено светодиодными светильниками производства АСТЗ. Для дистанционной проверки работоспособности светильников с автономными источниками питания принято устройство дистанционного тестирования «TELECONTROL» производства ООО «Белый свет».

Наружное освещение выполняется светодиодными светильниками марки GALAD Победа LED-60-ШБ1/К50, которые устанавливаются на металлических гранённых опорах НПП. Расчёт сети наружного освещения выполнен с использованием программы Light-in-Night Road v.6. Сеть наружного освещения выполняется кабелем марки ВБШв. Кабель прокладывается в траншее на глубине 0,7 м от поверхности земли.

Заключение

Цель работы заключалась в проектировании надежной и экономичной системы электроснабжения Дома культуры.

Приведены сведения о системе внешнего электроснабжения Дома культуры. В электрощитовой устанавливается шкаф ШАВР и ВРУ марки ЩР8501С производства ОАО «СОЭМИ». Питание электроприёмников проектируемого здания осуществляется по I категории. Переключение с основного на резервный ввод осуществляется автоматически через АВР. Рассмотрены вопросы организации работы систем противодымной вентиляции, общеобменной вентиляции и системы антиобледенения.

Согласно требованиям СП 256.1325800. 2016 п.8.9 при наличии в здании электроприёмников, требующих первой категории по степени надёжности электроснабжения, рекомендуется питание всего здания выполнять от двух независимых источников с устройством АВР независимо от требуемой степени обеспечения надёжности электроснабжения других токоприёмников. Принято решение выполнить электроснабжение всего здания по I категории с установкой ДЭС для электроснабжения всего здания.

I категория электроснабжения обеспечивается применением ДЭС марки ЭД-70-Т400-2РН 2 степени автоматизации и установкой АВР на вводе в здание.

Выполнен расчет нагрузок по зданию Дома культуры:

- Проектная мощность – 68,75 кВт.
- Мощность потребления при пожаре - 32,7 кВт.
- Годовое потребление электроэнергии - $121,1 \cdot 10^3$ кВт·час.

Потери напряжения в питающем кабеле не превышают 4,1%.

В качестве резервного источника питания принята дизельная электростанция контейнерного типа марки ЭД-70-Т400-2РН. При исчезновении основного питания автоматически включается ДГУ. При

возврате сети, через установленное время задержки, питание снова переходит на основной ввод.

Светильники аварийного и эвакуационного освещения поставляются комплектно с БАП (встроен в светильник).

Сечение питающих кабельных линий 0,4 кВ определяется из условий длительно допустимых токовых нагрузок и проверяется по допустимой потере напряжения, допустимого времени защитного автоматического отключения тока однофазного КЗ аппаратами защиты. Электроснабжение проектируемого здания выполнено кабелем марки ВБШв-0,66 кВ.

Для достижения заданных параметров по компенсации реактивной мощности проектом предусмотрена установка конденсаторной установки УKM58-0,4-20-5-3УЗ.

Согласно требованиям п.3.1.11 ПУЭ защита питающих сетей электрооборудования внутри здания выполнена автоматическими выключателями с комбинированным (тепловым и электромагнитным) расцепителем, установленных на ВРУ и распределительных щитах. Розеточные сети дополнительно защищены УЗО с отключением при дифференциальном токе 30 мА. Разработан перечень мероприятий по обеспечению энергетической эффективности ДК.

От ВПУ и ДГУ прокладываем кабельные линии 0,4 кВ до ВРУ дома культуры. Выбраны сечения линий от ВПУ и ДГУ и проверены по условию допустимого длительного нагрева в послеаварийном режиме. Выполнен расчет токов КЗ и произведена проверка селективности отключения поврежденных участков линии.

В работе принята система заземления TN-C-S с глухозаземленной нейтралью трансформатора. Определены меры защиты от прямого и косвенного прикосновения. Рассмотрены вопросы организации молниезащиты Дома культуры, котельной и ДГУ. Проектом предусмотрено устройство наружного контура заземления электроустановок 0,4 кВ ДК,

котельной установки и ДГУ. Сопротивление заземляющего устройства здания ДК, в любое время года должно быть не более 10 Ом.

Распределительные и групповые сети выполняются кабелями ППГнг (А)-НФ с медными жилами расчетных сечений. Для питания токоприемников системы ППЗ принят огнестойкий кабель марки ППГнг (А) – FRHF.

Освещение помещений выполняется светодиодными светильниками. Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования. В целях автоматизации однотипных вычислений расчёт освещения выполнен в программе Dialux с учётом разряда зрительных работ. Результаты расчета представлены в графической части ВКР.

Рабочее освещение проектируемого дома культуры выполнено светодиодными светильниками производства АСТЗ. Для дистанционной проверки работоспособности светильников с автономными источниками питания принято устройство дистанционного тестирования «TELECONTROL» производства ООО «Белый свет».

Наружное освещение выполняется светодиодными светильниками марки GALAD Победа LED-60-ШБ1/К50, которые устанавливаются на металлических гранённых опорах НПП. Расчёт сети наружного освещения выполнен с использованием программы Light-in-Night Road v.6. Сеть наружного освещения выполняется кабелем марки ВБШв. Кабель прокладывается в траншее на глубине 0,7 м от поверхности земли.

Список используемой литературы

1. Горемыкин С.А. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебное пособие. Москва: ИНФРА-М, 2022. 191 с.
2. ГОСТ 32144–2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. EN 50160: 2010 (NQE). М.: Стандартиформ, 2014. 19 с.
3. ГОСТ Р 50270–92. Короткое замыкание в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. М.: Изд-во стандартов, 1993. 61 с.
4. Гужов Н.Л., Ольховский В.Я., Павлюченко Д.А. Системы электроснабжения. Ростов на Дону.: Феникс, 2011. 384 с.
5. Данилов Г.А., Денчик Ю.М., Иванов М.Н., Ситников Г.В. Повышение качества функционирования линий электропередачи: монография. 3-е изд. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2019. 558 с.
6. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. М.: НЦ ЭНАС. 2009. 456 с.
7. Иванов А.С. Электроснабжение: практикум для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2020. 116 с.
8. Кудрин Б.И. Электроснабжения промышленных предприятий. М.: Интернет Инжиниринг, 2006. 670 с.
9. Куксин А. В. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 156 с.
10. Марченко А.Л. Электротехника: учебное пособие. Москва: ИНФРА-М, 2022. 236 с.
11. Нормы технологического проектирования. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Тяжпромэлектропроект, 1994. 69 с.

12. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2020. 416 с.
13. Поливода Ф.А. Надежность систем теплоснабжения городов и предприятий легкой промышленности: учебник. Москва: ИНФРА-М, 2021. 170 с.
14. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. СПб.: Проспект, 2019. 240 с.
15. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого издания с изменениями и дополнениями. М.: Норматика, 2021. 464 с.
16. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбор электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-97. М.: НЦ ЭНАС. 2002. 149 с.
17. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». СПб.: ЦОТПБСП. 2003. 28 с.
18. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электро-вычислительным машинам и организация работы». СПб.: ЦОТПБСП. 2003. 56 с.
19. Свод правил СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. М., 2011. 74 с.
20. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2022. 328 с.
21. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Яшков В.А. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 367 с.
22. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанции 35–750 кВ. Типовые решения. Стандарт организации

АОА «ФСК ЕЭС» (СТО-569447007-29.240.30.010-2008.). М.: АОА ФСК ЕЭС, 2007. 132 с.

23. Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4–92. М.: Тяжпромэлектропроект, 1993. 25 с.

24. Щербаков Е.Ф., Александров Д.С., Дубов А.Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 495 с.