

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 Разработка временной системы электроснабжения для реконструкции
Федоровского городка г. Санкт-Петербурга

Студент

Р.А.Туманин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, С.В.Шаповалов

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

Тольятти 2021

Аннотация

Целью настоящей работы является расчет и выбор линий для временного подключения силового и осветительного оборудования на период строительно-реставрационных работ Федоровского городка.

Объектом исследования в работе является Федоровский городок, являющийся объектом культурного наследия и имеющий очень важное историческое значение.

В соответствии с поставленной целью, в работе решены задачи выбора и проверки электрических сетей и аппаратов временной схемы электроснабжения для выполнения строительно-реставрационных работ на объекте.

Решение поставленных задач полностью отражены в последующем изложении материала и соответствуют пунктам содержания пояснительной записки и наименованию листов графической части.

Представленная работа состоит из печатных 61 страница и 6 чертежей А1.

Содержание

Введение	4
1 Анализ исходных данных и постановка задачи проектирования	5
1.1 Особенности проведения работ на территории объектов культурного наследия.....	5
1.2 Обоснование разработки временной схемы на период строительно-реставрационных работ на объекте	8
1.3 Краткая техническая характеристика оборудования и сетей объекта	9
2 Разработка проекта временной системы электроснабжения для реконструкции Федоровского городка г. Санкт-Петербурга	12
2.1 Выбор и обоснование временной схемы электроснабжения объекта	12
2.2 Расчёт электрических нагрузок	14
2.3 Выбор и проверка сечений кабельных линий	17
2.4 Расчёт токов короткого замыкания	19
2.5 Выбор и проверка электрических аппаратов.....	28
2.6 Выбор системы контроля и учёта потребления электроэнергии.....	30
2.7 Разработка мероприятий по энергосбережению	33
3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда	45
3.1 Мероприятия по охране труда и технике безопасности при выполнении работ	45
3.2 Расчёт защитного заземления.....	53
Заключение	57
Список используемой литературы и используемых источников	59

Введение

Целью настоящей работы является расчет и выбор линий для временного подключения силового и осветительного оборудования на период строительно-реставрационных работ Федоровского городка.

В соответствии с поставленной целью в работе проводится решение следующих основных задач:

- анализ требований к проведению работ на территории объектов культурного наследия;
- выбор временной схемы электроснабжения объекта культурного наследия;
- разработка проекта временной системы электроснабжения объекта культурного наследия.

Помимо решения основных вопросов, касающихся проектирования временной схемы электроснабжения для реставрации рассматриваемого в работе объекта культурного наследия, также осуществляется разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда при выполнении работ во временной системе электроснабжения объекта.

При этом во временной системе электроснабжения выделяются опасные и вредные факторы, которые возникают при выполнении работ на объекте исследования.

Также рассчитывается контур заземления временной системы электроснабжения объекта, удовлетворяющий требованиям по безопасности, согласно нормативных документов.

Следовательно, в данной работе крайне важно и необходимо разработать, и, как результат, спроектировать полноценную систему электроснабжения временной системы электроснабжения объекта, относящегося к объекту культурного наследия и поэтому имеющему важнейшую историческую и научную ценность.

В работе используются типичные проекты по данной тематике.

1 Анализ исходных данных и постановка задачи проектирования

1.1 Особенности проведения работ на территории объектов культурного наследия

Приспособлением инженерных систем и оборудования на объекте культурного наследия считаются работы по прокладке новых коммуникаций по новым трассам и в случае, если ранее объект существовал исторически без таких систем и оборудования [4].

Ремонтом инженерных систем и оборудования на объекте культурного наследия считаются работы по модернизации существующих коммуникаций по старым трассам в силу их физического износа.

В случае если для приспособления объекта культурного наследия необходима прокладка к нему инженерных систем до ввода в здание по территории (парку) объекта культурного наследия, не являющейся самостоятельным объектом культурного наследия, и проектная документация по инженерным системам разрабатывается отдельно от проектной документации на проведение работ по сохранению данного объекта:

- при открытом способе прокладки инженерных систем - требуется разработка раздела или проекта по обеспечению сохранности приспособляемого объекта культурного наследия, включающего оценку воздействия проводимых работ на указанный объект культурного наследия и меры по обеспечению сохранности, согласованного с региональным органом охраны объектов культурного наследия на основании акта государственной историко-культурной экспертизы, в соответствии с п.2 ст.36 [5];
- при закрытом способе прокладки инженерных систем методом прокола грунта по территории объекта культурного наследия согласование с органом охраны объекта культурного наследия проектной документации на приспособление инженерных систем с

проведением государственной историко-культурной экспертизы не требуется.

В указанных случаях разрешение на проведение работ по территории объекта культурного наследия не выдается.

В случае, если для приспособления объекта культурного наследия необходима прокладка к нему инженерных систем до ввода в здание по территории (парку) объекта культурного наследия, которая является одновременно самостоятельным объектом культурного наследия, и проектная документация по инженерным системам разрабатывается отдельно от проектной документации на проведение работ по сохранению данного объекта культурного наследия:

- при открытом способе прокладки инженерных систем - требуется согласование проектной документации на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия (парка) для современного использования в части приспособления инженерных систем, проходящих через парк, с актом государственной историко-культурной экспертизы;
- при закрытом способе прокладки инженерных систем методом прокола по объекту культурного наследия (парку) согласование с органом охраны объекта культурного наследия проектной документации на приспособление инженерных систем с проведением государственной историко-культурной экспертизы не требуется.

В таких случаях необходимо получить разрешение на проведение работ по парку, который является объектом культурного наследия, в соответствии с п.5.2 [6].

Проектная документация на приспособление инженерных систем и оборудования внутри объекта культурного наследия, начиная от ввода в здание, обязательна для согласования в соответствующем органе охраны объекта культурного наследия на основании акта государственной историко-культурной экспертизы в силу требований п.1 ст. 45 [5].

В случае если проектная документация по инженерным системам разрабатывается в составе проектной документации на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия, указанная документация подлежит обязательному согласованию в органе охраны объекта культурного наследия и в общий акт государственной историко-культурной экспертизы включается оценка соответствия инженерных систем [26].

Получение разрешения на проведение указанных работ обязательно.

В ситуации, когда требуется ремонт существующих инженерных коммуникаций на объекте культурного наследия согласование проектной (рабочей) документации по ремонту в органе охраны объекта культурного наследия не требуется.

Однако необходимо получение разрешения на проведение ремонтных работ.

Юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, имеющие лицензию на осуществление деятельности по сохранению объектов культурного наследия, для получения разрешения подает в орган охраны объекта культурного наследия документы, перечисленные в п.5.4 [6].

В ходе рассмотрения документов ответственный исполнитель органа охраны объекта культурного наследия проводит анализ соответствия рабочей документации требованиям [17] и принимает решение о выдаче либо отказе в выдаче разрешения на ремонт.

При ремонте инженерных коммуникаций, проходящих по территории объекта культурного наследия, в случае если территория не является самостоятельным объектом культурного наследия, органом охраны объекта культурного наследия согласовывается раздел или проект по обеспечению сохранности объекта культурного наследия, к которому ведут коммуникации, включающего оценку воздействия проводимых работ на указанный объект культурного наследия и меры по обеспечению сохранности, на основании акта государственной историко-культурной экспертизы.

При этом получение разрешения не требуется.

При ремонте инженерных коммуникаций, проходящих по территории объекта культурного наследия, в случае если территория является самостоятельным объектом культурного наследия, в орган охраны объекта культурного наследия сразу направляется пакет документов на выдачу разрешения на ремонт согласно п.5.4 [6].

1.2 Обоснование разработки временной схемы на период строительного-реставрационных работ на объекте

Объектом исследования в работе является объект культурного наследия федерального значения «Федоровский городок», который включен в Единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) на основании [4] (в составе и в границах объекта культурного наследия федерального значения «Александровский парк»).

Собственник объекта исследования: Российская Федерация. Пользователем объекта является «Управление по эксплуатации зданий в Северо-Западном федеральном округе» Управления делами Президента Российской Федерации.

Местонахождение объекта исследования: Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Академический пр., д. 14-30 (северо-восточная часть Александровского парка).

Состав предмета охраны:

- объемно-пространственное и планировочное решение территории комплекса в целом;
- территория Митрополичьего сада;
- ограда Федоровского городка с воротами и башнями;
- здания, составляющие комплекс Федоровского городка: Трапезная, Белокаменная, Розовая, Желтая и Белая палаты, дома для причетников, нижних чинов и низших служащих, каретный ряд с конюшней, гаражом и двумя башнями;

– сохранившиеся в зданиях элементы архитектурно-художественной отделки интерьеров – монументальной живописи, а также изразцов, печей.

Расположение объектов и строений на территории Федоровского городка представлено на рисунке 1.

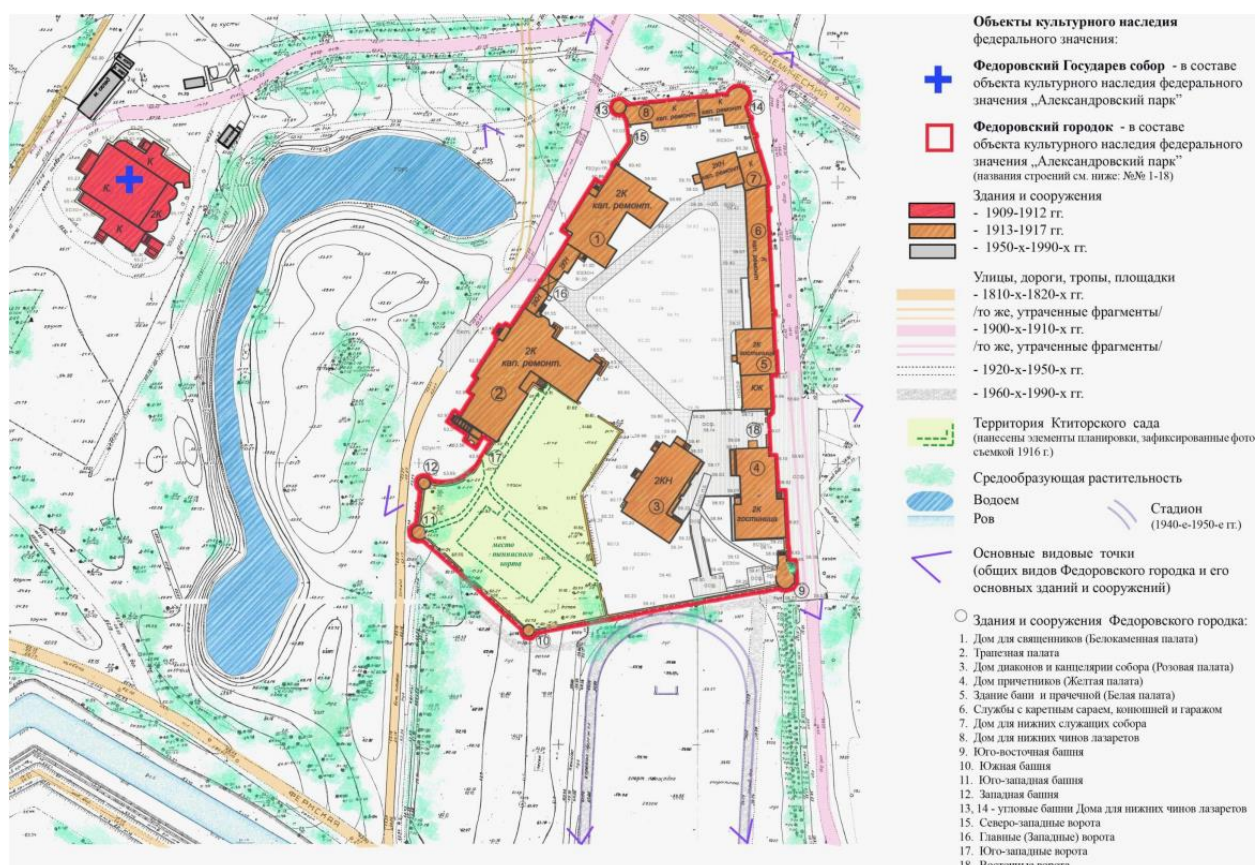


Рисунок 1 – Расположение объектов и строений на территории Федоровского городка, г. Санкт-Петербург

1.3 Краткая техническая характеристика оборудования и сетей объекта

Согласно требованиям «Разъяснение о проведении работ по инженерным сетям на территории объекта культурного наследия (письмо Министерства культуры Российской Федерации от 17 июля 2017 года № 207-01.1-39-ВА) [4], при разработке схемы временного электроснабжения для проведения реконструкции культурных заведений, крайне необходимо

согласовать все технические аспекты с соответствующими культурными органами. По степени надёжности электроснабжения объект незавершённого строительства (стройплощадка) относится к III категории согласно [1]. Мощность присоединяемых энергопринимающих устройств объекта незавершённого строительства составляет $P_{пр.макс} = 387,7$ кВт.

Максимальные проектные электрические нагрузки согласно технологическому процессу реконструкции, согласованные с заказчиком, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Максимальные проектные электрические нагрузки согласно технологическому процессу реконструкции, согласованные с заказчиком

Объект (строение) реконструкции	Наименование ЩС	$P_{пр.макс.}$, кВт
Силовые потребители		
Наружная стена, двор, башни, парковая зона	ЩС1	50,0
Трапезная палата	ЩС2	50,0
Белокаменная палата	ЩС3	21,2
Столярная мастерская	ЩС4	34,0
Здание низших чинов	ЩС5	34,0
Каретный ряд	ЩС6	34,0
Белая палата	ЩС7	40,5
Жёлтая палата	ЩС8	40,5
Розовая палата	ЩС9	34,0
Бытовой городок	ЩС10	45,5
Наружное освещение		
Освещение стены и южной части (установка СО-1)	ЩО1	$3 \times 0,25 = 0,75$
Освещение стены и западной части (установка СО-2)	ЩО2	$3 \times 0,25 = 0,75$
Освещение центральной части (установки СО-3, СО-4)	ЩО3	$3 \times 0,25 = 0,75$
Освещение восточной части (установка СО-7)	ЩО4	$3 \times 0,25 = 0,75$
Освещение северной и северо – восточной части (установки СО-5, СО-6)	ЩО5	$3 \times 0,25 = 0,75$

Выводы по разделу 1.

В первом разделе приведены исходные данные к выполнению работы, включающие особенности проведения работ на территории объектов культурного наследия, обоснование разработки временной схемы на период строительно-реставрационных работ на объекте, краткая техническая характеристика оборудования и сетей объекта.

На основе приведённых требований нормативных документов [1,4], предъявляемых к схемам электроснабжения рассматриваемого в работе Федоровского городка, являющегося объектом исторического наследия и требующего особого подхода, а также исходных технических характеристик оборудования и построек исторического значения объекта, приведённых в работе, проводится проектирование временной системы электроснабжения Федоровского городка.

Следовательно, в данной работе крайне важно и необходимо разработать, и, как результат, спроектировать полноценную систему электроснабжения временной системы электроснабжения объекта, относящегося к объекту культурного наследия и поэтому имеющему важнейшую историческую и научную ценность.

2 Разработка проекта временной системы электроснабжения для реконструкции Федоровского городка г. Санкт-Петербурга

2.1 Выбор и обоснование временной схемы электроснабжения объекта

Известно, что сбои и аварии во многих системах электроснабжения объектов временных схем электроснабжения связаны с угрозой жизни и здоровью людей, возникновением опасности экологических катастроф в связи с выбросов вредных и опасных веществ в атмосферу, воду и грунт, повреждением дорогостоящего оборудования, возникновением переходных процессов в энергосистеме [1].

Надежная работа систем электроснабжения объектов временных схем электроснабжения в целом напрямую зависит от надёжности основных производственных механизмов, которые относятся к I категории надёжности.

Питание таких механизмов осуществляется, как правило, по радиальной схеме без ответвлений от двух независимых источников питания, либо по магистральной схеме с двухсторонним питанием с наличием резервирования.

Участки систем электроснабжения объектов временных схем электроснабжения, которые играют второстепенную производственную роль и не настолько важны, как основные технологические механизмы, относятся ко II категории надёжности.

Они также требуют двух независимых источников питания, и, как правило, получают его по радиальной или магистральной схемам с наличием резервирования.

К III категории надёжности относятся все остальные участки систем электроснабжения объектов временных схем электроснабжения, которые не участвуют в производственном процессе, а являются вспомогательными звеньями. Их следует питать от одного источника без применения резервирования.

Как правило, питание систем электроснабжения объектов временных схем электроснабжения осуществляется на номинальном напряжении 0,38/0,22 кВ от понизительных трансформаторных подстанций (ТП) с высшим номинальным напряжением 6 кВ или 10 кВ. Современные трансформаторные подстанции, как правило, выполняются в виде комплектных устройств (КТП), имеющих значительное преимущество перед закрытыми (ЗТП) и открытыми (ОТП) подстанциями. Электроснабжение трансформаторных подстанций выполняется линиями электропередачи.

На первом этапе проектирования системы электроснабжения объектов временных схем электроснабжения прежде всего следует рассмотреть классификацию основных технологических механизмов, узлов и подразделений в целом, и, исходя из приведённых выше аргументов и особенностей, выбрать ту схему, которая в полной мере будет соответствовать требованиям [1-4].

Кроме того, также необходимо отдельно отнести к определённой категории надёжности и всю объектов временных схем электроснабжения в целом.

Далее, на основе соответствующих расчётов и проверок, проводится аргументированный выбор элементов системы электроснабжения объектов временных схем электроснабжения: силовых трансформаторов на понизительной ТП, марок и сечений проводников, электрических аппаратов и прочих необходимых элементов системы электроснабжения.

Комплексная разработка проекта системы электроснабжения объектов временных схем электроснабжения должна выполняться при неукоснительном соблюдении установленных норм качества электроэнергии, передаваемой потребителям, а также основных требований надёжности, экономичности и безопасности с учётом возможного будущего роста энергопотребления.

По степени надёжности электроснабжения объект незавершённого строительства (стройплощадка) относится к III категории согласно [1]. По этой причине питание будет осуществляться по магистральной схеме без резервирования.

В качестве вводного распределительного устройства 0,4 кВ (ВРУ-0,4 кВ) для временной схемы электроснабжения объекта в работе принимается сборка низкого напряжения уличного типа, состоящая из двух сборных секций (ЩУ-1 и ЩУ-2).

Питание силовой и осветительной нагрузки временной схемы электроснабжения объекта осуществляется двумя магистральными линиями (магистралями) М1 и М2.

От ЩУ-1 ВРУ-0,4 кВ питается магистраль М1, к которой присоединяются:

- силовые сборки (щиты): ЩС1 – ЩС2 – ЩС10 – ЩС3 – ЩС4;
- осветительные щиты: ЩО1 – ЩО2 – ЩО5.

От ЩУ-2 ВРУ-0,4 кВ питается магистраль М2, к которой присоединяются:

- силовые сборки (щиты): ЩС8 – ЩС9 – ЩС7 – ЩС6 – ЩС5;
- осветительные щиты: ЩО3 – ЩО4.

2.2 Расчёт электрических нагрузок

Расчёт электрических нагрузок спроектированной схемы объекта выполняется по [7,9].

Значение нагрузок на ЩС1 - ЩС10 [9]:

$$P_{p.c} = K_c P_{пр.макс}, \text{кВт}, \quad (1)$$

$$Q_{p.c} = P_{p.c} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{квар}, \quad (2)$$

$$S_{p.c} = \sqrt{P_{p.c}^2 + Q_{p.c}^2}, \text{кВА}, \quad (3)$$

Значение расчётных нагрузок наружного освещения на вводе ЩО1 – ЩО5 [8]:

$$P_{p.o} = K_c \sum_{i=1}^n P_{ном.o}, \text{кВт}, \quad (4)$$

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot \text{tg} \varphi, \text{квар}, \quad (5)$$

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2}, \text{кВА}, \quad (6)$$

Значение расчётных нагрузок для магистралей

$$P_{p.M} = K_o \sum_{i=1}^n P_{p.c} + \sum_{i=1}^n P_{p.o}, \text{кВт}, \quad (7)$$

$$Q_{p.M} = Q_{p.c} + Q_{p.o}, \text{квар}, \quad (8)$$

$$S_{p.M} = \sqrt{P_{p.M}^2 + Q_{p.M}^2}, \text{кВА}, \quad (9)$$

Значение расчётных нагрузок на примере ЩС1

$$P_{p.c} = 1 \cdot 50 = 50 \text{ кВт}.$$

$$Q_{p.c} = 50 \cdot 0,48 = 24 \text{ квар}.$$

$$S_{p.c} = \sqrt{50^2 + 24^2} = 55,5 \text{ кВА}.$$

Значение расчётных нагрузок освещения на примере ЩО1

$$P_{p.o} = 1 \cdot 3 \cdot 0,25 = 0,75 \text{ кВт}.$$

$$Q_{p.o} = 0,75 \cdot 0,7 = 0,53 \text{ квар}.$$

$$S_{p.o} = \sqrt{0,75^2 + 0,53^2} = 0,92 \text{ кВА}.$$

Результаты расчёта нагрузок на вводе силовых распределительных щитов и щитов освещения приводятся в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты расчёта нагрузок на вводе силовых распределительных щитов и щитов освещения

Объект	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВт
ЩС1	50,0	24,0	55,5
ЩС2	50,0	24,0	55,5
ЩС3	21,2	10,2	23,5
ЩС4	34,0	16,3	37,7
ЩС5	34,0	16,3	37,7
ЩС6	34,0	16,3	37,7
ЩС7	40,5	19,4	44,9
ЩС8	40,5	19,4	44,9
ЩС9	34,0	16,3	37,7
ЩС10	45,5	21,8	50,5
ЩО1	0,75	0,53	0,92
ЩО2	0,75	0,53	0,92
ЩО3	0,75	0,53	0,92
ЩО4	0,75	0,53	0,92
ЩО5	0,75	0,53	0,92

Результаты расчёта нагрузок на вводе силовых распределительных щитов и щитов магистрали М2

$$P_{p,М} = 0,95(3 \cdot 34 + 2 \cdot 40,5) + (3 \cdot 0,75) = 185,3 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p,М} = (3 \cdot 16,3 + 2 \cdot 19,4) + (3 \cdot 0,53) = 89,3 \text{ квар.}$$

$$S_{p,М} = \sqrt{185,3^2 + 89,3^2} = 205,7 \text{ кВА.}$$

На основании полученных результатов, проводится работа далее.

2.3 Выбор и проверка сечений кабельных линий

Выбор и проверка кабелей 0,38/0,22 кВ [10]

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{ср}} K_{\text{пр}} I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}}, A, \quad (10)$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый ток кабеля, A [28].

Расчётный ток установки [11]:

$$I_{\text{р.и}} = \frac{S_{\text{р.и}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, A, \quad (11)$$

где $S_{\text{р.и}}$ – полная нагрузка, $кВА$.

Условие проверки [11]:

$$\Delta U_{\text{н}} \leq \Delta U_{\text{доп}} = 5 \%. \quad (12)$$

Потери напряжения [11]

$$\Delta U_{\text{н}} = \frac{S_{\text{р.и}} \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{ном}}^2} \cdot 100, \%, \quad (13)$$

где l – «длина кабельной линии, км» [11,27];

r_0 , x_0 – соответственно «удельное активное и реактивное (индуктивное) сопротивление кабеля, Ом/км» [11,23].

Для магистрали М1

$$I_{\text{р.и}} = \frac{216,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 329 A.$$

Выбирается кабель марки ВВГнг (5×185) с $I_{дон} = 369$ А [12].

Проверка кабеля выполняется

$$I'_{дон} = 1 \cdot 1 \cdot 369 = 369 \geq 329, \text{ А.}$$

$$\Delta U_n = \frac{216,3 \cdot 0,78 \cdot (0,077 \cdot 0,9 + 0,059 \cdot 0,44)}{380^2} \cdot 100 = 2,15\%.$$

$$\Delta U_n = 2,15\% \leq \Delta U_{дон} = 5\%.$$

Таблица 3 - Выбор кабельных линий питающей и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ

Наименование	Марка силового кабеля	$\Delta U_n, \%$
Ввод	ВВГнг (5×240)	1,09
М1	ВВГнг (5×185)	2,15
М2	ВВГнг (5×185)	2,42
ЩС1	ВВГнг (5×25)	1,43
ЩС2	ВВГнг (5×25)	2,12
ЩС3	ВВГнг (5×6)	2,89
ЩС4	ВВГнг (5×10)	3,42
ЩС5	ВВГнг (5×10)	4,17
ЩС6	ВВГнг (5×10)	3,04
ЩС7	ВВГнг (5×16)	2,47
ЩС8	ВВГнг (5×16)	1,98
ЩС9	ВВГнг (5×10)	1,64
ЩС10	ВВГнг (5×16)	4,21
ЩО1	ВВГнг (5×1,5)	2,32
ЩО2	ВВГнг (5×1,5)	2,11
ЩО3	ВВГнг (5×1,5)	1,48
ЩО4	ВВГнг (5×1,5)	1,54
ЩО5	ВВГнг (5×1,5)	1,62

В работе для кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ, питающей отдельные потребители системы электроснабжения, принимаются современные медные пятижильные кабели марки ВВГнг, не поддерживающие горения и поэтому рекомендованные к использованию в электроустановках по условиям пожарной безопасности, а также в силу надёжности и экономичности [12].

Кабели марки ВВГнг хорошо зарекомендовали себя для использования в электроустановках всех типов, поэтому могут быть рекомендованы к использованию в сетях временной системы электроснабжения [12,22].

2.4 Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения временного объекта реконструкции осуществляется в общем случае для выбора и проверки электрических аппаратов [7,21].

В более полном варианте, расчёт токов короткого замыкания (далее – КЗ) на шинах системы электроснабжения временного объекта реконструкции проводится с целью:

- проверки электрических аппаратов и проводников на термическую и электродинамическую стойкости к токам короткого замыкания. Для этой цели проводятся расчёты максимального трёхфазного тока, а также значения ударного тока КЗ в расчётных точках;
- выбора и проверки на чувствительность уставок релейной защиты и автоматики. Для этой цели проводятся расчёты максимального трёхфазного тока, а также значения двухфазного (минимального) тока КЗ в расчётных точках.

Расчёт искомых трёхфазных токов КЗ в максимальном режиме проводится в расчётной точке К1 – сеть напряжением 6 кВ (на выводах ВН силового трансформатора), а также в расчётной точке К2 – сеть напряжением 0,4 кВ (на выводах НН трансформатора).

В работе используется методика расчёта токов короткого замыкания, приведённая в [15].

Значение базисной мощности принимается равной полной номинальной мощности силового трансформатора ТП-10/0,4 кВ [7] $S_б = S_{ном.Т} = 630$ кВА.

Значение базисных напряжений [7,30]

$$U_{б1} = 1,05 \cdot U_{ном.ВН}, \text{ кВ}; \quad (21)$$

$$U_{б1} = 1,05 \cdot 10 = 10,5 \text{ кВ};$$

$$U_{б2} = 0,4 \text{ кВ}.$$

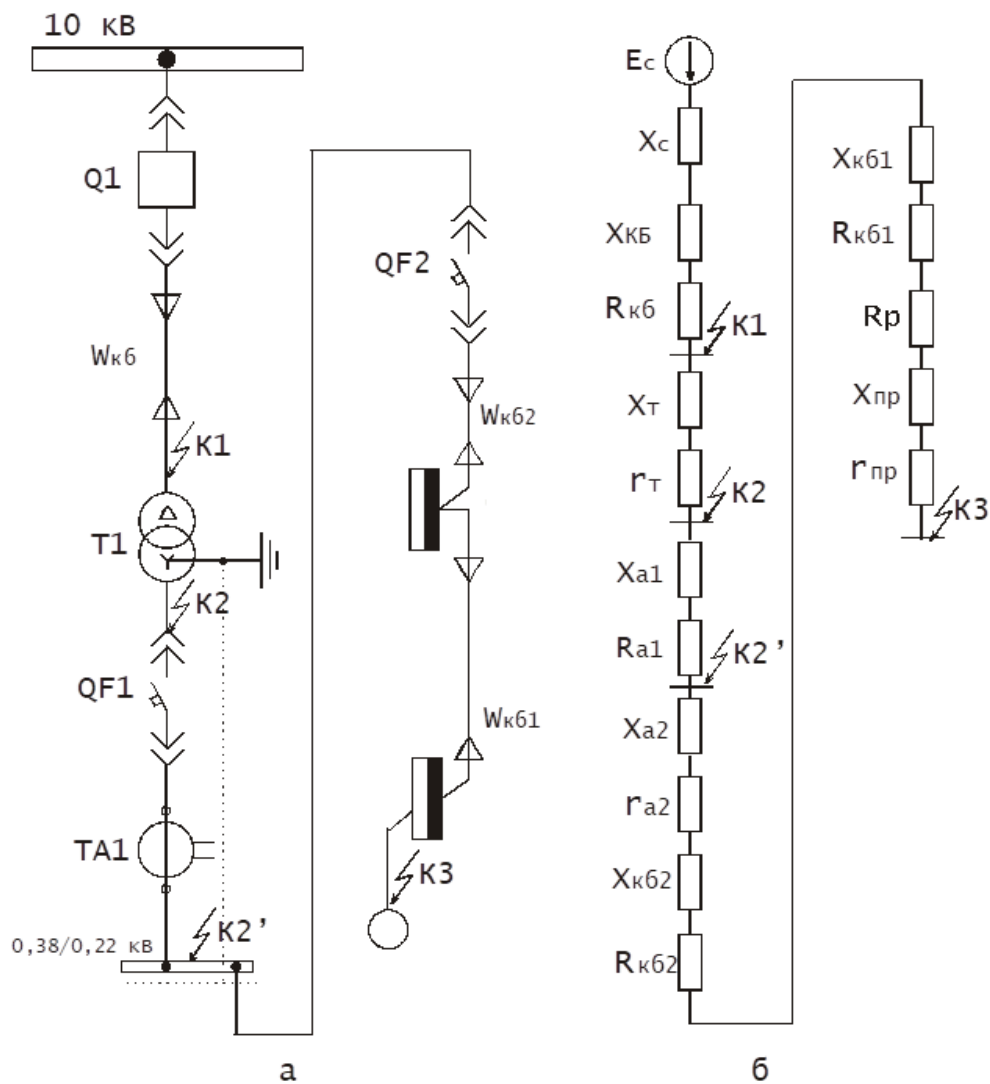


Рисунок 2 – Схема для расчета токов КЗ:
а - расчетная схема; б - схема замещения

Базисный ток [13]

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}}, \text{ А.} \quad (15)$$

$$I_6 = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 34,7 \text{ А.}$$

– «Определяется сопротивление системы» [13]

$$x_{*c} = \frac{I_6}{I_{п.о}^{(3)}}, \text{ о.е.} \quad (16)$$

$$x_{*c} = \frac{34,7}{6000} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ о.е.}$$

– «Определяется сопротивление кабельной линии» [13]

$$x_{*кб1} = x_{0кб1} l_{кб1} \frac{S_6}{U_{61}^2}, \text{ о.е.} \quad (17)$$

$$r_{*кб1} = r_{0кб1} l_{кб1} \frac{S_6}{U_{61}^2}, \text{ о.е.} \quad (18)$$

По условиям (17) и (18)

$$x_{*кб1} = 0,083 \cdot 0,05 \frac{0,63}{10,5^2} = 0,24 \cdot 10^{-4} \text{ о.е.}$$

$$r_{*кб1} = 0,625 \cdot 0,05 \frac{0,63}{10,5^2} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ о.е.}$$

- «Определяется сопротивление силового трансформатора на ТП-19» [13]

$$r_{T*} = \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{S_{\text{ном.Т}}}, \text{ о.е.}, \quad (19)$$

$$x_{T*} = \sqrt{u_{\text{к}}^2 - r_{T*}^2} \text{ о.е.}, \quad (20)$$

По условиям (16) и (20)

$$r_{T*} = \frac{7,6}{630} = 0,0121 \text{ о.е.}$$

$$x_{T*} = \sqrt{0,055^2 - 0,0121^2} = 0,0537 \text{ о.е.}$$

- «Определяется суммарное сопротивление в о.е. к точке К1» [13]

$$x_{\Sigma\text{К1}*} = x_{\text{С}*} + x_{\text{кб1}*}, \text{ о.е.} \quad (21)$$

$$x_{\Sigma\text{К1}*} = 0,0058 + 0,000024 = 0,00582 \text{ о.е.}$$

$$z_{\Sigma\text{К1}*} = \sqrt{x_{\Sigma\text{К1}*}^2 + r_{\Sigma\text{К1}*}^2}, \text{ о.е.} \quad (22)$$

$$z_{\Sigma\text{К1}*} = \sqrt{0,00582^2 + 0,00018^2} = 0,00582 \text{ о.е.}$$

- «Суммарное сопротивление в относительных единицах к точке К2» [13]

$$x_{*\Sigma K2} = x_{*\Sigma K1} + x_T, \text{ о.е.} \quad (23)$$

$$x_{*\Sigma K2} = 0,00582 + 0,0537 = 0,0595 \text{ о.е.}$$

$$r_{*\Sigma K2} = r_{*\Sigma K1} + r_T, \text{ о.е.} \quad (24)$$

$$r_{*\Sigma K2} = 0,00018 + 0,0121 = 0,0123 \text{ о.е.}$$

– К точке К2 [13]

$$x_{\Sigma K2} = x_{*\Sigma K2} \frac{U_{62}^2}{S_6}, \text{ Ом.} \quad (25)$$

$$x_{\Sigma K2} = 0,0595 \cdot \frac{0,4^2}{0,63} = 0,0152 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_{*\Sigma K2} \frac{U_{62}^2}{S_6}, \text{ Ом.} \quad (26)$$

$$r_{\Sigma K2} = 0,0123 \cdot \frac{0,4^2}{0,63} = 0,0031 \text{ Ом.}$$

$$z_{\Sigma K2} = \sqrt{r_{\Sigma K2}^2 + x_{\Sigma K2}^2}, \text{ Ом.} \quad (27)$$

$$z_{\Sigma K2} = \sqrt{0,0031^2 + 0,0152^2} = 0,0155 \text{ Ом.}$$

– Поэтому [13]

$$r_{\Sigma K2'} = R_{\Sigma K2} + r_{a1}, \text{ Ом;} \quad (28)$$

$$r_{\Sigma K2'} = 0,0031 + 0,00014 = 0,00324 \text{ Ом.}$$

$$z_{\Sigma K2'} = \sqrt{r_{\Sigma K2'}^2 + x_{\Sigma K2'}^2}, \text{ Ом.} \quad (29)$$

$$z_{\Sigma K2'} = \sqrt{0,00364^2 + 0,0152^2} = 0,01563 \text{ Ом.}$$

– Для КЛ [13,29]

$$x_{кб.i} = x_{0.кб.i} l_{кб.i}, \text{ Ом,} \quad (30)$$

$$r_{кб.i} = r_{0.кб.i} l_{кб.i}, \text{ Ом,} \quad (31)$$

$$x_{кб.2} = 0,099 \cdot 0,04 = 0,004 \text{ Ом.}$$

$$r_{кб.2} = 3,12 \cdot 0,04 = 0,125 \text{ Ом.}$$

$$x_{кб.1} = 0,102 \cdot 0,06 = 0,0061 \text{ Ом.}$$

$$r_{кб.1} = 7,81 \cdot 0,06 = 0,469 \text{ Ом.}$$

– К ответвлениям

$$x_{пр} = x_{0.пр} l_{пр}, \text{ Ом,} \quad (32)$$

$$r_{пр} = r_{0.пр} l_{пр}, \text{ Ом.} \quad (33)$$

По условиям (32) и (33)

$$x_{пр} = 0,102 \cdot 0,004 = 0,00041 \text{ Ом.}$$

$$r_{пр} = 7,81 \cdot 0,004 = 0,03 \text{ Ом.}$$

– Определяются суммарное активное и реактивное сопротивление до точки КЗ [13]

$$r_{\Sigma K3} = r_{\Sigma K2'} + r_{a2} + r_{кб.2} + r_{кб.1} + r_p + r_{пр}, \text{ Ом}, \quad (34)$$

где R_p - активное сопротивление контактов рубильника, Ом;

$$r_{\Sigma K3} = 0,00364 + 0,007 + 0,125 + 0,469 + 0,0005 + 0,03 = 0,635 \text{ Ом}.$$

$$x_{\Sigma K3} = x_{\Sigma K2'} + x_{a2} + x_{кб.2} + x_{кб.1} + x_{пр}, \text{ Ом}. \quad (35)$$

$$x_{\Sigma K3} = 0,0156 + 0,0045 + 0,004 + 0,0061 + 0,00041 = 0,031 \text{ Ом}.$$

– Определяется полное сопротивление до точки К3 [13]

$$z_{\Sigma K.i} = \sqrt{r_{\Sigma K.i}^2 + x_{\Sigma K.i}^2}, \text{ Ом}. \quad (36)$$

$$z_{\Sigma K3} = \sqrt{0,635^2 + 0,031^2} = 0,636 \text{ Ом}.$$

Расчет максимального значения токов трехфазных КЗ.

В точке К1

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{I_6}{z_{\Sigma K1}^*}, \text{ А}. \quad (37)$$

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{34,7}{0,0087} = 3988 \text{ А}.$$

В точках К2, К2", К3 (сеть 0,4 кВ)

$$I_{K.i}^{(3)} = \frac{U_{62}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma K.i}}, \text{ кА}. \quad (38)$$

$$I_{к2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0156} = 14,8 \text{ кА}.$$

$$I_{к2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,01563} = 14,79 \text{ кА.}$$

$$I_{к3}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,636} = 0,364 \text{ кА.}$$

Расчет ударных токов.

Ударный ток трёхфазного КЗ определяется по формуле [13]

$$i_{y.к.i} = \sqrt{2} \cdot K_y I_{к.i}^{(3)}, \text{ кА.} \quad (39)$$

Для точки К1

$$i_{y.к1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,988 = 10,2 \text{ кА.}$$

Для остальных точек КЗ расчёт аналогичен (таблица 4).

Ток однофазного КЗ определяется по формуле [13]

$$I_{к.i}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{z_{г}^{(1)}}{3} + z_{п\Sigma}}, \text{ кА.} \quad (40)$$

Расчёт проводится для точки К2".

$$I_{п.о}^{(1)} = \frac{0,22}{0,42/3} = 1,57 \text{ кА.}$$

Для точки К3

$$Z_{\Pi} = Z_{\Pi.о.кЛ2} + Z_{\Pi.о.кЛ1} + Z_{\Pi.о.пр}, \text{ Ом.} \quad (41)$$

Полное значение сопротивления к точке К3 [13]

$$Z_{\Pi.К3} = Z_{\Pi.о.кБ2} \cdot I_{кБ2} + Z_{\Pi.о.кБ1} \cdot I_{кБ1} + Z_{\Pi.о.пр} \cdot I_{пр}, \text{ Ом.} \quad (42)$$

$$Z_{\Pi.К3} = 4,73 \cdot 0,04 + 12,01 \cdot 0,06 + 24,08 \cdot 0,004 = 1,006 \text{ Ом.}$$

$$I_{\Pi.о.к3}^{(1)} = \frac{0,22}{0,042/3 + 1,006} = 0,216 \approx 0,22 \text{ кА.}$$

Полученные результаты расчётов токов короткого замыкания и ударных токов сводятся в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчётов токов короткого замыкания и ударных токов в точках схемы

Точка КЗ	$I_{к1}^{(3)}, \text{ кА}$	$i_{у.к}, \text{ кА}$	$I_{К.и}^{(1)}, \text{ кА.}$
К1	4,00	10,2	1,16
К2	14,80	29,3	1,60
К2"	14,79	29,2	1,57
К3	0,36	0,72	0,22

Полученные результаты расчётов токов КЗ (трёхфазных и однофазных), а также полученных значений ударных токов в этих точках, используются в работе далее.

Эти значения тока трехфазного КЗ используются далее при выборе и проверке электрических аппаратов в системе электроснабжения временного ремонтного объекта, рассматриваемого в работе.

2.5 Выбор и проверка электрических аппаратов

Условия выбора автоматических выключателей согласно [16,29].

Номинальные токи автомата и теплового расцепителя [15]:

$$I_{ном.а} \geq I_p. \quad (43)$$

$$I_{ном.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (44)$$

Ток уставки электромагнитного расцепителя [14]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p \geq I_k, \quad (45)$$

где $K_{то}$ – кратность тока отсечки.

Для защиты одиночных электродвигателей [14]:

$$I_p = I_{ном}. \quad (46)$$

$$I_n = I_{пуск}. \quad (47)$$

Для примера выбирается автомат ввода временной схемы ЭС с учётом резервирования [14]

$$I_{p.c} = \frac{I_{p.с}}{1,4}, A, \quad (48)$$

где $I_{p.с}$ – расчётный ток вводного выключателя, А.

$$I_{p.c} = \frac{339,6}{1,4} = 242,6 A.$$

$$250 \geq 242,6, A.$$

$$250 = 250, A.$$

$$750 = 3 \cdot 250, A.$$

Выбирается автомат ввода временной схемы ЭС марки ВА57-35, $I_{ном.а} = 250 A$, $I_{у.т.р.} = 250 A$, $I_{у.э.р.} = 750 A$.

Условия выбора и проверок автомата выполняются

$$I_{ном.а} = 250 A \geq I_{р.} = 242,6 A.$$

$$I_{ном.т.р.} = 250 A \geq 1,05 \cdot 242,6 = 248,6 A.$$

$$I_{ном.э.р.} = 750 A \geq 250 A.$$

Окончательно выбирается автомат ввода ТП-6/0,4 кВ марки ВА57-35, $I_{ном.а} = 250 A$, $I_{у.т.р.} = 250 A$, $I_{у.э.р.} = 750 A$.

Выбор остальных автоматических выключателей временной схемы ЭС объекта осуществлён аналогично (таблица 5).

Таблица 5 - Результаты выбора автоматов временной схемы ЭС объекта

Наименование	I_p, A	$I_{ф}, A$	Марка	$I_{ном.а}, A$	$I_{ном.т.р.}, A$	$I_{ном.э.р.}, A$
ЩУ-1	329,0	427,7	ВА57-39	630	500	1500
ЩУ-2	316,5	411,4	ВА57-39	630	500	1500
М1	329,0	329,0	ВА 52-37	400	400	1200
М2	316,5	316,5	ВА 52-37	400	400	1200
ЩС1	85,4	85,4	ВА 52-31	100	100	300
ЩС2	85,4	85,4	ВА 52-31	100	100	300
ЩС3	36,2	36,2	ВА 52-31	100	40	120
ЩС4	58,0	58,0	ВА 52-31	100	63	189
ЩС5	58,0	58,0	ВА 52-31	100	63	189
ЩС6	58,0	58,0	ВА 52-31	100	63	189
ЩС7	69,1	69,1	ВА 52-31	100	80	240
ЩС8	69,1	69,1	ВА 52-31	100	80	240

Продолжение таблицы 5

Наименование	I_p, A	I_ϕ, A	Марка	$I_{ном.а}, A$	$I_{ном.т.р}, A$	$I_{ном.э.р}, A$
ЩС9	58,0	58,0	ВА 52-31	100	63	189
ЩС10	77,7	77,7	ВА 52-31	100	80	240
ЩО1	1,4	1,4	ВА 47-29	6	6	18
ЩО2	1,4	1,4	ВА 47-29	6	6	18
ЩО3	1,4	1,4	ВА 47-29	6	6	18
ЩО4	1,4	1,4	ВА 47-29	6	6	18
ЩО5	1,4	1,4	ВА 47-29	6	6	18

Результаты выбора рубильника временной схемы ЭС объекта [9] приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Выбор вводного рубильника временной схемы ЭС объекта

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные рубильника ВР 32-39
$U_{ном.руб.} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с} = 380 B$	$U_{ном.руб.} = 380 B$
$I_{ном.руб.} \geq I_\phi$	$I_\phi = 427,7 A$	$I_{ном.руб.} = 630 A$

Все выбранные аппараты 0,4 кВ системы электроснабжения временной схемы ЭС объекта приведены на графическом листе 2.

2.6 Выбор системы контроля и учёта потребления электроэнергии

Согласно [1], для установки в системе электроснабжения временной схемы ЭС объекта необходимо предусмотреть установку современных измерительных приборов, приборов учёта и контроля электроэнергии.

Все указанные элементы получают питание от измерительных трансформаторов (тока и напряжения), которые выбраны в работе ранее.

В качестве системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения временной схемы ЭС объекта в работе принимается

«автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии» [12] (далее – АСКУЭ) как одна из передовых современных технологий в данной области.

Внедрение АСКУЭ для учёта и контроля электроэнергии потребителей временной схемы ЭС объекта является современным и обоснованным решением как с технической, так и с экономической точек зрения.

В данном случае система АСКУЭ рассматривается как базовая для контроля качества электроэнергии в системе электроснабжения временной схемы ЭС объекта [18].

В работе в основе АСКУЭ применяется электронный счётчик «Меркурий», который входит в систему АСКУЭ.

Благодаря применению АСКУЭ в системах электроснабжения, локализуются узлы с коммерческими потерями, блокируется несанкционированный доступ к электрическим сетям с целью хищения электроэнергии.

Кроме того, АСКУЭ позволяет контролировать установленные лимиты электроэнергии, тем самым оптимизируя производственный процесс на предприятиях и в организациях (потребителях) [16].

При этом устанавливается необходимое оборудование системы АСКУЭ в точке коммерческого учёта электроэнергии, которое включает в себя следующие основные узлы, компоненты и аппараты:

- счётчик «Меркурий»;
- GSM модем;
- сервер для накопления данных с GSM модуля;
- АРМ диспетчера (с ПК и оборудованием – комплект);
- трансформаторы тока;
- трансформатор напряжения.

Помимо этого, для ввода в эксплуатацию АСКУЭ необходимо также предусмотреть расходы на программное обеспечение и наладку, монтаж, а также расходный материал и статью транспортных и накладных расходов.

Кроме того, в работе в АСКУЭ выполняется с дифференцированными по времени суток тарифов на электроэнергию и с функцией локализации узлов с коммерческими потерями (блокировка несанкционированного доступа к электрическим сетям с целью хищения электроэнергии).

Такая комплектация перспективна, а также экономически и технически целесообразна.

Структурная схема АСКУЭ для учёта и контроля электроэнергии временной схемы ЭС объекта приведена на рисунке 3.

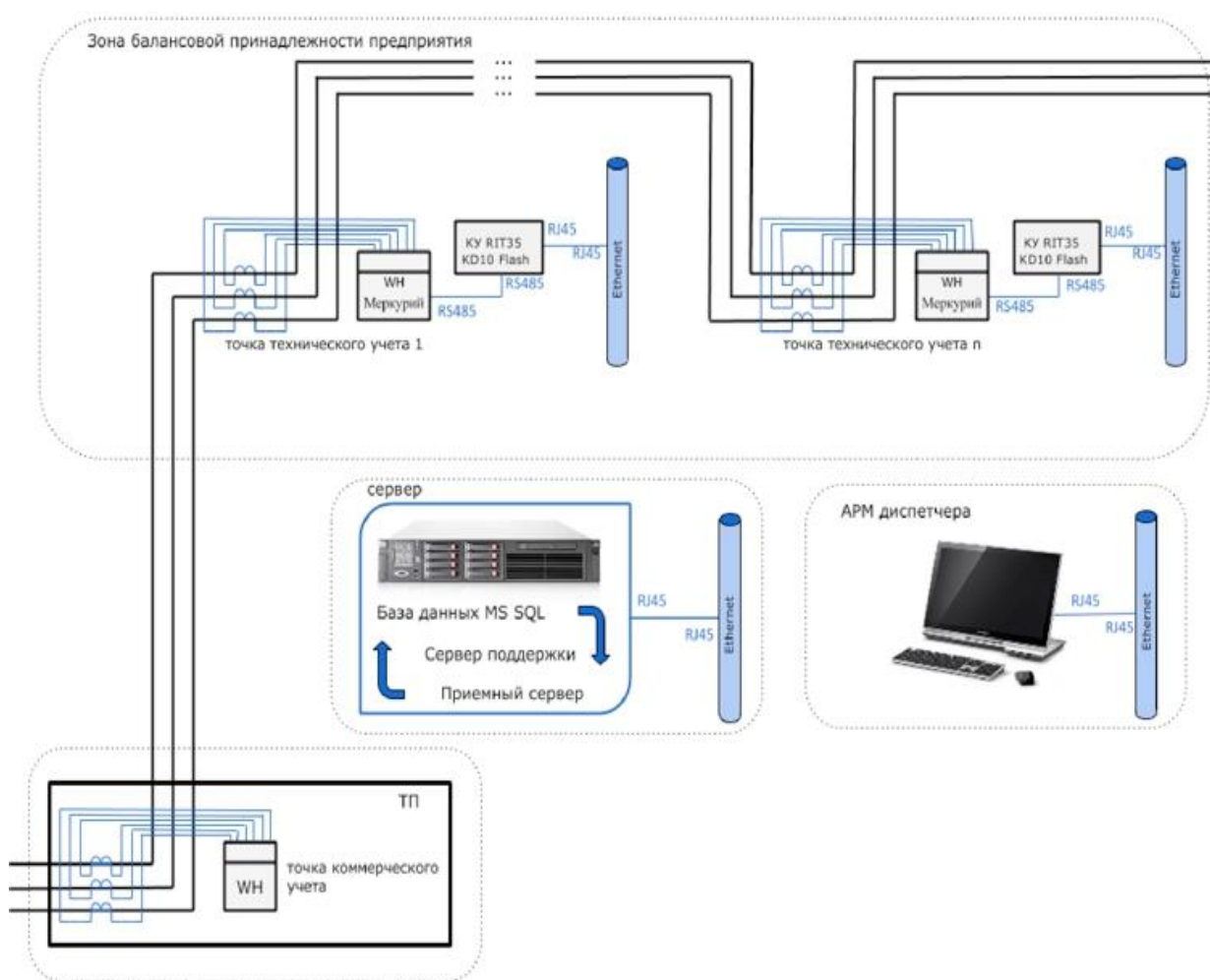


Рисунок 3 – Структурная схема АСКУЭ для учёта и контроля электроэнергии временной схемы ЭС объекта

2.7 Разработка мероприятий по энергосбережению

Рассматривая вопрос энергосбережения в системе электроснабжения временного объекта реконструкции, следует учитывать, что экономия энергии является важным, хотя и не единственным фактором, определяющим высокий технико-экономический уровень развития электромеханических систем.

Важное значение имеет безопасность работы обслуживающего персонала и надежность отдельных элементов и электроустановки в целом. Этим определяется производительность установки, затраты на ее ремонт и эксплуатацию.

Планово-предупредительный ремонт обеспечивает не только правильную и безаварийную эксплуатацию электрооборудования, но и значительную экономию электроэнергии.

В первую очередь, это режим смазывания подшипников, как электрических машин, так и приводной установки.

Правильный режим смазки с применением соответствующего масла, уменьшает потери на трение в узлах машин, облегчает их ход и уменьшает потребление электроэнергии электроприводом.

Важное значение имеет применение ограничителей холостого хода электродвигателей, а также и силовых трансформаторов на понизительной подстанции системы электроснабжения временного объекта реконструкции.

На экономию электроэнергии влияет также номинальное загрузки электродвигателей, работающих в временного объекта реконструкции.

Многие электроэнергии расходуется в пускорегулирующей аппаратуры, поэтому нужно больше внедрять бесконтактную аппаратуру, а также замену привода систем Г-Д на тиристорные преобразователи.

Важное значение имеет рациональное использование электроэнергии на освещение временного объекта реконструкции.

Большая роль в снижении расхода электроэнергии на освещение принадлежит высоко экономическим люминесцентным лампам.

При эксплуатации люминесцентные лампы нужно заменять не тогда, когда они перестают работать, а когда теряют часть первоначального светового потока (примерно на 30%).

Не допускать работу люминесцентных светильников с отключенными конденсаторами, при отсутствии в пускорегулирующей аппаратуре конденсатора и наличии одних дросселей, коэффициент мощности такого светильника равен 0,5.

Большое значение для улучшения освещения имеет правильный выбор светильников, лучшей арматурой для люминесцентных ламп являются светильники ОД, ОПР, ОДО, ВЛВ и др.

На улучшение освещения влияет цвет краски стен, потолка, пола производственного помещения.

Большое значение для рационального использования электроэнергии имеет строгое нормирование ее как по отдельным цехам, так и по организации в целом.

Нужно устанавливать нормы затрат на единицу продукции, организовывать действенный контроль за рациональным использованием электроэнергии.

Большое значение для экономии электроэнергии имеет повышение коэффициента мощности $\cos \varphi$.

Значение $\cos \varphi$ должно составлять не ниже 0,92 - 0,95.

При этом все элементы электрической сети выбираются по номинальному току, величина которого обратно пропорциональна коэффициенту мощности.

Потери электроэнергии обратно пропорциональны квадрату коэффициента мощности.

Основными методами повышения $\cos \varphi$ являются:

- повышение коэффициента нагрузки;
- замена не загружена двигателей двигателями меньшей мощности;
- снижение напряжения при недогрузке двигателей;

- улучшение качества ремонта;
- ликвидация холостых ходов;
- компенсация реактивной мощности;
- замена мощных асинхронных двигателей на синхронные;
- необходимо следить за нагрузкой силовых трансформаторов, которое должно быть в пределах 0,65 - 0,75.

Известно множество мероприятий по совершенствованию системы учета электроэнергии, но, тем не менее, периодически сетевые организации внедряют новые с целью реагирования на ранее, не принимаемые во внимание составляющие коммерческих потерь, а также в связи с постоянно появляющимися новыми способами хищения электроэнергии.

Главные задачи разрабатываемых и внедряемых мероприятий – реальное снижение потерь в электросетях, которые работают в нормальных технических и климатических условиях.

Если оборудование работает в условиях, отличных от нормальных, то потребителями должны приниматься все возможные меры по приведению условий работы к нормальным.

При этом и потери электроэнергии должны установиться на уровне нормативных.

Рассматривая вопрос энергосбережения в системе электроснабжения временной системы электроснабжения объекта, следует учитывать, что экономия энергии является важным, хотя и не единственным фактором, определяющим высокий технико-экономический уровень развития электромеханических систем.

Важное значение имеет безопасность работы обслуживающего персонала и надежность отдельных элементов и электроустановки в целом. Этим определяется производительность установки, затраты на ее ремонт и эксплуатацию.

На основе анализа литературных источников, проведённого в работе ранее, проводится разработка комплекса мероприятий по минимизации потерь

активной мощности в системе электроснабжения потребителей модернизируемой системы электроснабжения временной системы электроснабжения объекта и плана по его реализации.

В основе любой программы по повышению энергоэффективности, по сути, лежат энергосберегающие мероприятия, которые рассматриваются и анализируются в работе далее.

Известно, что основные направления для мероприятий по повышению энергоэффективности носят организационный или технический характер (аспект) [10, с. 34-46].

Основные организационные мероприятия по повышению энергоэффективности заключаются в непосредственном теоретическом процессе подготовки, организации и управления проектом по энергоэффективности и включают в себя [10,25]:

- проведение энергоаудита;
- постановка задач и целей персоналу, обучение и развитие навыков персонала;
- проведение энергоменеджмента;
- привлечение инвестиций как из внешних, так и внутренних источников;
- премирование и штрафы за несоблюдение установленных норм потребления энергоресурсов;
- контроль над использованием энергоресурсов всех типов и видов;
- внедрения новых программ для анализа и контроля потребления энергоресурсов и их оптимизации с использованием ЭВМ и т.д.

Технические мероприятия по энергоэффективности носят практический характер. В отличие от организационных мероприятий, они имеют прямой технико-экономический эффект.

Как правило, для современных отечественных предприятий наиболее распространёнными и эффективными мероприятиями этой группы являются мероприятия по модернизации и реконструкции электрических сетей и

оборудования, а также по оптимизации режимов работы электроустановок, что при правильном подходе в подавляющем большинстве случаев приводит к ощутимым технико – экономическим результатам.

Кроме того, особое внимание уделяется автоматизации электрических сетей и оборудования систем электроснабжения, а также вопросам компенсации реактивной мощности [16, с. 28-31].

Арутюнян А.А [12, с. 28-31] наиболее эффективными и значимыми техническими мероприятиями по повышению энергоэффективности считает:

- реконструкцию схем с заменой (модернизацией) устаревших проводников электрических сетей и оборудования на современные марки с улучшенными техническими показателями;
- установку и ввод в эксплуатацию современных силовых трансформаторов и силового электрооборудования, имеющих улучшенные технические характеристики;
- качественную компенсацию реактивной мощности с применением автоматических регуляторов для данного процесса;
- замену проводников на перегруженных линиях электропередачи;
- замену систематически перегруженных силовых трансформаторов;
- повышение загрузки до оптимального уровня силового оборудования трансформаторных подстанций, мощных электродвигателей и др.;
- автоматизацию сети с непосредственной установкой автоматических регуляторов и систем автоматики (АПВ, АВР, АЧР и др.);
- уменьшение технических потерь до нормируемого уровня и полное искоренение коммерческих потерь.

Из группы технических мероприятий также выделяют режимные мероприятия, например, обеспечение оптимального режима компенсаторов реактивной мощности, своевременное переключение ответвлений обмоток трансформаторов с РПН, отключение силовых трансформаторов в сетях низкого напряжения на период малых нагрузок, перевод нагрузки на другие

линии в «часы пик», разгрузка узлов электрических сетей, регулирование потоков мощностей и т.п. [19, с. 49-54].

Известно, что минимизация потерь электроэнергии является одним из наиболее важных задач энергосбережения отечественной электроэнергетики.

Современные промышленные предприятия всё чаще обращают внимание на данную проблему по причине возможности уменьшить экономические затраты и значительно улучшить технико – экономические показатели своих систем электроснабжения.

В последние годы доля потерь электроэнергии в сетях промышленных предприятий значительно возросла, что связано, в первую очередь, с использованием устаревшего оборудования, не соответствующего современным нормам качества, применением в сетях нестационарной и нелинейной нагрузки, отсутствие надлежащей компенсации реактивной мощности и т.д.

Кроме того, с другой стороны к увеличению потерь электроэнергии приводят также ошибки на стадии проектирования, низкая загрузка оборудования и сетей станций и подстанций систем электроснабжения, а также недостаточная оптимизация технологического процесса.

Поэтому решение поставленной в работе задачи в условиях современной электроэнергетики носит актуальный характер и требует дальнейших исследований.

Резервы для повышения энергоэффективности систем электроснабжения предприятий всех типов путём снижения потерь электроэнергии согласно [16, с.27-36] определяют, исходя из структуры потерь электроэнергии (её основных составляющих).

Как известно, отчётные потери электроэнергии представляются в форме следующих составляющих, а именно:

- технические потери;
- коммерческие потери;
- инструментальные потери

– потери на собственные нужды.

Также известно, что основные направления для задачи минимизации потерь электроэнергии носят организационный либо технический характер.

Совместное применение организационных и технических мероприятий для решения задач минимизации потерь электроэнергии в конечном итоге приводит к значительному технико – экономическому эффекту на всех звеньях систем электроснабжения.

Учитывая приведённые аспекты после проведенного анализа литературы, после проведения анализа системы электроснабжения с учётом рекомендованных методов и подходов, разработан комплекс мероприятий по минимизации потерь активной мощности в системе электроснабжения потребителей временной системы электроснабжения объекта с поэтапным планом его реализации (рисунок 4).

При этом разработанный план реализации комплекса мероприятий по минимизации потерь активной мощности в системе электроснабжения потребителей временной системы электроснабжения объекта состоит из трёх этапов, которые реализуются в определённой последовательности (алгоритм реализации), приведённой ниже.

Первый этап предполагает тщательное и качественное нормирование потерь электроэнергии.

Такое нормирование необходимо осуществить для каждой группы потерь электроэнергии отдельно, так как они имеют различную природу и никак не могут быть представлены одной расчётной составляющей [5-9].

При этом необходимо учесть, например, такие важные технические и экономические аспекты:

– для нормирования технических потерь – режимы работы схемы, технические параметры оборудования, степень его износа, показатели потребляемой реактивной электроэнергии и степень её компенсации, климатические факторы, коэффициенты загрузки оборудования;

- для коммерческих потерь – отсутствие краж и задолженностей по оплате за потреблённую электроэнергию;
- для инструментальных потерь – состояние систем измерений, их износ и погрешности; для потерь на собственные нужды – неучтённые расходы на собственные нужды питающих подстанций энергосистемы.

При этом норматив потерь должен быть обоснован на проектной стадии для каждой группы отдельно.

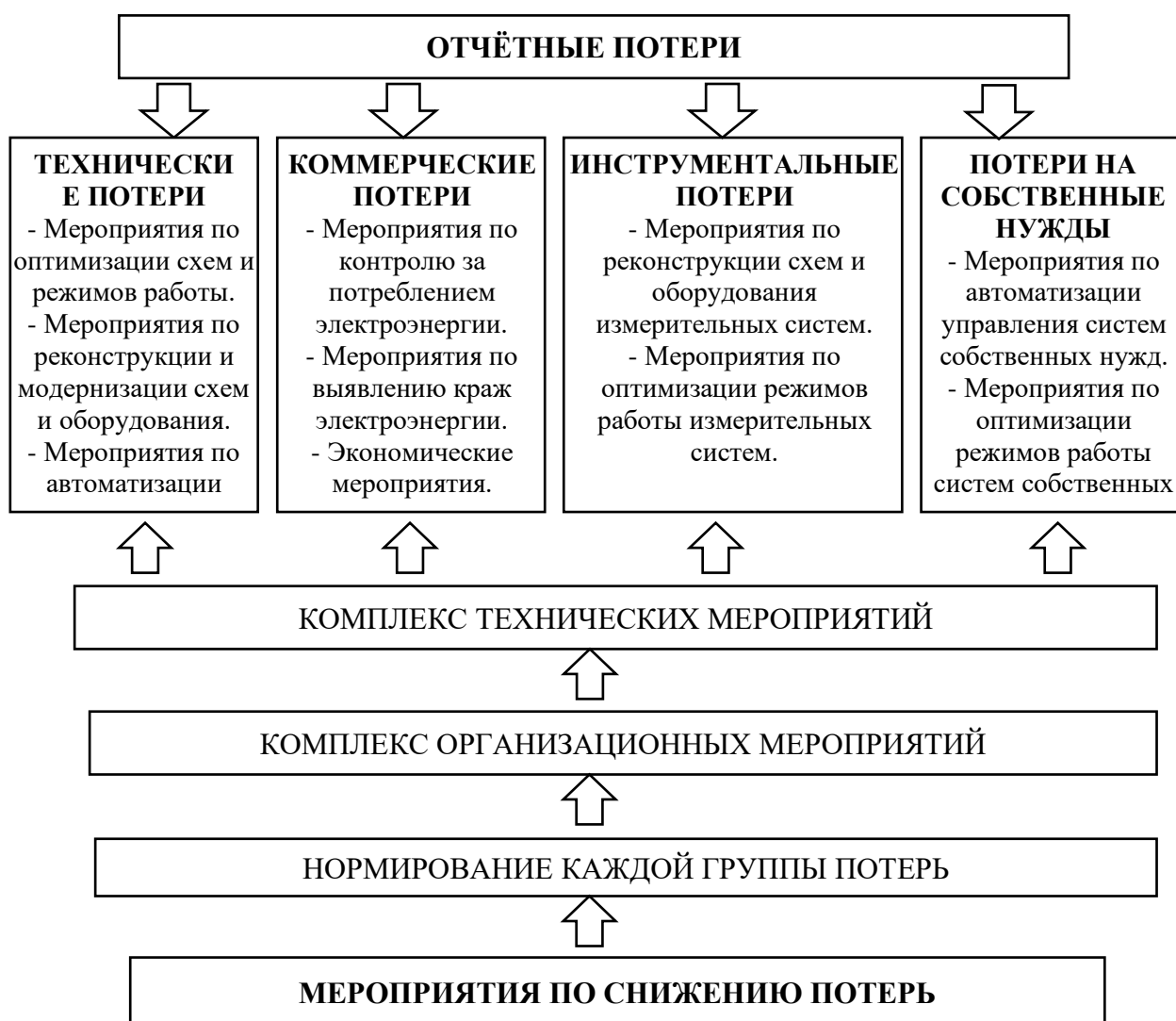


Рисунок 4 – Комплекс мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения потребителей временной системы электроснабжения объекта с поэтапным планом его реализации

Второй этап плана мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения потребителей временной системы электроснабжения объекта, предполагает внедрение комплекса организационных мероприятий по минимизации потерь электроэнергии.

К ним относятся:

- разработка организационной документации, направленной на поощрение работников;
- выполняющих предписания по снижению потерь электроэнергии;
- внедрение инструкций и положений по правильному ведению технологического процесса;
- наказание виновных, поощрение добросовестных сотрудников;
- прочие подобные мероприятия.

На третьем этапе осуществляется разработка и внедрение комплекса технических мероприятий для минимизации каждой группы потерь с учётом технических характеристик, схем и параметров системы электроснабжения.

В системе электроснабжения временной системы электроснабжения объекта, как наиболее эффективные, с точки зрения минимизации потерь электроэнергии на данный момент, приняты мероприятия по реконструкции схемы электрических соединений с учётом фактических нагрузок потребителей, а также модернизация устаревших и перегруженных линий, электрических аппаратов и сетей, заключающаяся в их замене на новые, современные типы, имеющие ряд технических и экономических преимуществ [5].

В работе в результате проведения анализа схемы временной системы электроснабжения объекта, на основании соответствующих расчётов и решений, принимаются технические решения по оптимизации схемы электрических соединений с выбором и проверкой распределительных устройств, оборудования и сетей, согласно требуемых нормативными документами технических показателей.

Экономическая эффективность описанных выше мероприятий по реконструкции и модернизации очевидна, поскольку они оптимизируют энергопотребление и коэффициенты загрузки оборудования, что приводит к уменьшению технических (нагрузочных) потерь электроэнергии.

Кроме того, данные мероприятия являются одним из известных способов уменьшения затрат на обслуживание и ремонт, что в свою очередь, положительно сказывается на технико-экономических показателях системы потребителей временной системы электроснабжения объекта.

При более углублённом анализе МСП на конкретных объектах, следует отметить тот факт, что для каждого такого объекта (сети, узла, подстанции и т.д.) рекомендуются к внедрению свои мероприятия по минимизации потерь, исходя из технических условий энергосистемы и объекта в целом.

Следующим актуальным практическим мероприятием является компенсация реактивной мощности в сетях потребителя.

Государственная система управления процессом компенсации реактивной мощности (КРМ) сегодня выполняет свои функции с помощью управляющих факторов, которые определяются государством и составляют ее организационную структуру.

Анализ литературных источников показывает, что эти управляющие факторы могут быть как административными, с жёсткими критериями, так и экономическими, имеющие либеральный характер.

При таком подходе потребитель целиком и полностью принимает самое непосредственное участие в процессе КРМ [3, с.21-27].

При этом введены надбавки и скидки за величину реактивной мощности, которую выдаёт потребитель в энергосистему.

Указанные надбавки и скидки учтены в тарифе на оплату РМ в виде поправок.

То есть при введении и учёте указанных управляющих факторов в виде указанных выше поправок, будут выполняться необходимые и достаточные

условия для реализации положений нормированных технических показателей энергосистемы как у потребителя, так и у поставщика электроэнергии.

Известно выражение для определения абонентского тарифа на оплату реактивной мощности, руб./квар·ч, в которых непосредственно учитываются «нормальная» и «стимулирующая» поправки [3, с.14]:

$$C = C_p + C_{Q_{\text{норм}}} + C_{Q_{\text{стим}}} \quad (49)$$

где C_p – установленный тариф на передачу активной электроэнергии, руб./кВт·ч;

$C_{Q_{\text{норм}}}$ – поправка на компенсацию реактивной мощности до нормативного значения с учётом надбавок и штрафов в зависимости от выходного значения $\text{tg } \varphi$ потребителя («нормальная поправка»);

$C_{Q_{\text{стим}}}$ – поправка на компенсацию реактивной мощности до сверхнормативного значения («глубокая компенсация» РМ) с учётом надбавок в зависимости от выходного значения $\text{tg } \varphi$ потребителя («стимулирующая поправка»).

При этом указанные поправки в выражении (1) являются управляющими факторами и оказывает непосредственное влияние на участие потребителя в установке КУ.

Также известно, что на параметры потребления реактивной мощности в сетях потребителя оказывает существенное влияние такие параметры, как нелинейность, нестационарность и несимметрия нагрузки электрооборудования потребителя, которые, помимо повышения реактивной мощности, также создают дополнительные потери в сети, а также искажают её нормируемые показатели.

Это в конечном итоге приводит к дополнительным потерям и проблемам во всей энергосистеме.

Выводы по разделу 2.

Во втором разделе на основании исходных данных к работе, пользуясь нормативными документами, осуществлена разработка временной системы электроснабжения для реконструкции Федоровского городка г. Санкт-Петербурга.

Для решения основных задач в работе проведено:

- выбор и обоснование временной схемы электроснабжения временной системы электроснабжения для реконструкции Федоровского городка согласно нормативным документам;
- расчёт электрических нагрузок объекта;
- выбор и проверка сечений кабельных линий на объекте;
- расчёт токов короткого замыкания во временной системе электроснабжения для реконструкции Федоровского городка;
- выбор и проверка электрических аппаратов на объекте;
- выбор системы контроля и учёта потребления электроэнергии временной системы электроснабжения для реконструкции Федоровского городка;
- разработка мероприятий по энергосбережению на объекте.

3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда

3.1 Мероприятия по охране труда и технике безопасности при выполнении работ

Прежде, чем разрабатывать мероприятия по технике безопасности на объекте исследования, необходимо провести анализ возможных опасностей, а также вредных и опасных факторов поражения людей на рассматриваемом объекте.

Поражение электрическим током в системе электроснабжения временного объекта реконструкции возможно в таких случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям под напряжением (токоведущие силовые цепи электроустановок, незаземлённое оборудование, оперативные цепи);
- при приближении на недопустимое расстояние к токоведущим частям электроустановок понизительной подстанции и распределительных устройств системы электроснабжения временного объекта реконструкции;
- при прикосновении к заземленным нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (напряжение прикосновения);
- при нахождении человека вблизи заземления (менее 8 м), с которого проходит ток в землю (напряжение шага или иного возможного замыкания на землю) на понизительной подстанции ТП в системе электроснабжения временного объекта реконструкции.

Кроме того, существует вероятность прочих производственных видов опасности в системе электроснабжения временного объекта реконструкции:

- опасность возможных ожогов электрической дугой, которая возникла в результате неправильных оперативных действий с выключателями нагрузки, предохранителями, заземляющими ножами (особенно в сети напряжением выше 1 кВ);

- возможность ушибов и переломов конечностей вследствие падений при движении по неровной или скользкой, или неосвещённой поверхности;
- опасность повреждения организма вследствие попадания конечностей под трущиеся и вращающиеся объекты электрооборудования.

Возникновения пожара на объектах возможно при следующих обстоятельствах:

- при коротких замыканиях;
- при прямых попаданиях молнии;
- при перегреве и внутренних коротких замыканиях масляных трансформаторов на подстанции;
- при разрушении и перегрева изоляции с последующим возгоранием;
- при перегреве токоведущих частей от перегрузки при неправильном их выборе.

Соблюдение трудовой дисциплины является основой по технике безопасности при выполнении любых работ в электроустановках.

Согласно действующему законодательству, администрация обязана проводить инструктаж всех работников по безопасным приемам выполнения работ.

Организация работ и ответственность за проведение всех мероприятий по охране труда, на основании [5], на предприятиях, возложена на технического руководителя предприятия (главного инженера).

При выполнении работ в системе электроснабжения временного объекта реконструкции необходимо неукоснительно придерживаться следующих правил и требований [2,3]:

- техники безопасности при выполнении работ в электроустановках;
- пожарной безопасности;
- экологической безопасности.

Поэтому в первую очередь при допуске к выполнению работ обслуживающий персонал должен знать и уметь выполнять все требования нормативных документов по охране труда и технике безопасности [2,3].

Известно, что понизительная подстанция с вводом высокого напряжения в системе электроснабжения временного объекта реконструкции является источниками повышенной опасности как для обслуживающего персонала, так и для флоры и фауны.

В виду этого, при выполнении работ на понизительной подстанции ПС-6/0,4 кВ в системе электроснабжения временного объекта реконструкции, необходимо строго соблюдать мероприятия по технике безопасности и охране труда в целом, а также нормы экологической безопасности [2,3,12].

Согласно положениям [18], для рабочих проводятся по технике безопасности вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте.

Для обеспечения выполнения мероприятий по технике безопасности на предприятии существуют определенные требования к персоналу.

Существует 5 групп по электробезопасности.

Проводится периодическая проверка знаний персонала, оформляется по установленным нормам допуск к работе, то есть выписывают наряды.

Периодически проверяют выполнение правил по технике безопасности.

Рабочий персонал должен соблюдать правила техники безопасности, так как нарушение правил эксплуатации и ремонта может привести не только к поломке технологического оборудования, но и к несчастным случаям.

При ремонте электрооборудования понизительной подстанции в системе электроснабжения временного объекта реконструкции, необходимо убедиться в надежном отключении установки от источника питания.

Для этого необходимо выключить коммутационный аппарат и отключить установку от сети.

Для персонала, работающих в опасных условиях, выдаются средства индивидуальной защиты.

Электротехническому персоналу, работающему в электроустановках в системе электроснабжения временного объекта реконструкции, выдаются перчатки, коврики, очки и другие защитные средства.

Особо следует уделить внимание электроинструменту. Проведение работы по ремонту электрооборудования необходимо проводить с помощью неповрежденного инструмента, который проверен на рабочем месте перед тем как его использовать, а также срок проверки инструмента в лаборатории нормоконтроля не просрочены.

Электротехнический персонал, выполняющий работы в системе электроснабжения временного объекта реконструкции, на рабочем месте должен выполнять только ту работу, которая ему поручена (по наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации) и входит в круг его обязанностей с выполнением требований [1-4,18] и инструкций по охране труда.

В случае поручения работы, которая не входит в круг его профессиональных обязанностей, работник должен получить по этой работе соответствующий инструктаж по записи в журнале целевого инструктажа.

Известно, что работы в электроустановках могут выполняться по наряду-допуску или по распоряжению, при полностью снятом напряжении, частично снятом либо без снятия напряжения с токоведущих частей.

В подавляющем большинстве случаев при выполнении работ в электроустановках системы электроснабжения временного объекта реконструкции, всё напряжение с токоведущих частей должно быть снято, рабочее место ограждено, а каждый член бригады должен знать и чётко выполнять свои обязанности при соответствующем виде работ.

Для защиты от электрического тока при прикосновении к токоведущим цепям оперативного тока, применяются изолированные провода.

Аппаратура релейной защиты на постоянном оперативном токе расположена в специальных шкафах.

При замыкании или повреждении оперативных цепей осуществляется их контроль и защиту.

Для защиты от опасности при переходе напряжения с высокой стороны на низкую вторичные цепи измерительных трансформаторов заземлены.

Контроль и защиту при КЗ на землю и повреждении изоляции выполняет система релейной защиты, автоматики и сигнализации.

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен хорошо знать правила противопожарной безопасности и пожаротушения электрооборудования цеха или других подразделений завода.

При появлении дыма, огня, в электрооборудовании и электропроводке необходимо немедленно отключить аварийный сектор, предупредить пожарную команду при распространении пожара на оборудование или невозможно погасить очаг пожара собственными средствами.

Для предотвращения пожара или обнаружения неисправности, возможных от КЗ, перегрузок, повреждения или перегрева изоляции применяют максимальная токовая защита (МТЗ), защита от перегрузок, защита от замыканий на землю и контроль изоляции.

В сети 6 кВ на питающей понизительной подстанции ПС-6/0,4 кВ в системе электроснабжения временного объекта реконструкции, есть фактор повышенной напряжённости поля, который негативно влияет на организм людей. Поэтому необходимо свести к минимуму время пребывания людей на указанных объектах.

Снятие базового заземления проводится заранее определенной выдающим наряд бригадой с заземлением проводов всех фаз на контур заземления опоры или групповой заземлитель.

Эти операции необходимо выполнять, как правило, с заземлением линий в настоящее время.

Работы следует выполнять под контролем дежурного диспетчера с записью в оперативном журнале и оформлением в наряде.

Допускается также выполнять установку и снятие базового заземления без заземления линии.

Однако в этом случае разрешение на установку базового заземления, подготовку рабочего места и допуск бригады к работе выдается одновременно.

Выполнение таких работ может быть допущено только по решению главного инженера с оформлением в оперативном журнале и наряде [2,3,11].

Особо следует сказать о роли защитного заземления в сетях и его влияние на поражение человека электрическим током.

Для этой цели применяют как естественные, так и искусственные заземлители.

Однако накопленный десятилетиями опыт работ в электроустановках позволяет говорить о том, что в подавляющем большинстве случаев на понизительных подстанциях энергосистемы требуется применение защитного заземления (заземляющего устройства).

Заземляющее устройство состоит из совокупности электрически соединенных заземлителей и заземляющих проводников.

В качестве искусственных вертикальных заземлителей чаще всего применяют прутковую сталь диаметром 12 - 20 мм при длине 5 - 6 м; углубление делают вкручиванием.

Между собой заземлители заземляющего устройства соединяют на глубине 0,5 - 0,7 м с помощью сварки стальной полосой размерами не менее 40x4 мм или прутком диаметром 10 - 12 мм.

Заземляющие проводники соединяют заземлитель с частями электроустановки, которые заземляются.

В электроустановках с глухозаземлённой нейтралью напряжением 0,38/0,22 кВ согласно [4,18,29]:

- магистральные защитные проводники, прокладываемые открыто, должны иметь сечение не менее 100 мм²;
- проводимость защитного проводника в соответствии с [4] должна быть не ниже 50% проводимости фазного провода.

Каждый элемент заземляется и должен быть подключен к сети заземления отдельным ответвлением (заземляющим проводником), а внутреннюю заземляющую сеть следует соединить с внешним заземляющим контуром не менее, чем в двух местах [4].

Для заземления электроустановок различных назначений и различных напряжений, территориально приближенных одна к другой, применяют один общий заземляющий контур, сопротивление которого принимается равным сопротивлению той установки, где он является минимальным [4].

Известно, что прямые удары молнии в оборудование понизительных подстанций влекут тяжёлые последствия для оборудования и сетей, так как вследствие возникших значительных атмосферных перенапряжений они могут выйти из строя, иногда без возможности восстановления.

В результате без питания могут остаться важнейшие потребители подстанций, что недопустимо согласно требованиям [1-4].

От прямых ударов молний должны защищаться все ответственные электроприемники.

РУ-6 кВ можно защищать одиночными стержневыми молниеотводами, кроме разрядников, как более ответственные сооружения, тем более, РУ-6 кВ питает потребителей первой категории [18,30].

Необходимо помнить, что здание, сооружение будет защищено от ударов молний только в том случае, когда они будут находиться в определенной сфере, называемой зоной защиты – пространстве, внутри которого объект защищен от ударов молний.

Приведённые мероприятия обеспечивают безопасность проведения работ в электроустановках всех классов напряжения и являются строго обязательными к исполнению.

Известно, что системы электроснабжения воинских частей являются источниками повышенной опасности для флоры и фауны [12].

При выполнении работ должны выполняться требования нормативных документов, регламентирующих уровень допусков.

С целью предупреждения ухудшения экологической обстановки и возникновения опасности для здоровья и жизни людей от указанных объектов, представляющих повышенную экологическую опасность, осуществляется комплекс взаимосвязанных мероприятий.

Надежным средством обеспечения экологической безопасности в электроэнергетике должен стать механизм ее правового обеспечения, который с учетом подходов, выработанных в [13,19], включающий составляющие:

- законодательное обеспечение экологической безопасности в электроэнергетике;
- организационно-структурное обеспечение экологической безопасности в электроэнергетике;
- функционально-правовое обеспечение экологической безопасности в электроэнергетике;
- экономический механизм обеспечения такой безопасности;
- юридическая ответственность как средство обеспечения экологической безопасности в электроэнергетике.

Установлены требования к нормативам предельно допустимых выбросов, закреплено дополнительные обязанности предприятий, в том числе [20]: регулирование уровней воздействия физических факторов на состояние атмосферного воздуха (ст. 12), а также меры по предотвращению и снижению производственных шумов (ст. 21).

В зависимости от вида электроустановок, принято выделять и виды техногенных воздействий, в которых присутствует экологический риск.

Так, негативным влиянием энергетики на элементы окружающей среды, а также уровень жизни и здоровья людей, являются [2,3,11]:

- выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов;
- ухудшение видимости атмосферы;
- запыленность атмосферного воздуха;
- выпадение осадков и кислотных дождей;
- разрушение озонового слоя;

- влияние шума объектов энергетики на окружающую среду;
- загрязнения подземных и поверхностных вод.

Следовательно, основной экологический риск в разработанной системе электроснабжения временного объекта реконструкции, возникает от негативного влияния понизительной подстанции ПС-6/0,4 кВ и линий электропередач 6 кВ на элементы окружающей среды, жизни и здоровья людей.

Указанные мероприятия по охране окружающей среды должны быть приняты к сведению и внедрены в систему электроснабжения временного объекта реконструкции.

3.2 Расчёт защитного заземления

Производится расчёт контура защитного заземления согласно методике [24].

К данному контуру заземления подключаются все электроустановки временной схемы электроснабжения.

Определяется расчетное удельное сопротивление грунта вертикальное [24]:

$$\rho_{p.v} = K_B \cdot \rho, \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad (50)$$

где K_B – коэффициент вертикальной прокладки принимается равным

$$K_B = 1,1;$$

ρ - удельное сопротивление грунта в месте строительства принимается расчетов $\rho = 400 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

$$\rho_{p.v} = 1,1 \cdot 400 = 440 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Определяется расчетное удельное сопротивление грунта горизонтальное [24]:

$$\rho_{p.r} = K_r \cdot \rho; \quad (51)$$

где K_r – коэффициент горизонтальной прокладки принимается равным $K_r = 1,5$;

$$\rho_{p.r} = 1,5 \cdot 400 = 600 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Определяется сопротивление растекания одного вертикального электрода ($R_{o.v}$) при диаметре $d = 16$ мм, длине стержня $l_B = 5$ м при расстоянии от поверхности земли до середины стержня $t_B = 3,2$ м:

$$R_{o.v} = \frac{\rho_{p.v}}{2\pi l_B} \left(\lg \frac{2l_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot t_B + l_B}{4 \cdot t_B - l_B} \right), \text{ Ом}; \quad (52)$$

$$R_{o.v} = \frac{440}{6,28 \cdot 5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{16 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 44,13 \text{ Ом}.$$

Приближенное число вертикальных заземлителей, расположенных при предварительно выбранном коэффициенте использования вертикальных заземлителей с учетом экранирования и без учета горизонтальных полос при предварительно выбранном числе электродов $n = 10$, при отношении $a/l_B = 1$, коэффициент использования вертикальных электродов $K_v = 0,62$ [24]:

$$n = \frac{R_{o.v}}{K_v \cdot R_{z.\text{норм}}}, \text{ шт}; \quad (53)$$

где $R_{z.\text{норм}}$ – необходимое сопротивление искусственного заземлителя;

$$n = \frac{44,13}{0,62 \cdot 4} = 17,8 \text{ шт}.$$

Принимается $n = 17$ шт.

Определяется сопротивление растекания горизонтальных электродов при значении ширины полосы горизонтального заземлителя $b = 40$ мм², высоты горизонтального заземлителя $h = 4$ мм, при длине горизонтального

заземлителя $l_{\Gamma} = 40$ мм, при расстоянии от верхнего уровня грунта $t_2 = 0,7$ м по формуле [24]:

$$R_{O.\Gamma} = \frac{\rho_{p.\Gamma}}{2\pi l_{\Gamma}} \lg \frac{2l_{\Gamma}^2}{bt_{\Gamma}}, \text{ Ом}; \quad (54)$$

$$R_{o.\Gamma} = \frac{600}{6,28 \cdot 20} \lg \frac{2 \cdot 20^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 22,3 \text{ Ом.}$$

Определяется сопротивление растекания горизонтальных заземлителей с учетом экранирования.

Коэффициент использования горизонтальной полосы при количестве вертикальных заземлителей $n = 4$ и при $a / l_B = 1$ равен $K_{\Gamma} = 0,77$.

Тогда сопротивление растекания горизонтальных заземлителей [24]:

$$R_{\Gamma.E} = \frac{R_{O.\Gamma}}{K_{\Gamma}}, \text{ Ом}; \quad (55)$$

$$R_{\Gamma.E} = \frac{22,3}{0,77} = 28,9 \text{ Ом.}$$

Определяется уточненное сопротивление вертикальных электродов с учетом горизонтальной полосы [24]:

$$R_{B.E} = \frac{R_{\Gamma.E} R_{з.норм}}{R_{\Gamma.E} - R_{з.норм}}, \text{ Ом}; \quad (56)$$

$$R_{B.E} = \frac{28,9 \cdot 4}{28,9 - 4} = 4,64 \text{ Ом}$$

Уточненное количество вертикальных электродов определяется с учетом $n = 4$, $a / l_B = 1$, $K_B = 0,76$ [24]:

$$n = \frac{R_{O.B.}}{K_B \cdot R_{B.E}}, \text{ шт.} \quad (57)$$

$$n = \frac{44,13}{0,76 \cdot 3,56} = 16,07 \text{ шт.}$$

Окончательно принимается 16 вертикальных электродов.

Выводы по разделу 3.

В третьем разделе осуществлена разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда при выполнении работ во временной системе электроснабжения объекта.

При этом в спроектированной системе электроснабжения выделены опасные и вредные факторы, которые возникают при выполнении работ на объекте исследования.

Рассчитан контур заземления временной системы электроснабжения объекта, удовлетворяющий требованиям по безопасности, согласно нормативных документов.

Заключение

В результате выполнения работы спроектирована временная система электроснабжения на период строительно-реставрационных работ Федоровского городка при соблюдении заданных требований к надежности схемы электроснабжения, качеству электроэнергии и экономичности работы, согласно требований нормативных документов.

Показано, что рассматриваемый в работе объект имеет исключительную как историческую, так и научную важность, поэтому особенностью разработанной временной системы электроснабжения является неукоснительное соблюдение норм и предписаний нормативно-правовых документов данной отрасли.

В работе проведено решение следующих основных задач:

- описаны особенности проведения работ на территории объектов культурного наследия;
- обоснована разработка временной схемы на период строительно-реставрационных работ на объекте;
- приведена краткая техническая характеристика оборудования и сетей объекта;
- осуществлён выбор и обоснование временной схемы электроснабжения объекта;
- проведён расчёт электрических нагрузок и токов короткого замыкания;
- выбраны электрические аппараты и кабельные линии;
- осуществлён выбор системы контроля и учёта потребления электроэнергии;
- приведены мероприятия по охране труда и технике безопасности при выполнении работ;
- произведён расчёт защитного заземления;

– разработаны и описаны мероприятия по энергосбережению в системе электроснабжения временного объекта.

Технические решения, принятые в работе, соответствуют требованиям технических, экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных, экономических норм и норм безопасности.

В данной работе решена крайне важная необходимая задача, а именно: разработка, полноценной системы электроснабжения временной системы электроснабжения объекта, относящегося к объекту культурного наследия и поэтому имеющему важнейшую историческую и научную ценность.

На всех этапах проектирования соблюдены нормы основополагающих нормативных документов, которые предписывают неукоснительное выполнение норм по надёжности, безопасности, а также экономичности принятых решений.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, 2018. – 192 с.
2. Водяников В.Т. Экономическая оценка проектных решений в энергетике. – М.: Колос, 2018 – 263 с.
3. Галимова, Е.О. Безопасность труда при монтаже, обслуживании и ремонте электрооборудования предприятий: справочник. / Е.О. Галимова. - М.: КноРус, 2015. - 288 с.
4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
5. Грунтович, Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: Учебное пособие / Н.В. Грунтович. - М.: Инфра-М, 2018. - 396 с.
6. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. - Ч. 2. - Расчет токов короткого замыкания в электроустановках до 1000 В: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2019. - 168 с.
7. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений (для бакалавров). Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2017. - 272 с.
8. Козлов В.А. «Электроснабжение городов».- 5- е издание. – Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 2016. – 264 с.
9. Кудрин Б.И. Электроснабжение: Учебник / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, М.Г. Ошурков. - Рн/Д: Феникс, 2017. - 416 с.
10. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ/ Под ред. И.Т. Горюнова, А.А. Любимова - М.: Папирус Про, 2013. – 365 с.

11. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение сельского хозяйства. Дипломное проектирование: Учебное пособие / Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев. - СПб.: Лань, 2018. - 316 с.
12. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: Учебное пособие / Г.Н. Ополева. - М.: Форум, 2018. - 350 с.
13. Павелко, Н.Н. Безопасность труда при монтаже, обслуживании и ремонте электрооборудования предприятий. Справочное издание / Н.Н. Павелко, С.О. Павлов. - М.: КноРус, 2013. - 288 с.
14. Петров Д. В., Хорольский, В. Я Таранов, М.А. Методика определения технико-экономических показателей в дипломных проектах. / Д. В. Петров и др. – М.: Агропромиздат, 2016. – 252 с.
15. Порядок выдачи разрешения на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия. Утв. приказом Минкультуры России от 21.10.2015 № 2625
16. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - 4-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 2017. - 174 с.
17. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Главгосэнергонадзор России, 2017. – 692 с.
18. Разъяснение о проведении работ по инженерным сетям на территории объекта культурного наследия. Министерство культуры Российской Федерации. Письмо от 17 июля 2017 года № 207-01.1-39-ВА
19. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: Учебник / Ю.Д. Сибикин. - М.: Инфра-М, 2017. - 89 с.
20. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий: 6-е изд., испр. и доп.-М.: Высш. шк., 2016. – 286 с.
21. Сибикин, Ю.Д. Безопасность проведения электромонтажных работ в электроустановках / Ю.Д. Сибикин. - М.: КноРус, 2016. - 264 с.
22. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ЭНАС, 2014. – 352 с.

23. Справочник по проектированию электроснабжения городов / В.А. Козлов, Н.И.Билик, Д.Л. Файбисович. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат. 2016. – 256 с.: ил.

24. Счетчик Меркурий 234 ARTM. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.incotexcom.ru/catalogue/m234artm>. Дата обращения: 20.01.2021 г.

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

26. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации»

27. Федоров А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий / А.А. Федоров, Л.Е. Старкова. - М., Энергоатомиздат, 2017. – 194 с.

28. Федоров А.А., Попов Ю.П. Эксплуатация электрооборудования промышленных предприятий. -М.: Энергоатомиздат, 2016. – 342 с.

29. Щербаков Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление в сельском хозяйстве: Учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. - СПб.: Лань, 2018. - 392 с.

30. Яхонтова О.С. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: Учебное пособие / О.С Яхонтова, Л.В. Валенкевич, Я.И. Рутгайзер. - СПб.: Лань, 2012. - 512 с.