

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 техническо-эксплуатационной части
войсковой части

Студент

А.Б. Леонтьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. О.В.Самолина

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

Тольятти 2021

Аннотация

В работе осуществлена разработка проекта системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части объекта исследования – войсковой части 77994.

Предметом исследования являются схема электрических соединений, проводники и электрические аппараты, а также оборудование распределительных устройств системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

В работе проведено решение основных поставленных задач:

– проведён анализ исходные данных с описанием основных служб, отделов и потребителей системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– осуществлена непосредственная разработка проекта системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– проведена разработка мероприятий по технике безопасности и экологической безопасности на объекте исследования.

В результате выполнения работы необходимо осуществить комплексную разработку проекта системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 при неукоснительном соблюдении установленных норм качества электроэнергии, передаваемой потребителям, а также основных требований надёжности, экономичности и безопасности.

В выполненной работе содержится 65 страниц и 6 графических листов.

Содержание

Введение	5
1 Анализ исходных данных	7
1.1 Краткая характеристика техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	7
1.2 Требования, предъявляемые к проектируемой системе электро­снабжения техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	10
2 Разработка системы электро­снабжения техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	13
2.1 Выбор схемы электро­снабжения техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	13
2.2 Расчёт электрических нагрузок техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	14
2.3 Расчёт и выбор компенсирующих устройств в системе электро­снабжения войсковой части 77994	20
2.4 Выбор силовых трансформаторов на ТП техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	22
2.5 Выбор и проверка сечения проводников системы электро­снабжения техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	25
2.6 Расчёт токов короткого замыкания в системе электро­снабжения техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	31
2.7 Выбор и проверка электрических аппаратов в системе электро­снабжения техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	37
2.8 Выбор системы учёта и контроля электро­энергии в системе электро­снабжения техниче­ско-эксплуатационной части войсковой части 77994	44

2.9 Разработка мероприятий по энергосбережению в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994	46
3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда	50
3.1 Методы и средства обеспечения безопасности, охрана окружающей среды	50
3.2 Расчет контура заземления ТП системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994	58
Заключение	62
Список используемой литературы	64

Введение

Одним из главных направлений развития служб и подразделений современного технико-эксплуатационного комплекса отечественных войсковых частей является концентрация и специализация цикла ремонта и обслуживания техники, включая широкое внедрение современных методов, а также результатов научно-технического прогресса и мирового опыта.

В настоящее время в технико-эксплуатационном комплексе современных войсковых частей все производственные процессы электрифицированы, так как активно внедряются и повсеместно используются прогрессивные технологии и современные машины, работа которых организована по поточным линиям.

На современном этапе развитие технико-эксплуатационного комплекса современных войсковых частей в первую очередь предусматривает получение высоких технических показателей с минимальными затратами и потерями. Правильная организация производственного цикла, а также оптимизация систем электроснабжения, модернизация и реконструкция схем электрических соединений и модернизация оборудования, является одним из способов повышения рентабельности технико-эксплуатационных комплексов современных войсковых частей. Перечисленные аспекты обуславливают актуальность данной работы.

В работе осуществлена разработка проекта системы электроснабжения технико-эксплуатационной части объекта исследования – войсковой части 77994. Это – основная цель работы.

Предметом исследования являются схема электрических соединений, проводники и электрические аппараты, а также оборудование распределительных устройств системы электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Работа включает в себя три раздела, в которых, для решения основных

задач, проводится:

– анализ исходные данных с описанием основных служб, отделов и потребителей системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, а также основных требований, предъявляемых к системам электроснабжения объекта исследования;

– непосредственная разработка проекта системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, предусматривающая выполнение соответствующих расчётов и проверок по выбору следующих составляющих предмета исследования: компенсирующих устройств, силовых трансформаторов на понизительной подстанции, проводников, электрических аппаратов, системы контроля и учёта электроэнергии;

– анализ и систематизация мероприятий по технике безопасности и экологической безопасности на объекте исследования.

В графической части представлены чертежи, иллюстрирующие полученные в работе результаты: план расположения объектов и сетей, а также однолинейная электрическая схема системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, конструктивное выполнение ТП, а также конструкция силового трансформатора, выбранного для установки на данной ТП системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, узлы монтажа кабельных линий на объекте исследования, конструкция вводного распределительного щита системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Работа выполняется с использованием требований, норм и основных положений рекомендованной технической литературы и документов с использованием типовых проектов.

1 Анализ исходных данных

1.1 Краткая характеристика техничеcко-эксплуатационной части войсковой части 77994

Рассматриваемая в работе техничеcко-эксплуатационная часть войсковой части 77994 являющегося вспомогательным подразделением отдела, специализирующееся на производстве ремонте и обслуживании войсковой техники указанного войскового подразделения, непосредственно обеспечивая ремонтно-эксплуатационный технологический процесс.

В помещениях техничеcко-эксплуатационная часть войсковой части 77994 проводится обслуживание и ремонт различного вида войсковой техники:

- бронетранспортёров;
- боевых машин пехоты;
- боевых машин разведки и десанта;
- орудий к указанным машинам;
- механизмов орудийных и залповых систем огня и т.д.

Работы по обслуживанию и ремонту в техничеcко-эксплуатационной части войсковой части 77994 включают в себя следующие их виды:

- плановый осмотр и дефектация узлов и механизмов войсковой техники;
- текущий ремонт, проводимый с заменой узлов и механизмов войсковой техники, либо без неё;
- капитальный ремонт, проводимый с заменой узлов и механизмов войсковой техники;
- испытание техники и принятие её в дальнейшую эксплуатацию в войсковом подразделении.

Все основные потребители проектируемой техничеcко-эксплуатационная часть войсковой части 77994 распределены по

распределительным щитам (РЩ), согласно технологического процесса. В зависимости от их расположения на территории технико-эксплуатационной части войсковой части 77994, они объединены и получают непосредственное питание от пяти распределительных пунктов (РП) на напряжении 0,38/0,22 кВ.

При этом, исходя из территориального признака и производственного процесса (цикла) технико-эксплуатационной части войсковой части 77994, на её территории расположены следующие производственные участки, выполняющие непосредственную роль в технологическом процессе осмотра, обслуживания и ремонта войсковой техники (графический лист 1):

- ремонтный участок – служит для выполнения основных операций по ремонту войсковой техники. Получает питание от РП-1, от которого питаются РЩ1-РЩ8;

- участок ремонта обслуживания узлов и механизмов – служит для выполнения основных операций по ремонту и обслуживанию основных и вспомогательных узлов и механизмов войсковой техники. Также на территории участка есть компрессорная и аккумуляторная. Получает питание от РП-2, от которого питаются РЩ9-РЩ16;

- эксплуатационный участок – служит для выполнения основных операций по эксплуатации и обслуживанию войсковой техники. Получает питание от РП-4, от которого питаются РЩ25-РЩ31;

- испытательный полигон – служит для проведения различного рода предремонтных и послеремонтных испытаний войсковой техники, а также введение её в эксплуатацию и принятие в работу после проведения ремонта или обслуживания. Получает питание от РП-5, от которого питаются РЩ32-РЩ37.

Исходя из количества и проектных нагрузок РП1 – РП5, с учётом РЩ, питающихся от них, в таблице 1 приводятся исходные данные потребителей технико-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Таблица 1 - Исходные данные потребителей техничеко-эксплуатационной части войсковой части 77994

Номер РЦ, п/п	Кол-во РЦ, шт	Установленная проектная нагрузка, кВт		Номер РЦ, п/п	Кол-во РЦ, шт	Установленная проектная нагрузка, кВт	
		$P_{ном}$, кВт	$P_{сум}$, кВт			$P_{ном}$, кВт	$P_{сум}$, кВт
РП1				РП2			
РЦ1	1	11	11	РЦ9	1	11	11
РЦ2	1	11	11	РЦ10	1	8	16
РЦ3	1	3	3	РЦ11	1	8	16
РЦ4	1	11	11	РЦ12	1	11	11
РЦ5	1	22	22	РЦ13	1	11	11
РЦ6	1	22	22	РЦ14	1	11	11
РЦ7	1	22	22	РЦ15	1	2,2	2,2
РЦ8	1	11	11	РЦ16	1	5,5	5,5
Итого РП1	8	-	113	Итого РП2	8	-	67,7
РП3				РП4			
РЦ17	1	5,5	5,5	РЦ25	1	11	11
РЦ18	1	5,5	5,5	РЦ26	1	11	11
РЦ19	1	5,5	5,5	РЦ27	1	11	11
РЦ20	1	5,5	5,5	РЦ28	1	11	11
РЦ21	1	5,5	5,5	РЦ29	1	18	54
РЦ22	1	5,5	5,5	РЦ30	1	18	54
РЦ23	1	7,5	7,5	РЦ31	1	18	54
РЦ24	1	7,5	7,5	Итого РП4	7	-	98
Итого РП3	8	-	48	ЩРА (рабочее освещение)			
РП5				ЩРА	1	7,4	7,4
РЦ32	1	11	11	ЩАО (аварийное освещение)			
РЦ33	1	11	11	ЩАО	1	0,7	0,7
РЦ34	1	11	11				
РЦ35	1	11	11				
РЦ36	1	11	11				
РЦ37	1	11	11				
Итого РП5	6	-	66				

На основании исходных данных по нагрузкам РП1 – РП4 и питающихся от них РЦ1 – РЦ31, приведённых в таблице 1, далее в работе проводятся необходимые расчёты для проведения непосредственной разработки системы электроснабжения объекта исследования.

1.2 Требования, предъявляемые к проектируемой системе электроснабжения технически-эксплуатационной части войсковой части 77994

Известно, что сбои и аварии во многих системах электроснабжения технически-эксплуатационных частей войсковых подразделений связаны с угрозой жизни и здоровью людей, возникновением опасности экологических катастроф в связи с выбросом вредных и опасных веществ в атмосферу, воду и грунт, повреждением дорогостоящего оборудования, возникновением переходных процессов в энергосистеме [1].

Надежная работа систем электроснабжения технически-эксплуатационных частей войсковых подразделений 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.

Производственные цеха (узлы, участки) систем электроснабжения технически-эксплуатационных частей войсковых подразделений, 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 цеха (узлы, участки) систем электроснабжения технически-эксплуатационных частей войсковых подразделений, которые не участвуют в производственном процессе, а являются вспомогательными звеньями. Такие цеха (узлы,

участки) следует питать от одного источника без применения резервирования.

Как правило, питание систем электроснабжения техническо-эксплуатационных частей войсковых подразделений 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 техническо-эксплуатационных частей войсковых подразделений 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 всё техническо-эксплуатационную часть войскового подразделения в целом.

Далее, на основе соответствующих расчётов и проверок, проводится аргументированный выбор элементов системы электроснабжения техническо-эксплуатационных частей войсковых подразделений: силовых трансформаторов на понизительной ТП, марок и сечений проводников, электрических аппаратов и прочих необходимых элементов системы электроснабжения.

Комплексная разработка проекта системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 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.

Выводы по разделу 1:

В первом разделе проведён анализ исходных данных для практического выполнению работы, включающий рассмотрение:

– краткой характеристики технико-эксплуатационной части войсковой части 77994, которая рассматривается в работе в качестве объекта исследования;

– требований, предъявляемые к проектируемой системе электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994.

На основе приведённых требований нормативных документов [1-4], предъявляемых к проектируемой системе электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994, а также исходных технических характеристик оборудования объекта, приведённых в работе, проводится решение основных поставленных задач.

2 Разработка системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

2.1 Выбор схемы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

Рассматриваемая в работе техническо-эксплуатационная часть войсковой части 77994 является основным ремонтным-эксплуатационным звеном указанного воинского подразделения и по надёжности электроснабжения относится ко II категории надёжности по [4].

Известно, что подразделения, относящиеся к этой категории, должны иметь два независимых источника питания с обеспечением необходимого резервирования [1]. Поэтому для питания техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 обязательно должен быть предусмотрен второй источник питания с наличием резервирования. По этой причине на питающей ТП-10/0,4 кВ должны быть установлены два силовые трансформатора согласно нормам и требованиям [1,4]. Кроме того, большинство электроприёмников техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, питающихся от РП-0,4 кВ (РП1-РП5 в схеме), относится ко II категориям надёжности, поэтому все указанные РП1-РП5 должны быть запитаны от шин понизительной ТП-10/0,4 кВ по радиальной схеме.

В выбранной схеме электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 питание схемы РУ-10 кВ понизительной ТП-10/0,4 кВ осуществляется по радиальной схеме электроснабжения от энергосистемы, но по двум кабельным линиям (радиальная схема), обеспечивая таким образом необходимое резервирование на стороне 10 кВ.

В работе для установки в ячейках РУ-10 кВ понизительной ТП-10/0,4 кВ техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, на основе расчёта электрических нагрузок, выбираются модернизированные современные электрические аппараты (выключатель нагрузки, предохранители, трансформаторы тока).

В схеме РУ-0,4 кВ понизительной ТП-10/0,4 кВ технико-эксплуатационной части войсковой части 77994 необходимо использовать секционированную систему сборных шин с применением секционного выключателя с системой автоматического включения резерва (АВР) [4].

«От шин РУ-0,4 кВ понизительной ТП-10/0,4 кВ технико-эксплуатационной части войсковой части 77994 обеспечивается питание всех РП-0,4 кВ по радиальной схеме электроснабжения пятижильными кабелями марки АВВГ» [7]. «Также в работе необходимо выбрать модернизированные кабельные линии и электрические аппараты РУ-0,4 кВ, а также питающей и распределительной сети системы электроснабжения» [7] технико-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Для этого в РУ-0,4 кВ понизительной ТП-10/0,4 кВ и шкафах РП1-РП5 устанавливаются современные «автоматические трехполюсные выключатели марки ВА отечественного производства» [5], а в качестве силовых кабелей распределительной сети выбираются современные пятижильные медные кабели марки ВВГнг-LS. Однолинейная электрическая схема системы электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994 приведена в графической части работы на листе 2.

2.2 Расчёт электрических нагрузок технико-эксплуатационной части войсковой части 77994

Расчёт силовых электрических нагрузок технико-эксплуатационной части войсковой части 77994 проводится методом упорядоченных диаграмм [10].

Сменная нагрузка [5]:

$$P_{см} = P_{ном} \cdot k_u, кВт. \quad (1)$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi, квар, \quad (2)$$

где k_u – значение коэффициента использования активной нагрузки, о.е.

«Групповой коэффициент использования» [5]:

$$k_u = \frac{P_{см}}{P_{ном}}. \quad (3)$$

где $P_{ном}$ – номинальное значение активной нагрузки, кВт.

«Эффективное количество электроприемников» [5]

$$n_э = \frac{(\sum P_{ном})^2}{P_{ном}}. \quad (4)$$

«Расчетная активная нагрузка группы электроприемников» [5]

$$P_p = P_{см} \cdot k_p, \text{ кВт}. \quad (5)$$

где k_p – значение коэффициента использования реактивной нагрузки.

«Средневзвешенный коэффициент активной нагрузки» [5]:

$$\cos\varphi_{ср.взв} = \frac{\sum P_{ном} \cdot \cos\varphi}{\sum P_{ном}}. \quad (6)$$

«Расчетная реактивная нагрузка» [5]:

$$Q_p = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{ср.взв} \cdot k_{pp}, \text{ квар}. \quad (7)$$

«Полная расчётная нагрузка» [5]:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВА}. \quad (8)$$

«Расчетный ток группы электроприемников» [5]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, A. \quad (9)$$

где S_p – расчётное значение полной нагрузки, кВА.

Также для отдельных электроприёмников техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 (в работе – РЩ потребителей) рассчитывается значение максимальных расчётных нагрузок, исходя из номинальных показателей [6]:

$$P_p = P_{ном}, кВт; Q_p = P_p \cdot tg\varphi, квар, \quad (10)$$

где $tg\varphi$ – коэффициент реактивной мощности для каждого РЩ (фактическое значение).

В работе рассматривается расчет нагрузок на примере РЩ-1.

По условиям (1) и (2) средние нагрузки РЩ1 для расчёта в общей группе нагрузок РП1 (среднее значение расчётной нагрузки в общей группе электроприёмников):

$$P_{см} = 10 \cdot 2 \cdot 0,14 = 2,8 \text{ кВт.}$$

$$Q_{см} = 2,8 \cdot 1,73 = 4,85 \text{ квар.}$$

Максимальные расчётные нагрузки РЩ1, исходя из номинальных показателей техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

$$P_p = P_{ном} = 11 \cdot 1 = 11 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = 11 \cdot 0,54 = 5,9 \text{ квар.}$$

$$S_p = \sqrt{11^2 + 5,9^2} = 12,5 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

$$I_p = \frac{12,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 19,2 \text{ A.}$$

Аналогично проводится определение средних и максимальных расчётных нагрузок для РЩ2 – РЩ8, входящие в РП-1.

Далее проводится расчёт нагрузок для всего РП-1 с учётом рассчитанных нагрузок РЩ1 – РЩ8, получающих от него непосредственное питание. Расчёт этих нагрузок проводится аналогично проведенному выше расчёту для РЩ1, отличие будет только в суммарном значении нагрузок (для РП-1 учитываются все нагрузки РЩ1-РЩ8). Поэтому для РП-1 технико-эксплуатационной части войсковой части 77994

$$k_u = \frac{31,24}{122} = 0,26.$$

$$n_g = 7,33 \text{ шт.}$$

$$P_p = 31,24 \cdot 1,23 = 38,43 \text{ кВт.}$$

$$\cos\varphi_{\text{ср.взв}} = 0,5.$$

$$Q_p = 1,1 \cdot 31,24 \cdot 1,75 = 60,31 \text{ квар.}$$

$$S_p = \sqrt{38,43^2 + 60,31^2} = 71,51 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

$$I_p = \frac{71,51}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 108,65 \approx 108,7 \text{ А.}$$

Аналогично проводится расчёт нагрузок для остальных РЩ и результаты расчётов также приведены в таблице 2.

Расчетные нагрузки освещения наружной территории технико-эксплуатационной части войсковой части 77994 [7]:

$$P_{p.o} = K_{c.o} P_{\text{ном.о}} K_{\text{пр.а}}, \text{ кВт.} \quad (11)$$

где $k_{c.o}$ – значение коэффициента осветительной нагрузки, о.е.

Мощность осветительной нагрузки с учётом площадей техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} F_{ц}, \text{ кВт.} \quad (12)$$

где $P_{уд.о}$ – удельное значение нагрузки освещения, кВт/м².

«Расчётная реактивная нагрузка освещения» [7]:

$$Q_{p.о} = P_{p.о} \cdot \text{tg}\varphi_о, \text{ квар.} \quad (13)$$

Осветительная нагрузка техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 по (11) – (13)

$$P_{уд.о} = 15 \text{ Вт/м}^2.$$

$$P_{ном.о} = 500 \cdot \frac{15}{1000} = 7,5 \text{ кВт.}$$

$$P_{p.о} = 7,5 \cdot 1,05 \cdot 0,95 = 7,4 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p.о} = 7,5 \cdot 0,43 = 3,2 \text{ квар.}$$

$$S_{p.о} = \sqrt{7,4^2 + 3,2^2} = 8,1 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

$$I_{p.о} = \frac{8,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 12,5 \text{ А.}$$

При этом в работе принята нагрузка аварийного освещения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, равной 10% от рабочего (общего) освещения» [11].

Результаты расчётов электрических нагрузок всех участков и подразделений техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчёта электрических нагрузок техниче-
ско-эксплуатационной части войсковой части 77994

Номер РЦ, п/п	Кол-во РЦ, шт	Номинальная мощность, кВт		Средние значения расчётных нагрузок (в группе РП)		$n_{э}$	K_p	Максимальные расчетные нагрузки			
		$P_{ном},$ кВт	$P_{сум},$ кВт	$P_{см},$ кВт	$Q_{см},$ квар			$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВ·А	$I_p,$ А
РП1											
РЦ1	1	11	11	2,80	4,85	7,33	1,23	11	5,9	12,5	19,2
РЦ2	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЦ3	1	3	3	0,42	0,73			3	2,6	4,0	6,1
РЦ4	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЦ5	1	22	22	13,20	30,24			22	7,3	23,2	33,8
РЦ6	1	22	22	13,20	30,24			22	7,3	23,2	33,8
РЦ7	1	22	22	13,20	30,24			22	7,3	23,2	33,8
РЦ8	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
Итого РП1	8	-	113	31,24	48,72			38,43	60,31	71,51	108,7
РП2											
РЦ9	1	11	11	2,80	4,85	7,08	1,28	11	5,9	12,5	19,2
РЦ10	1	8	16	6,8	2,2			8	2,6	8,4	12,2
РЦ11	1	8	16	6,8	2,2			8	2,6	8,4	12,2
РЦ12	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЦ13	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЦ14	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЦ15	1	2,2	2,2	0,31	0,53			2,2	2,0	3,0	4,6
РЦ16	1	5,5	5,5	0,35	0,61			5,5	4,0	6,8	10,5
Итого РП2	8	-	67,7	18,47	9,82			23,64	24,45	34,01	51,7
РП3											
РЦ17	1	5,5	5,5	1,54	2,67	7,84	1,78	5,5	4,0	6,8	10,5
РЦ18	1	5,5	5,5	1,54	2,67			5,5	4,0	6,8	10,5
РЦ19	1	5,5	5,5	1,54	2,67			5,5	4,0	6,8	10,5
РЦ20	1	5,5	5,5	1,54	2,67			5,5	4,0	6,8	10,5
РЦ21	1	5,5	5,5	1,54	2,67			5,5	4,0	6,8	10,5
РЦ22	1	5,5	5,5	1,54	2,67			5,5	4,0	6,8	10,5
РЦ23	1	7,5	7,5	2,10	3,64			7,5	6,0	9,6	14,8
РЦ24	1	7,5	7,5	2,10	3,64			7,5	6,0	9,6	14,8
Итого РП3	8	-	48,0	6,72	11,64			11,96	12,80	17,52	26,6
РП4											
РЦ25	1	11	11	2,80	4,85	6,44	1,13	11	5,9	12,5	19,2
РЦ26	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЦ27	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЦ28	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЦ29	1	18	18	12,50	6,77			18	6,8	19,24	27,4
РЦ30	1	18	18	12,50	6,77			18	6,8	19,24	27,4
РЦ31	1	18	18	12,50	6,77			18	6,8	19,24	27,4
Итого РП4	7	-	98,0	48,80	39,70			55,14	42,05	69,35	105,4

Продолжение таблицы 2

Номер РЩ, п/п	Кол-во РЩ, шт	Номинальная мощность, кВт		Средние значения расчётных нагрузок (в группе РП)		n_{Σ}	K_p	Максимальные расчетные нагрузки			
		$P_{ном},$ кВт	$P_{сум},$ кВт	$P_{см.},$ кВт	$Q_{см.},$ квар			$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВ·А	$I_p,$ А
РП5											
РЩ32	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЩ33	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЩ34	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЩ35	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЩ36	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
РЩ37	1	11	11	2,80	4,85			11	5,9	12,5	19,2
Итого РП5	6	-	66,0	18,23	9,41			5,95	1,28	23,34	23,70
ЩРО								7,4	3,2	8,1	12,5
ЩАО								0,7	0,3	0,8	1,3
Всего по ТП								152,51	163,31	223,45	339,6

На основе полученных результатов нагрузок, далее в работе проводится выбор и проверка элементов проектируемой системы электроснабжения технически-эксплуатационной части войсковой части 77994.

2.3 Расчёт и выбор компенсирующих устройств в системе электроснабжения войсковой части 77994

«Расчётная реактивную мощность компенсирующего устройства 0,4 кВ для установки на шинах РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ» [6] проектируемой системы электроснабжения технически-эксплуатационной части войсковой части 77994 определяем так:

$$Q_{к.р.} = \alpha \cdot P_p (tg\varphi - tg\varphi_{\kappa}), \text{ квар.} \quad (14)$$

где α – коэффициент одновременности реактивных нагрузок, о.е.

По условию (14) для проектируемой системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

$$Q_{к.р.} = 0,9 \cdot 152,51(1,328 - 0,39) = 128,72 \text{ квар.}$$

«Так как на ТП-10/0,4 кВ устанавливается два силовых трансформатора, следовательно, число устройств для компенсации реактивной мощности должно быть парным, поэтому выбирается для установки две комплектных конденсаторных установки типа УК БН-0,38-50-50УЗ. При этом суммарная мощность выбранных КУ составляет $2 \cdot 50 = 100$ квар» [8].

Фактическое значение коэффициентов

$$tg\varphi_{к} = tg\varphi - \frac{Q_{к.см.}}{\alpha \cdot P_p}, \text{ квар.} \quad (15)$$

По (15)

$$tg\varphi_{к} = 1,328 - \frac{100 + 28,75}{0,9 \cdot 152,51} = 0,33$$

«После определения фактического значения коэффициента мощности производится пересчёт значений нагрузок ТП-10/0,4 кВ с учётом выбранных КУ» [8] проектируемой системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 (за вычетом скомпенсированной реактивной мощности на шинах 0,4 кВ в РУ-0,4 кВ ТП10/0,4 кВ):

$$P_p = 152,51 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 163,31 - 100 = 63,31 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{152,51^2 + 63,31^2} = 165,2 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Полученные уточнённые значения расчётных электрических нагрузок в результате установки компенсирующих устройств на шинах 0,4 кВ понизительной ТП-10/0,4 кВ проектируемой системы электроснабжения техничеcко-эксплуатационной части войсковой части 77994, используются в работе далее.

2.4 Выбор силовых трансформаторов на ТП техничеcко-эксплуатационной части войсковой части 77994

Так как ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техничеcко-эксплуатационной части войсковой части 77994 является понизительной подстанцией, которая питает потребители системы электроснабжения техничеcко-эксплуатационной части войсковой части 77994, большинство из которых относится к I и II категориям надёжности, следовательно, на данной понизительной подстанции ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техничеcко-эксплуатационной части войсковой части 77994 принимается к установке два силовых трансформатора [4].

При проектировании системы электроснабжения техничеcко-эксплуатационной части войсковой части 77994, в работе также проводится необходимая проверка силовых трансформаторов на перегрузочную способность как в нормальном, так и в максимальном (послеаварийном) режиме работы.

Однако для точного выбора силовых трансформаторов на ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техничеcко-эксплуатационной части войсковой части 77994 необходимо учесть величину реактивной мощности и степень её компенсации в проектируемой системе электроснабжения.

Известно, что для двухтрансформаторных ТП-6/0,4 кВ, которые питают потребители I и II категорий надёжности, мощность силового трансформатора определяется из соотношения [4]

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{\Sigma P_{\text{р.}}}{N\beta_{\text{т}}}, \quad (16)$$

где $S_{\text{ном.т}}$ – «паспортная мощность трансформатора, установленного на ТП-6/0,4 кВ, кВА» [4];

N – «число трансформаторов на ТП-6/0,4 кВ, шт» [4];

$\beta_{\text{т}}$ – «коэффициент загрузки трансформатора ТП-6/0,4 кВ» [1].

Следовательно, расчётная мощность силового трансформатора для установки на ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{165,2}{2 \cdot 0,7} = 117,9 \text{ кВА}.$$

По [12] выбран для установки на ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994 силовой трансформатор ТМГ-160/6 в количестве двух единиц.

Силовые трансформаторы типа ТМГ без расширительного бака герметизированы, зарекомендовав себя с наилучшей стороны для применения в системах электроснабжения всех типов [12].

Проверка выбранного типа силового трансформатора в нормальном режиме [12]

$$K_3^H = \frac{0,5 \cdot S_{\text{р}}}{S_{\text{ном.т}}} \leq 0,7. \quad (17)$$

Проверка выбранного типа силового трансформатора в максимальном (послеаварийном или ПАВ) режиме [12]

$$K_3^{n.ав} = \frac{S_p}{S_{ном.т}} \leq 1,4. \quad (18)$$

Согласно (17)

$$K_3^n = \frac{165,2}{160 \cdot 2} = 0,52 \leq 0,7.$$

Согласно (18)

$$K_3^{n.ав} = \frac{165,2}{160 \cdot (2-1)} = 1,03 \leq 1,4.$$

Условия проверок как в нормальном, так и послеаварийном режиме для выбранных силовых трансформаторов ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 выполняется.

Поэтому в работе окончательно принимается два силовых трансформатора номинальной мощностью 400 кВА для установки на ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Конструктивно питающая понизительная ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 выполнена в виде закрытой подстанции с применением комплектных распределительных устройств.

Дополнительная проверка выбранных силовых трансформаторов на ТП-6/0,4 кВ проводится после выбора устройств компенсации реактивной

мощности. Конструкция выбранного типа силового трансформатора с целью установки на ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 представлена в графической части работы.

2.5 Выбор и проверка сечения проводников системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

В системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 выбору подлежат следующие проводники электрических сетей:

- питающая кабельная линия электропередачи напряжением 6 кВ;
- питающие линии напряжением 0,38/0,22 кВ;
- распределительные линии 0,38/0,22 кВ.

Проводится выбор силовых кабелей питающей кабельной линии электропередачи системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 напряжением 6 кВ по критериям экономической плотности тока.

Максимальное значение рабочего тока в питающей кабельной линии электропередачи напряжением 6 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994:

$$I_{\text{раб. max}} = K_{\text{пер}} \cdot \frac{S_{\text{ном.}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}}, \quad (19)$$

где $K_{\text{пер}}$ – значение коэффициента перегрузки в ПАВ режиме.

Предварительно выбирается сечение питающей кабельной линии напряжением 6 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, которое будет проверено в дальнейшем.

Для этого рассчитывается экономически эффективное сечение проводника F_W и выбирается ближайшее номинальное сечение кабельной линии

$$F_W = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}}, \text{ мм}^2, \quad (20)$$

где I_p – максимальное расчётное значение рабочего тока в сети, А.

$$I_{\text{НОМ.Т}} = I_p = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 10} = 9,2 \text{ А.}$$

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{9,2}{1,6} = 5,8 \text{ мм}^2.$$

Согласно [14], выбирается ближайшее номинальное сечение питающей кабельной линии электропередачи напряжением 6 кВ с условиями: $F=16 \text{ мм}^2$, $I_{\text{дон}}=90 \text{ А}$ (отклонений от стандартных условий прокладки нет).

Принимается марка кабеля АСБ-10(3×16). Предусмотрена прокладка в земле.

Максимальный расчётный ток питающей кабельной линии электропередачи напряжением 6 кВ с учётом резервирования

$$I_{p.\text{max}} = 1,4 \cdot 9,2 = 12,9 \text{ А.}$$

Условие проверки по ПАВ режиму выполняется

$$90 \text{ А} \geq 12,9 \text{ А.}$$

Для питающей кабельной линии напряжением 6 кВ системы электроснабжения технически-эксплуатационной части войсковой части

77994 не принимается во внимание условия гололёда и коронирования, как для воздушных линий, поэтому данная проверка в работе не требуется.

Окончательно выбирается питающая кабельная линия электропередачи напряжением 6 кВ АСБ-6 (3×16).

На данной питающей кабельной линии электропередачи напряжением 6 кВ используются два силовых кабеля, питающие по радиальной схеме электроснабжения силовые трансформаторы ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

В результате выполнения работы выбрана схема питания внешнего электроснабжения системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 с питанием от энергосистемы кабельной линией на напряжении 6 кВ с применением силового кабеля марки АСБ-6 (3×25), удовлетворяющие условиям выбора и всех проверок.

На ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 установлены два силовых трансформатора марки ТМЗ-400/6, которые питают указанные кабельные линии 6 кВ.

Кабельные линии напряжением 6 кВ в работе прокладываются в земле от сборных шин ГПП до ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Проводится выбор кабельных линий 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994:

- питающей сети – от ТП-6/0,4 кВ к РП (в закрытых лотках);
- распределительной сети – от РП к отдельным электроприёмникам (в трубах в полу с последующей заливкой пола техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 бетоном).

Выбор и проверка кабельных линий напряжением 0,38/0,22 кВ проводится по допустимому нагреву токами нормального и послеаварийного режима [17].

Проводится выбор сечения кабелей 0,38/0,22 кВ питающей сети системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Принимаются к использованию в сети 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 силовые негорючие кабели марки АВБбШвнг, которые рекомендованы к установке [17].

Проводится выбор кабеля, питающего РП1 системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Предварительно принимается для питания ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 кабель марки АВБбШвнг 5×35 для которого $I_{доп} = 130$ А [9].

Определяется допустимый ток кабеля $I'_{доп}$, а значение $I_{доп}$ принимается 130 А при прокладке в воздухе для кабеля сечением 35 мм²[9]. Условие проверки на ПАВ-режим выбранного сечения кабеля выполняется

$$130 \geq 1 \cdot 125 / 1 = 125, А.$$

Окончательно для питания РП1 от шин РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ проектируемой системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 выбирается силовой кабель марки АВБбШвнг 5×35 с предельно – допустимым значением тока кабеля $I_{доп} = 130$ А [9].

Выбор сечения остальных кабелей питающей силовой сети напряжением 0,38/0,22 кВ, получающих питание от шин РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ проектируемой системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, проведён аналогично и результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Выбор сечения кабелей питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ

Наименование РП	I_p, A	Марка кабеля	$I_{доп}, A$
РП1	108,65	АВБбШвнг 5×35	130
РП2	51,57	АВБбШвнг 5×25	105
РП3	26,62	АВБбШвнг 5×25	105
РП4	105,36	АВБбШвнг 5×35	130

Аналогично выбирается сечение кабелей распределительной сети (таблица 4). В работе для кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ, питающей отдельные потребители системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 от шин РП, принимаются современные медные пятижильные кабели марки ВВГнг-LS, 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-LS хорошо зарекомендовали себя для использования в электроустановках всех типов, поэтому могут быть рекомендованы к использованию в сетях системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 [12]. Для РЩ-16

$$I_{доп.} \geq 10,49 / 1 = 10,49 A;$$

$$I_{доп.} \geq 1 \cdot 12,5 = 12,5 A.$$

Выбираются для питания РЩ-16 от РП-1 кабель марки ВВГнг-LS 5×1,5, $I_{доп} = 19 A$ [10], прокладка – в пластмассовой трубе диаметром 32 мм в траншее с последующей заливкой пола бетонной смесью [10]. Выбранные в работе марки и сечения кабельных линий с соответствующими марками проводников системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 наносятся на графический лист 2. Для

остальных РЩ распределительной силовой системы электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994 сети напряжением 0,38/0,22 кВ выбор кабелей аналогичен и сведён в таблицу 4.

Таблица 4 – Выбор кабелей распределительной сети 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994

№ по плану	Наименование РЩ	I_p , А	Параметры выбранного проводника (кабеля)	
			Марка	$I_{дон}$, А
1	РЩ1	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
2	РЩ2	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
3	РЩ3	6,1	ВВГнг-LS 5×1,5	19
4	РЩ4	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
5	РЩ5	33,8	ВВГнг-LS 5×6	42
6	РЩ6	33,8	ВВГнг-LS 5×6	42
7	РЩ7	33,8	ВВГнг-LS 5×6	42
8	РЩ8	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
9	РЩ9	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
10	РЩ10	12,2	ВВГнг-LS 5×1,5	19
11	РЩ11	12,2	ВВГнг-LS 5×1,5	19
12	РЩ12	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
13	РЩ13	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
14	РЩ14	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
15	РЩ15	4,6	ВВГнг-LS 5×1,5	19
16	РЩ16	10,5	ВВГнг-LS 5×1,5	19
17	РЩ17	10,5	ВВГнг-LS 5×1,5	19
18	РЩ18	10,5	ВВГнг-LS 5×1,5	19
19	РЩ19	10,5	ВВГнг-LS 5×1,5	19
20	РЩ20	10,5	ВВГнг-LS 5×1,5	19
21	РЩ21	10,5	ВВГнг-LS 5×1,5	19
22	РЩ22	10,5	ВВГнг-LS 5×1,5	19
23	РЩ23	14,8	ВВГнг-LS 5×2,5	27
24	РЩ24	14,8	ВВГнг-LS 5×2,5	27
25	РЩ25	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
26	РЩ26	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
27	РЩ27	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
28	РЩ28	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
29	РЩ29	27,4	ВВГнг-LS 5×4	32
30	РЩ30	27,4	ВВГнг-LS 5×4	32
31	РЩ31	27,4	ВВГнг-LS 5×4	32
32	РЩ32	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
33	РЩ33	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
34	РЩ34	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
35	РЩ35	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
36	РЩ36	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27
37	РЩ37	19,2	ВВГнг-LS 5×2,5	27

Все выбранные в работе силовые кабельные линии питающей и распределительной сети удовлетворяют условиям выбора и проверки согласно требованиям нормативных документов [1,4,12].

Они показаны на графическом листе 2, узлы монтажа кабельных линий представлены на листе 5.

2.6 Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 осуществляется в общем случае для выбора и проверки электрических аппаратов [7].

В более полном варианте, расчёт токов короткого замыкания (далее – КЗ) на шинах 6 кВ ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 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], значит, принято $S_6 = S_{\text{ном.Т}} = 160$ кВА.

Значение базисных напряжений [7]

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

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

$$U_{\delta 2} = 0,4 \text{ кВ}.$$

«Базисный ток» [7]

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 1}}, \text{ А}, \quad (22)$$

$$I_6 = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 8,8 \text{ А}.$$

«На рисунке 1 приведена расчетная схема для расчета токов короткого замыкания и построенная по ней схема замещения» [7].

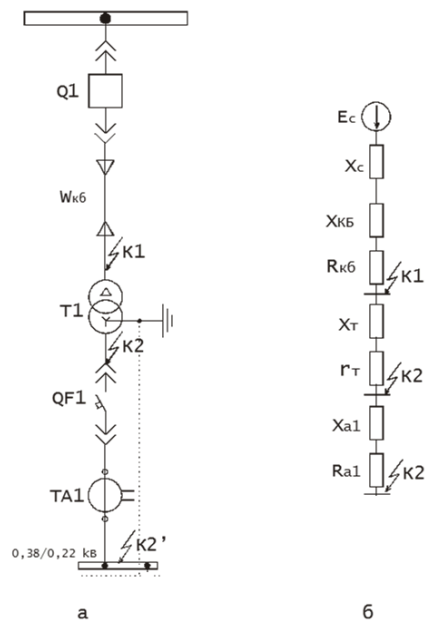


Рисунок 1 – Схемы: а - расчетная схема; б - схема замещения
«Сопротивление системы» [7]

$$x_{c*} = \frac{I_6}{I_{п.о}^{(3)}}, o.e. \quad (23)$$

$$x_{c*} = \frac{8,8}{1500} = 5,8 \cdot 10^{-3} o.e.$$

«Сопротивление кабельной линии» [7]

$$x_{кб1*} = x_{0 кб1} l_{кб1} \frac{S_6}{U_{61}^2}, o.e. \quad (24)$$

$$r_{кб1*} = r_{0 кб1} l_{кб1} \frac{S_6}{U_{61}^2}, o.e. \quad (25)$$

«Для питающих кабелей» [7]

$$x_{кб1*} = 0,083 \cdot 0,05 \frac{0,01}{10,5^2} = 0,24 \cdot 10^{-4} o.e.$$

$$r_{кб1*} = 0,625 \cdot 0,05 \frac{0,01}{10,5^2} = 1,8 \cdot 10^{-4} o.e.$$

«Сопротивление силового трансформатора [7]

$$r_{T*} = \frac{\Delta P_{кз}}{S_{НОМ.Т}}, o.e.; \quad (26)$$

$$x_{T*} = \sqrt{u_{K*}^2 - r_{T*}^2}, o.e. \quad (27)$$

Для трансформаторов ТП-6/0,4 кВ

$$r_{*T} = \frac{2,75}{100} = 0,0275 \text{ o.e.}$$

$$x_{*T} = \sqrt{0,045^2 - 0,0275^2} = 0,0356 \text{ o.e.}$$

«Суммарное сопротивление к точке короткого замыкания К1» [7]

$$x_{*\Sigma K1} = x_{*C} + x_{*K61}, \text{ o.e.} \quad (28)$$

$$x_{*\Sigma K1} = 0,0058 + 0,000024 = 0,00582 \text{ o.e.}$$

$$z_{*\Sigma K1} = \sqrt{x_{*\Sigma K1}^2 + r_{*\Sigma K1}^2}, \text{ o.e.} \quad (29)$$

$$z_{*\Sigma K1} = \sqrt{0,00582^2 + 0,00018^2} = 0,00582 \text{ o.e.}$$

«Суммарное сопротивление в именованных единицах к точке К2» [7]

$$x_{*\Sigma K2} = x_{*\Sigma K1} + x_{*T}, \text{ o.e.} \quad (30)$$

$$x_{*\Sigma K2} = 0,00582 + 0,0356 = 0,0414 \text{ o.e.}$$

$$r_{*\Sigma K2} = r_{*K61} + r_{*T}, \text{ o.e.} \quad (31)$$

$$r_{*\Sigma K2} = 0,00018 + 0,0275 = 0,0276 \text{ o.e.}$$

«Суммарное сопротивление в именованных единицах к точке К2» [7]

$$x_{\Sigma K2} = x_{*\Sigma K2} \frac{U_{62}^2}{S_6}, \text{ Ом.} \quad (32)$$

$$x_{\Sigma K2} = 0,0414 \cdot \frac{0,4^2}{0,16} = 0,0414 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_{*\Sigma K2} \frac{U_{62}^2}{S_6}, \text{ Ом.} \quad (33)$$

$$r_{\Sigma K2} = 0,0123 \cdot \frac{0,4^2}{0,16} = 0,0123 \text{ Ом.}$$

$$z_{\Sigma K2} = \sqrt{r_{\Sigma K2}^2 + x_{\Sigma K2}^2}, \text{ Ом.} \quad (34)$$

$$z_{\Sigma K2} = \sqrt{0,0414^2 + 0,0123^2} = 0,043 \text{ Ом.}$$

«Суммарное сопротивление в именованных единицах к точке К2"» [7]

$$r_{\Sigma K2'} = r_{\Sigma K2} + r_{a1}, \text{ о.е.} \quad (35)$$

$$r_{\Sigma K2'} = 0,0123 + 0,0014 = 0,0124 \text{ Ом.}$$

$$z_{\Sigma K2'} = \sqrt{r_{\Sigma K2'}^2 + x_{\Sigma K2}^2}, \text{ Ом.} \quad (36)$$

$$z_{\Sigma K2'} = \sqrt{0,0124^2 + 0,0414^2} = 0,044 \text{ Ом.}$$

«Сопротивлений автоматических выключателей» [8]

$$r_{a1} = 0,0014 \text{ Ом;}$$

$$x_{a1} = 0,00008 \text{ Ом.}$$

«Ток трехфазного КЗ в расчётной точке короткого замыкания К1» [7]

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{61}}{\sqrt{3} \cdot z_{*\Sigma K1}}, \text{ кА.} \quad (37)$$

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,00582} = 1041,6 \text{ А} \approx 1,04 \text{ кА.}$$

«Ток трехфазного КЗ в расчётных точках К2, К2"» [7]

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

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,043} = 5,37 \text{ кА.}$$

$$I_{K2'}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,044} = 5,25 \text{ кА.}$$

«Ударный ток» [7]

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

где K_y – «ударный коэффициент» [7].

«Значение ударного тока в расчётных точках КЗ» [7]

$$i_{y.K1} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 1,04 = 2,06 \text{ кА;}$$

$$i_{y.K2} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 5,37 = 8,35 \text{ кА;}$$

$$i_{y.K2''} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 5,25 = 8,17 \text{ кА.}$$

«Результаты расчета токов КЗ приведены в таблице 5» [7].

Таблица 5 – Результаты расчета тока КЗ в системе ЭС

Расчётная точка КЗ	$I^{(3)}$, кА	k_y	i_y , кА
К1	1,04	1,4	2,06
К2	5,37	1,1	8,35
К2''	5,25	1,1	8,17

Полученные значения тока трехфазного КЗ используются далее при выборе и проверке электрических аппаратов в системе электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994.

2.7 Выбор и проверка электрических аппаратов в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

Для защиты и коммутации цеховой трансформаторной подстанции системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 ТП-6/0,4 кВ на напряжении 6 кВ на питающем РП-6 кВ используются высоковольтные выключатели.

Для обеспечения безопасности проводимых работ с целью создания видимого разрыва в РУ-6 кВ цеховой трансформаторной подстанции системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 ТП-6/0,4 кВ применяются втычные контакты (ножи) ячеек типа КРУ (комплектные распределительные устройства).

Для обеспечения питания вторичных цепей в схеме 6 кВ используются трансформаторы тока и напряжения.

Для коммутации сети 6 кВ на ТП-6/0,4 кВ установлен выключатель нагрузки, защищённый предохранителем (защита от коротких замыканий вследствие отсутствия таковой у выключателя нагрузки).

Для защиты от атмосферных перенапряжений вследствие удара молнии, а также от внутренних перенапряжений, в схеме трансформаторной подстанции системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 ТП-6/0,4 кВ применяются ограничители перенапряжения.

Выбор аппаратов высокого напряжения в общем виде производится по напряжению и рабочему максимальному току [6-8]:

$$U_{уст} \leq U_n; \quad (40)$$

$$I_{раб.макс.} \leq I_n. \quad (41)$$

Проверка аппаратов [14]:

$$I_{nt} \leq I_{откл}. \quad (42)$$

$$(\sqrt{2} \cdot I_{пт} + i_{ат}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{откл.н} (1 + \beta_n), \quad (43)$$

$$t = t_{з.мин} + t_{с.в}, \quad (44)$$

$$i_y \leq i_{нр.с}, \quad (45)$$

$$B_k \leq I_T^2 t_T; \quad (46)$$

$$B_k = I_k^2 (t_{отк} + T_a), \quad (47)$$

где t – суммарное время отключения привода выключателя, с.

Выбор электрических аппаратов высокого напряжения на стороне ВН трансформаторной подстанции системы электроснабжения техниче-ско-эксплуатационной части войсковой части 77994 ТП-6/0,4 кВ рассмотрен на примере вводного выключателя в РУ-6 кВ.

Предварительно выбирается для установки в РУ-6 кВ трансформаторной подстанции системы электроснабжения техниче-ско-эксплуатационной части войсковой части 77994 ТП-6/0,4 кВ, вакуумный выключатель LF1-10,5-12,5/ 630-У2-41 и проводится его проверка по условиям, приведённым выше [8]

$$U_{ном} = 6 \text{ кВ} = U_{сети} = 6 \text{ кВ}.$$

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{расч} = 84,9 \text{ А}.$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} > I_{к1} = 6,0 \text{ кА}.$$

$$i_{нр.скв} = 20 \text{ кА} > i_{ук1} = 15,27 \text{ кА}.$$

Окончательно выбирается для установки на вводе РУ-6 кВ трансформаторной подстанции ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения

техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 выключатель высокого напряжения LF1-6,3-12,5/ 630-У2-41.

Установлено, что выбранный высоковольтный выключатель удовлетворяет всем условиям проверок, поэтому может быть использован в качестве вводного выключателя в РУ-6 кВ трансформаторной подстанции ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Распределительное устройство 6 кВ, от которого получают питание потребители напряжением 6 кВ, представляет собой комплектное распределительное устройство внутренней установки.

В виду этого, в РУ-6 кВ не устанавливаются разъединители, которые заменяются втычными контактами, что является существенным преимуществом данного типа ячеек.

В выкатном положении ячейки (ремонтное положение) электрическая цепь полностью размыкается, создавая при этом видимый разрыв, используемый для безопасного проведения ремонтных работ, а также работ по обслуживанию оборудования ячейки.

В контрольном положении ячейки включена релейная защита и автоматика, а также средства измерения и вторичные цепи вообще, что позволяет измерить необходимые контролируемые параметры цепи.

Ячейки КРУ-6 кВ РП-6 кВ, служащие для питания трансформаторной подстанции системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 ТП-6/0,4 кВ, комплектуются соответствующими типами инновационных электрических аппаратов, выбор которых проводится аналогично выбору вводного выключателя 6 кВ, приведённому ранее по условиям. Результаты выбора электрических аппаратов для их непосредственной установки в ячейках КРУН-6 кВ РП-6 кВ, служащие для питания цеховой трансформаторной подстанции ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты выбора электрических аппаратов напряжением 6 кВ для установки в ячейках КРУ-6 кВ питающего РП-6 кВ, служащие для питания трансформаторной подстанции ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

Наименование электрического аппарата	Марка (типономинал) электрического аппарата
Выключатель высокого напряжения	LF1-6,3-12,5/ 630-У2-41
Предохранитель плавкий	ПК-10-20-31,5/У3
Трансформатор тока	ТПОЛМ-10
Трансформатор напряжения	НТМИ-10
Ограничители перенапряжений	ОПН-КР/ТЕЛ-10/12 УХЛ1
Выключатель нагрузки	ВНПу-10/ 400-10-У3

Выбранные типы и марки электрических аппаратов номинальным напряжением 6 кВ для их установки в ячейках КРУН-6 кВ РП-6 кВ, служащие для питания трансформаторной подстанции ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, показаны в графической части работы.

Далее в работе проводится непосредственный выбор и проверка современных электрических аппаратов марки ВА напряжением 0,38/0,22 кВ, которые устанавливаются в шкафах РУ-0,4 кВ цеховой ТП-6/0,4 кВ.

Номинальные токи автомата и теплового расцепителя [15]:

$$I_{ном.а} \geq I_p. \quad (48)$$

$$I_{ном.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (49)$$

Ток уставки электромагнитного расцепителя [14]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p \geq I_{к}, \quad (50)$$

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

Для защиты одиночных электродвигателей [14]:

$$I_p = I_{ном}. \quad (51)$$

$$I_n = I_{пуск}. \quad (52)$$

Для примера выбирается автомат ввода ТП-6/0,4 кВ с расчётным током, равным рабочему току силового трансформатора выбранной мощности 160 кВА с учётом резервирования [14]

$$I_{p.c} = \frac{I_{p.г}}{1,4}, A, \quad (53)$$

где $I_{p.г}$ – 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 ТП-6/0,4 кВ марки ВА57-35, $I_{ном.а} = 250 A$,
 $I_{у.т.р.} = 250 A$, $I_{у.э.р.} = 750 A$.

Условия выбора и проверок автомата выполняются

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

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

$$I_{ном.э.р} = 750 A \geq 250 A.$$

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 системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 осуществлён аналогично (таблица 7).

Таблица 7 – Результаты выбора «автоматов для защиты и коммутации питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения» техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

Наименование	I_p , А	Марка автоматического выключателя	$I_{ном.а}$, А	$I_{у.т.р.}$, А	$I_{у.э.р.}$, А
Вводной и секционный автоматы					
Вводной автомат	339,6	ВА57-39	400	400	1200
Секционный автомат	242,6	ВА57-35	250	250	750
Линейные автоматы силовой питающей сети 0,38/0,22 кВ					
РП1	108,65	ВА57-35	250	125	375
РП2	51,57	ВА57-35	250	80	240
РП3	26,62	ВА57-35	250	80	240
РП4	105,36	ВА57-35	250	125	375
РП5	50,53	ВА57-35	250	80	240
Линейные автоматы осветительной питающей сети 0,38/0,22 кВ					
ЩРО	12,5	ВА 47-29/16С	16	16	48
ЩАО	1,3	ВА 47-29/6С	6	6	18

Выбор линейных автоматических выключателей для защиты и коммутации распределительной сети 0,38/0,22 кВ осуществлён аналогично (таблица 8).

В работе выбраны автоматы марки ВА.

Таблица 8 – Выбор автоматов распределительной сети 0,38/0,22 кВ

ЩР	I_p , А	Марка автомата	$I_{ном.а}$, А	$I_{у.т.р.}$, А	$I_{у.э.р.}$, А
РЩ1	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ2	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ3	6,1	ВА 47-29/10С	10	10	30
РЩ4	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ5	33,8	ВА 47-29/40С	40	40	120
РЩ6	33,8	ВА 47-29/40С	40	40	120
РЩ7	33,8	ВА 47-29/40С	40	40	120
РЩ8	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ9	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ10	12,2	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ11	12,2	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ12	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ13	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ14	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ15	4,6	ВА 47-29/6С	6	6	18
РЩ16	10,5	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ17	10,5	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ18	10,5	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ19	10,5	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ20	10,5	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ21	10,5	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ22	10,5	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ23	14,8	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ24	14,8	ВА 47-29/16С	16	16	48
РЩ25	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ26	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ27	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ28	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ29	27,4	ВА 47-29/32С	32	32	96
РЩ30	27,4	ВА 47-29/32С	32	32	96
РЩ31	27,4	ВА 47-29/32С	32	32	96
РЩ32	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ33	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ34	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ35	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ36	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75
РЩ37	19,2	ВА 47-29/25С	25	25	75

Все выбранные аппараты 6 кВ и 0,4 кВ системы электроснабжения технически-эксплуатационной части войсковой части 77994 приведены на графическом листе 2.

2.8 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

Согласно [1], для установки на ТП-6/0,4 кВ в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 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 на ТП-6/0,4 кВ в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 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 ТП-6/0,4 кВ в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 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 [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.

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 на ТП-6/0,4 кВ техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 приведена на рисунке 2.

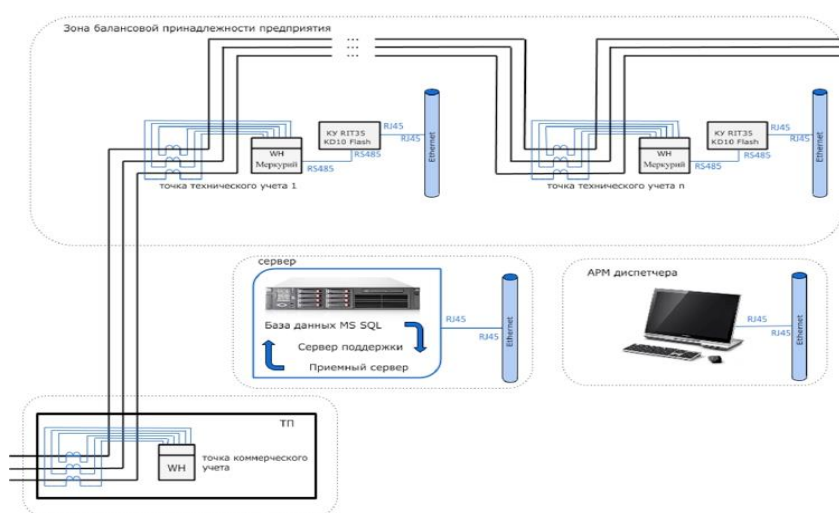


Рисунок 2 – Структурная схема АСКУЭ для учёта и контроля электроэнергии на ТП-6/0,4 кВ техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

Электрическая принципиальная схема АСКУЭ для учёта и контроля электроэнергии на ТП-6/0,4 кВ техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 приведена в графической части работы.

2.9 Разработка мероприятий по энергосбережению в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

Рассматривая вопрос энергосбережения в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, 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 техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

На экономию электроэнергии влияет также номинальное загрузки электродвигателей, работающих в техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

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 техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

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. 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.

Выводы по разделу 2:

В результате выполнения второго раздела работы, согласно поставленным в работе основным задачам, осуществлена разработка системы электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994.

В связи с этим, во втором разделе данной работе осуществлены следующие мероприятия:

- выбор схемы электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994;
- расчёт электрических нагрузок в системе электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994;
- выбор количества и мощности трансформаторов трансформаторной подстанции в системе электроснабжения технико-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– выбор компенсирующих устройств в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– выбор и проверка сечения проводников в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– расчет токов короткого замыкания в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– выбор и проверка электрических аппаратов в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– выбор системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– разработка мероприятий по энергосбережению в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Разработанная система электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 отвечает всем поставленным в работе задачам и требованиям, предъявляемых к ней нормативными документами.

3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда

3.1 Методы и средства обеспечения безопасности, охрана окружающей среды

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 техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 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 6 кВ понизительной подстанции ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

- 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-6/0,4 кВ в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Кроме того, существует вероятность прочих производственных видов опасности в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994:

- опасность возможных ожогов электрической дугой, которая возникла в результате неправильных оперативных действий с выключателями нагрузки, предохранителями, заземляющими ножами (особенно в сети напряжением 6 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 технически-эксплуатационной части войсковой части 77994 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 технико-эксплуатационной части войсковой части 77994 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 технико-эксплуатационной части войсковой части 77994, 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 технико-эксплуатационной части войсковой части 77994, 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 техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, 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 техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, 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 техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, 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 токоведущих цепей 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 техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, 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]:

– 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].

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, основным экологический риск в разработанной системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, 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 техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

3.2 Расчет контура заземления ТП системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994

Производится расчёт контура защитного заземления согласно методике [24].

К данному контуру заземления подключаются все электроустановки спроектированной схемы электроснабжения.

Устройство защитного контура заземления выполняется в соответствии с учётом требований и норм [1].

В соответствии с требованиями [1], для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители. Однако они отсутствуют, поэтому расчёт и сооружение контура заземления является обязательным.

Заземлению подлежат все металлические части электроустановок, которые в нормальном режиме работы не должны находиться под напряжением, однако могут оказаться под ним при повреждении изоляции.

К таким электроустановкам в работе относятся силовые распределительные пункты напряжением 0,4 кВ (РП), а также распределительные щиты потребителей (РЩ). Кроме того, заземлению подлежат также оболочки кабельных линий питающей и распределительной сети в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 (заземляется броня, оболочка либо экран). Кроме того, если кабельная линия прокладывается по тросовой проводке, заземлению также подлежит сам трос (если кабель на тросе не заземлён).

Все соединения защитного контура заземления выполняются электросваркой внахлест.

Крепление заземляющих проводников к контуру заземления осуществляется болтовыми соединениями.

Согласно требованиям [1], величина сопротивления защитного заземления не должна превышать 4 Ом при номинальном напряжении установок до 1кВ.

Расчет защитного заземления в работе сводится к определению такого числа и характера размещения искусственных заземлителей, при котором сопротивление растекания тока не превышает нормированное значение.

Проводится расчёт заземления ТП техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Грунт – суглинок. Удельное сопротивление грунта в месте сооружения защитного контура заземления согласно проведённым измерениям и справочным данным принимается равным 400 Ом·м.

Определяется расчётное значение удельного сопротивления грунта

$$\rho_p = \rho_{sp} \cdot K_u, \quad (54)$$

где ρ_{sp} – удельного сопротивления грунта (для суглинка), Ом [16];

K_u – нормируемый коэффициент использования заземлителей в контуре заземления [16].

$$\rho_p = 7,5 \cdot 1,6 = 120 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Определяется расчётное сопротивление заземления трубы, верхний конец которой заглублён в землю

$$R_3 = 0,366 \cdot \frac{\rho_p}{l} \left(\lg \frac{2 \cdot l}{0,95 \cdot d} + 0,51 \lg \frac{4t + 3l}{4t + l} \right), \text{ Ом}. \quad (55)$$

где $h = 1,95 \text{ м}$ – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя (принимается $h = 1,95 \text{ м}$).

$$R_3 = 0,366 \cdot \frac{120}{2,5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{0,07} + 0,51 \lg \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} \right) = 30,45 \text{ Ом}.$$

Расчётное число одиночных заземлителей

$$N_3 = \frac{R_3}{R_{3,н}}, \text{ шт}. \quad (56)$$

$$N_3 = \frac{30,45}{4} = 7,6 \text{ шт}.$$

Принимается целое число, т.е. $N_3 = 8 \text{ шт}$.

Расстояние между заземлителями:

$$L_T = l \cdot m, \text{ м}. \quad (57)$$

$$L_T = 2,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ м}.$$

Количество заземлителей с учётом коэффициента экранирования

$$N_{3.э} = \frac{R_3}{R_{3.н} \cdot \eta_э}, \text{шт.} \quad (58)$$

$$N_{3.э} = \frac{30,45}{4 \cdot 0,64} = 11,89 \text{ шт.}$$

Окончательно принимается к установке в контуре заземления на ТП-6/0,4 кВ двенадцать вертикальных заземлителей (электродов).

Все требования нормативных документов к спроектированному контуру заземления выполняются.

Выводы по разделу 3:

В результате выполнения третьего раздела работы проведён расчёт контура заземления ПС-60,4 кВ техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 согласно требований нормативных документов [2-4].

Окончательно принято к установке в контуре заземления на ПС-6/0,4 кВ техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 двенадцать вертикальных заземлителей (электродов).

Разработаны мероприятия по технике безопасности и экологической безопасности при выполнении работ в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Заключение

В результате выполнения работы, осуществлено проектирование системы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Для реализации указанной основной цели работы, в работе проведено решение основных поставленных задач:

- краткая характеристика техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994, которая рассматривается в работе в качестве объекта исследования;

- требования, предъявляемые к проектируемой системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

- анализ исходных данных по объекту исследования с рассмотрением основных теоретических положений, необходимых для осуществления проектирования;

- выбор схемы электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

- расчёт электрических нагрузок в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

- выбор количества и мощности трансформаторов трансформаторной подстанции в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

- выбор компенсирующих устройств в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

- выбор и проверка сечения проводников в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

- расчет токов короткого замыкания в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– выбор и проверка электрических аппаратов в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– выбор системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– разработка мероприятий по энергосбережению в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994;

– расчёт контура заземления ПС-60,4 кВ техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 с использованием двенадцати вертикальных заземлителей (электродов);

– разработка мероприятий по технике безопасности и экологической безопасности при выполнении работ в системе электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994.

Разработанная система электроснабжения техническо-эксплуатационной части войсковой части 77994 отвечает всем поставленным в работе задачам и требованиям, предъявляемым к ней нормативными документами.

Список используемой литературы

1. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. – М.: Форум, НИЦ ИНФРА. 2016. 416 с.
2. Виноградова А. В. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Интермет Инжиниринг, 2017. 672 с.
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартиформ, 2014. 28 с.
4. Коптев А.А. Монтаж цеховых электрических сетей напряжением до 1 кВ. Справочник электромонтажника. – М: Энергоатомиздат, 2018. 192 с.
5. Кудрин, Б. И. Электроснабжение. – М.: Academia, 2018. 352 с.
6. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. – М.: Колос, 2016. 184 с.
7. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001): (серия 17, норматив. док. по надзору в электроэнергетике). – М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2016. 208 с.
8. Михайлов Ю.М. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2015. 224 с.
9. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение сельского хозяйства. Дипломное проектирование: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2018. 316 с.
10. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 2017. 174 с.
11. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2017.

12. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – М.: Альвис, 2018. 632 с.
13. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. 464 с.
14. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.
15. Справочник по проектированию электрических сетей. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2018. 312 с.
16. Справочник по проектированию электроснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 2016. 576 с.
17. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. – М.: Энергоатомиздат, 2016. 568 с.: ил.
18. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения. – М.: Лань, 2015. 480 с.
19. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: Форум, Инфра. 2015. 136 с.
20. Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р – М.: Министерство энергетики, 2020. 142 с.