

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 Реконструкция системы электроснабжения села в Ставропольском районе Самарской области

Студент

А.А. Калинин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д.т.н., профессор, В.В. Вахнина

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

Тольятти 2021

Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы, связанные с повышением качества электроснабжения сел Ставропольского района Самарской области на примере реконструкции электроснабжения села Мусорка.

Объектом работы является электроснабжение села Мусорка.

Предметом работы является реконструкция электроснабжения села Мусорка.

При выполнении выпускной квалификационной работы был осуществлен анализ действующего электроснабжения села Мусорка с выявлением достоинств и недостатков для выявления путей повышения качества электроснабжения. Также был проведен расчет электрической нагрузки сети электроснабжения, выбрана конструкция, тип и исполнение комплектной трансформаторной подстанции, служащей для приема и дальнейшего преобразования в потребительскую энергию (10/0,4 кВ).

Следующим этапом был произведен подбор электрооборудования для монтажа электрической сети, выполнена реконструкция воздушных линий, а также предложена система учета электрической энергии.

Также были рассмотрены вопросы безопасности и экологичности работы, выполнен сметный расчет стоимости реконструкции электроснабжения села Мусорка.

ВКР состоит из записки, которая содержит введение, 10 разделов, заключение и приложение, и выполнена на 46 страницах, и графической части, представленной 6 листами формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ действующей сети электрического снабжения села Мусорка.....	6
2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок.....	8
3 Подбор трансформаторов.....	13
4 Выбор конструкции и типа исполнения комплектной трансформаторной подстанции.....	17
5 Электрическое оборудование в составе комплектной трансформаторной подстанции.....	19
5.1 Подбор электрического оборудования.....	19
5.2 Подбор электрического оборудования на стороне 0,4 кВ.....	20
6 Реконструкция воздушных линий.....	23
7 Проверка оборудования на действие токов короткого замыкания со стороны 0,4 кВ.....	31
8 Система учета электрической энергии.....	36
8.1 Перечень устанавливаемого оборудования.....	37
8.2 Выполнение подготовки системы к монтажу и монтаж.....	38
9 Безопасность и экологичность работы.....	40
9.1 Расчет заземления для трансформаторной подстанции.....	40
9.2 Обеспечение пожарной безопасности электроустановок.....	41
9.3 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта.....	42
10 Сметный расчет реконструкции электроснабжения села Мусорка.....	43
Заключение.....	44
Список используемой литературы и используемых источников.....	45
Приложение А Сведения по расчету электрических нагрузок всех ТП.....	47

Введение

«Потребители электрической энергии в сельском поселении условно разделяются на две основные группы: жилые дома и общественно коммунальные учреждения. В отличие от городов, в селах нет промышленных предприятий, либо их количество единично, следовательно, основная масса электроэнергии потребляется в жилых домах. Это потребление определяется укладом жизни населения села. В современных жилых домах используется большое количество различных электроприемников, из-за чего спрос на электроэнергию постоянно растет» [11].

«На сегодняшний день приняты новые величины удельных нагрузок, в быту используются современные мощные бытовые приборы, на подстанциях установлено устаревшее оборудование, линии не рассчитаны на действующее потребление электроэнергии, также нельзя оставлять без внимания факты безучетного потребления электроэнергии, что ведет к колоссальным убыткам энергосбытовых компаний» [19].

На основании указанного выше и возникает необходимость в проведении анализа существующей схемы электроснабжения с целью дальнейшей ее модернизации.

Действующая система электроснабжения для большинства населенных пунктов Самарской области не может в полной мере удовлетворить спрос на качественное и бесперебойное электроснабжение.

Основными причинами являются:

- морально и физически устаревшее электрооборудование;
- действующие воздушные линии не были рассчитаны на резко возросшее количество потребителей;
- нехватка мощности трансформаторов;
- финансовые потери энергоснабжающих компаний, вследствие хищения со стороны потребителей, по причине устаревшей системы

учета электрической энергии.

Целью работы является повышение качества электроснабжения для жителей села Мусорка Ставропольского района Самарской области, а также надежного электроснабжения всех потребителей села.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть существующую сеть электроснабжения села Мусорка;
- произвести подбор электрического оборудования;
- выполнить реконструкцию воздушных линий;
- предложить единую систему учета электроэнергии;
- рассмотреть разделы по безопасности электроустановок и выполнить экологическую экспертизу объекта;
- провести сметный расчет планируемых к внедрению решений по реконструкции электроснабжения села.

Объектом работы является электроснабжение села Мусорка.

Предметом работы является реконструкция электроснабжения села Мусорка.

1 Анализ действующей сети электрического снабжения села Мусорка

Объектом анализа электроснабжения является село Мусорка, расположенное в Ставропольском районе Самарской области. Из открытых источников известно, что по состоянию на 31.12.2020 г. на территории села проживает 1383 человека. Электрическое снабжение осуществляется от электрической подстанции, преобразующей 110 кВ в 10 кВ по трем фидерам Мус-7, Мус-8, Мус-17, также на территории села функционирует шестнадцать трансформаторных подстанций преобразующих 10 кВ в 0,4 кВ.

Постоянное увеличение количества потребителей электрической энергии, вследствие застройки села Мусорка новыми домами, а также рост количества электроприборов привели к тому, что действующая система электроснабжения села неспособна предоставлять электричество надлежащего качества. Безучетное потребление электрической энергии со стороны жителей приводит к постоянным убыткам энергоснабжающей организации и лишним нагрузкам на сеть.

Основные характеристики действующей системы электроснабжения села Мусорка представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики действующей системы электроснабжения

Наименование подстанции Мус	Год изготовления	Мощность трансформатора, кВА
1	2	3
702	1979	250
703	1980	250
704	1986	160
706	1995	250
707	2004	250
709	2002	250
713	1969	100
714	1987	100
715	1976	160
716	1982	160
717	1987	160
820	1986	63

Продолжение таблицы 1

Наименование подстанции Мус	Год изготовления	Мощность трансформатора, кВА
1701	1960	63
1704	1960	250
1706	1987	160
1707	1985	160

На всех вышеперечисленных подстанциях применяются трансформаторы ТМ-10. Немаловажным фактором является их моральный и физический износ, большая часть из них работает с 80-х годов прошлого века, вследствие чего резко возрастает риск аварий на трансформаторной подстанции и последующее нарушение электроснабжения потребителей.

Для реконструкции системы электроснабжения села Мусорка Ставропольского района необходимо выполнить следующие этапы:

- заменить старые трансформаторные подстанции на более мощные трансформаторные подстанции;
- произвести замену воздушных линий;
- использовать современное электрическое оборудование и новые технические решения.

Выводы по разделу.

В данном разделе проведен анализ действующей сети электрического снабжения села Мусорка и предложены варианты ее реконструкции.

2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок

Предлагается на примере одной трансформаторной подстанции с номером 702 выполнить расчет электрических нагрузок (по методике [14]), а результат представить в таблицах 2–5. Результаты расчетов электрических нагрузок по всем трансформаторным подстанциям сводим в таблицу А1 Приложения А.

«Расчетная активная и реактивная нагрузки питающих линий и вводов на шинах распределительных устройств РУ-0,4 кВ от электроприемников определяются по формулам (1,2).

$$P_{ТП} = P_{зд. \max} + \sum k_{vi} \cdot P_{зд. i}, \quad (1)$$

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

где $P_{зд. \max}$ – наибольшая нагрузка здания из числа зданий, питаемых по линии;

$P_{зд. i}$ – расчетная электрическая нагрузка жилых, общественных зданий и уличного освещения, определяются по [7];

k_{vi} – коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий или жилых домов, определяются по [7];

$tg\varphi$ – расчетный коэффициент реактивной мощности, определяется по таблице 4» [7,9].

Таблица 2 – Действующие электрические нагрузки села Мусорка

Общественные здания	Единица измерения	Удельная нагрузка	Расчетные коэффициенты	
УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ.				
Общеобразовательные школы:				
– с электрифицированными столовыми и спортзалами	кВт/ учащийся	0,25	0,95	0,38
– без электрифицированных столовых и спортзалами		0,17	0,92	0,43
– с буфетами без спортзалов		0,17	0,92	0,43
– без буфетов и спортзалов		0,15	0,92	0,43

Продолжение таблицы 2

Общественные здания	Единица измерения	Удельная нагрузка	Расчетные коэффициенты	
Профессионально-технические училища со столовыми	кВт/ учащийся	0,46	0,8-0,92	0,75-0,43
Детские дошкольные учреждения	кВт/ место	0,46	0,97	0,25
ПРЕДПРИЯТИЯ ТОРГОВЛИ				
Продовольственные магазины:				
– без кондиционирования воздуха;	кВт/м ²	0,23	0,82	0,7
– с кондиционированием воздуха.		0,25	0,8	0,75
Непродовольственные магазины				
– без кондиционирования воздуха;	кВт/м ²	0,14	0,92	0,43
– с кондиционирование воздуха.		0,16	0,9	0,48
УЧРЕЖДЕНИЯ КУЛЬТУРЫ И ИСКУССТВА				
Клубы	кВт/ место	0,46	0,92	0,43
ЗДАНИЯ ИЛИ ПОМЕЩЕНИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ:				
– без кондиционирования воздуха	кВт/м ²	0,043	0,9	0,48
– с кондиционированием воздуха		0,054	0,87	-,57
УЧРЕЖДЕНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЫХА				
Дома отдыха и пансионаты без кондиционирования воздуха	кВт/ место	0,36	0,92	0,43
Детские лагеря	кВт/м ²	0,023	0,92	0,43

Таблица 3 – Сведения по коэффициентам мощности

Потребитель электроэнергии	cosφ	tgφ
Квартиры с электрическими плитами	0,98	0,2
Квартиры с плитами на природном, газообразном или твердом топливе	0,96	0,29

Таблица 4 – Сведения по электрическим нагрузкам в зависимости от потребителей электрической энергии

Потребители электроэнергии	Количество квартир											
	1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	
Квартиры с плитами												
– на природном газе	4,5	2,8	2,3	2	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	
– на сниженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе	6	3,4	2,9	2,5	2,2	2	1,8	1,4	1,3	1,08	1	
– электрическими мощностью до 8,5 кВт	10	5,9	4,9	4,3	3,9	3,7	3,1	2,6	2,1	1,5	1,36	
Квартиры повышенной комфортности с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт	14	8,1	6,7	5,9	5,3	4,9	4,2	3,3	2,8	1,95	1,83	
Домики на участках садоводческих товариществ	4	2,3	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,76	0,69	0,61	0,58	
Домовые владения с плитами												
– на природном газе	11,5											
– электрическими мощностью до 10,5 кВт	14,5											

Таблица 5 – Сведения по электрическим нагрузкам в зависимости от вида помещения

Вид помещений	Жилые дома		Предприятия общественного питания		Средние учебные заведения, библиотека	Общественно-образовательные школы, профессионально-технические училища	Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	Предприятия торговли		Парикмахерские обслуживания	Детские ясли сады	Поликлиники	Предприятия коммунального обслуживания
	с электрическими плитами	с плитами на твердом или газообразном топливе	столовые	рестораны, кафе				односменные	полуполтора-сменные, двух-сменные				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Жилые дома													
– с электрическими плитами	-	0,9	0,6	0,7	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	0,4	0,7	0,7
– с плитами на твердом или газообразном топливе	0,9	-	0,6	0,7	0,5	0,3	0,4	0,5	0,8	0,7	0,4	0,6	0,5

Продолжение таблицы 5

Вид помещений	Жилые дома		Предприятия общественного питания		Средние учебные заведения, библиотека	Общеобразовательные школы, профессионально-технические училища	Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	Предприятия торговли		Парикмахерские обслуживания	Детские ясли сады	Поликлиники	Предприятия коммунального обслуживания
	с электрическими плитами	с плитами на твердом или газообразном топливе	столовые	рестораны, кафе				односменные	полутора-сменные, двух-сменные				
Предприятия общественного питания (столовые, кафе и рестораны)	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Общеобразовательные школы, средние учебные заведения, профессионально-технические училища, библиотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Предприятия торговли (односменные и полутора-двухсменные)	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Поликлиники	0,5	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Ателье и комбинаты бытового обслуживания, предприятия коммунального обслуживания	0,5	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Подстанция Мус-702 обеспечивает электроэнергией:

а) жилые дома:

- 1) двухквартирные – 19 шт.;
- 2) одноэтажные – 18 шт.;
- 3) дачные – 3 шт.;
- 4) коттеджи – 4 шт.

б) гаражи – 2 шт.;

в) продуктовый магазин – 1 шт.;

г) котельную – 1 шт.

Используя формулу (1) определим активную мощность на шинах 0,4 кВ:

$$P_{III} = 11,5 + 19 \cdot 0,9 \cdot 4,5 \cdot 2 + 18 \cdot 0,9 \cdot 4,5 + 3 \cdot 0,9 \cdot 4 + 3 \cdot 0,9 \cdot 11,5 + \\ + 5 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,8 = 287,75 \text{ кВт.}$$

Для определения реактивной мощности на шинах 0,4 кВ воспользуемся формулой (2):

$$Q_{III} = 287,15 \cdot 0,29 + 4 \cdot 0,75 + 1,6 \cdot 0,8 = 85,52 \text{ квар.}$$

Используя формулу (3) определим полную мощность на вводе:

$$S_{III} = \sqrt{P_{III}^2 + Q_{III}^2}, \quad (3)$$
$$S_{III} = \sqrt{285,75^2 + 85,52^2} = 298,27 \text{ кВА.}$$

Сведения по расчету электрических нагрузок всех ТП представлены в Приложении А.

Выводы по разделу.

В данном разделе проведены расчеты электрических нагрузок по всем трансформаторным подстанциям.

3 Подбор трансформаторов

«Правильный выбор мощности трансформаторов является одним из основных критериев надежного и качественного функционирования электрической сети.

При недостаточной номинальной мощности трансформатора электрические показатели сети у конечного потребителя будут искажаться, что неблагоприятно влияет на работу оборудования. С экономической точки зрения – не выгодно ставить трансформатор с номинальной мощностью, намного превышающей нагрузочную» [10].

«Предварительную мощность трансформаторов рассчитываем по формуле:

$$S_{TP-P} = \frac{S_{ТП}}{K_3}, \quad (4)$$

где K_3 – коэффициент загрузки, учитывая то, что все потребители относятся к 3 категории надежности, оптимальным коэффициентом загрузки является 0,9» [3].

Выполним расчет для трансформаторной подстанции Мус-702. Другие трансформаторные подстанции рассчитываются аналогичным образом. Результаты расчетов приведены в таблице 6.

$$S_{TP-P} = \frac{298,27}{0,9} = 331,4 \text{ кВА}.$$

В целях обеспечения бесперебойной работы необходимо выбрать ближайший по мощности (в большую сторону) трансформатор на 400 кВА.

В настоящее время на трансформаторной подстанции Мус-702 установлен один трансформатор мощностью 250 кВА. Основываясь на

вышеприведенных расчетах видно, что потребители не получают необходимую мощность.

Таблица 6 – Подбор мощности трансформаторов для подстанции

Наименование подстанции, Мус	Мощность трансформатора, кВА		
	старого	необходимая	нового
702	250	331,4	400
703	250	223,5	250
704	160	153,7	160
706	250	251,4	250
707	250	260,8	250
709	250	222,4	250
713	100	245,3	250
714	100	249,1	250
715	160	264,1	250
716	160	143,3	160
717	160	281,3	250
820	63	224,8	250
1701	63	221,6	250
1704	250	268,1	250
1706	160	125,3	160
1707	160	279,1	250

По данным таблицы 6 можно сделать вывод, что двенадцать ТП не обладают достаточной мощностью.

В данный момент используются два основных типа силовых трансформаторов 10/0,4 кВ, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

«К достоинствам сухих трансформаторов можно отнести:

- отсутствие необходимости в маслохозяйстве,
- малообслуживаемость,
- сравнительно меньший вес и габаритные размеры,
- не пожаро- и взрывоопасные.

Недостатки сухих трансформаторов:

- сложность в ремонте,
- требуемый контроль за условиями хранения/эксплуатации.

К достоинствам маслонаполненных трансформаторов можно отнести:

- лучшие условия охлаждения,
- большая стойкость к климатическим условиям,
- меньшая стоимость,
- большая перегрузочная способность,
- стойкость в аварийных ситуациях,
- низкое реактивное сопротивление.

Недостатки маслонаполненных трансформаторов:

- необходимость в систематическом контроле и обслуживании трансформатора,
- расходы на маслохозяйство» [15].

Для реконструкции системы электроснабжения будем использовать масляные трансформаторы.

На отечественном рынке представлены два типа масляных трансформаторов (ТМ и ТМГ), отличие которых заключается в наличии герметичного масляного бака (у второго).

«В производстве трансформаторов типа ТМГ применены технические решения, увеличивающие их надежность и снижающие эксплуатационные затраты:

- изготовление в герметичном исполнении с полным заполнением маслом, без расширителя и без воздушной или газовой подушки;
- контакт масла с окружающей средой полностью отсутствует, что исключает увлажнение, окисление и шламообразование масла;
- предотвращение окисления масла, обеспечение высокой электрической прочности изоляции трансформатора;
- не требуется проведение профилактических текущих и капитальных ремонтов в течение всего срока эксплуатации трансформатора.

Главным минусом трансформаторов с гофробаком является меньшая механическая прочность бака, что при сильном перегреве масла может приводить к деформации и в последующем поломке бака и как следствие дорогостоящему ремонту» [8].

Для оснащения новых подстанций принимаем трансформаторы данного типа, согласно требуемой номинальной мощности (таблица 7).

Таблица 7 – Сведения по оснащению новыми трансформаторами

Наименование, Мус	Трансформатор, серия ТМГ	$S_{ном}$, кВА	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{к.з.}$, кВт	$U_{кз}$, %	I_{xx} , %
702	400/10	400	0,9	5,9	4,5	1,8
703	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
704	160/10	160	0,56	3,3	4,5	2,1
706	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
707	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
709	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
713	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
714	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
715	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
716	160/10	160	0,56	3,3	4,5	2,1
717	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
820	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
1701	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
1704	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
1706	160/10	160	0,56	3,3	4,5	2,1
1707	250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9

Выводы по разделу.

В данном разделе проведен подбор трансформаторов для оснащения новых подстанций. Для реконструкции системы электроснабжения принимаем масляные трансформаторы

4 Выбор конструкции и типа исполнения комплектной трансформаторной подстанции

В данной выпускной квалификационной работе трансформаторные подстанции планируется устанавливать на улице в непосредственной близости от жилых домов и проезжих частей.

«Исполнение комплектной трансформаторной подстанции должно соответствовать следующим признакам:

- по типу применяемого трансформатора: с масляным трансформатором;
- по числу применяемых силовых трансформаторов: однитрансформаторные;
- по выполнению высоковольтного ввода: воздушный;
- по выполнению выводов РУНН: вывод вверх;
- по размещению трансформатора и оборудования внутреннее/наружное: внутри конструкции» [4,6,13,17].

Вышеприведенным требованиям может отвечать только комплексная трансформаторная станция киоскового типа серии СЭЩ-К (рисунок 1).

«На более силовой стороне трансформатор подключается к линии 10 кВ по тупиковой схеме через разъединитель и предохранители, на стороне ВН предусмотрена установка защиты от перенапряжения.

На стороне 0,4 кВ к сборным шинам присоединяется вводной автоматический выключатель. Вводы от силового трансформатора и выводы линий 0,4 кВ из шкафа РУ выполняются изолированными проводами, прокладываемыми в защитном кожухе, который монтируется на шкафу РУНН. Также на вводы шин устанавливаются трансформаторы тока для дальнейшего подключения цепей учета. Затем через автоматические выключатели к сборным шинам присоединяется необходимое количество фидеров для каждой подстанции. Линии уличного освещения также присоединяются через выключатель. Проектом предусмотрена установка

резервного автоматического выключателя на 250 А.

Для автоматического управления уличным освещением в электрических цепях фидера установлены реле и контактор. Учет электрической энергии на отходящем фидере уличного освещения будет осуществляться счетчиками прямого включения» [14].

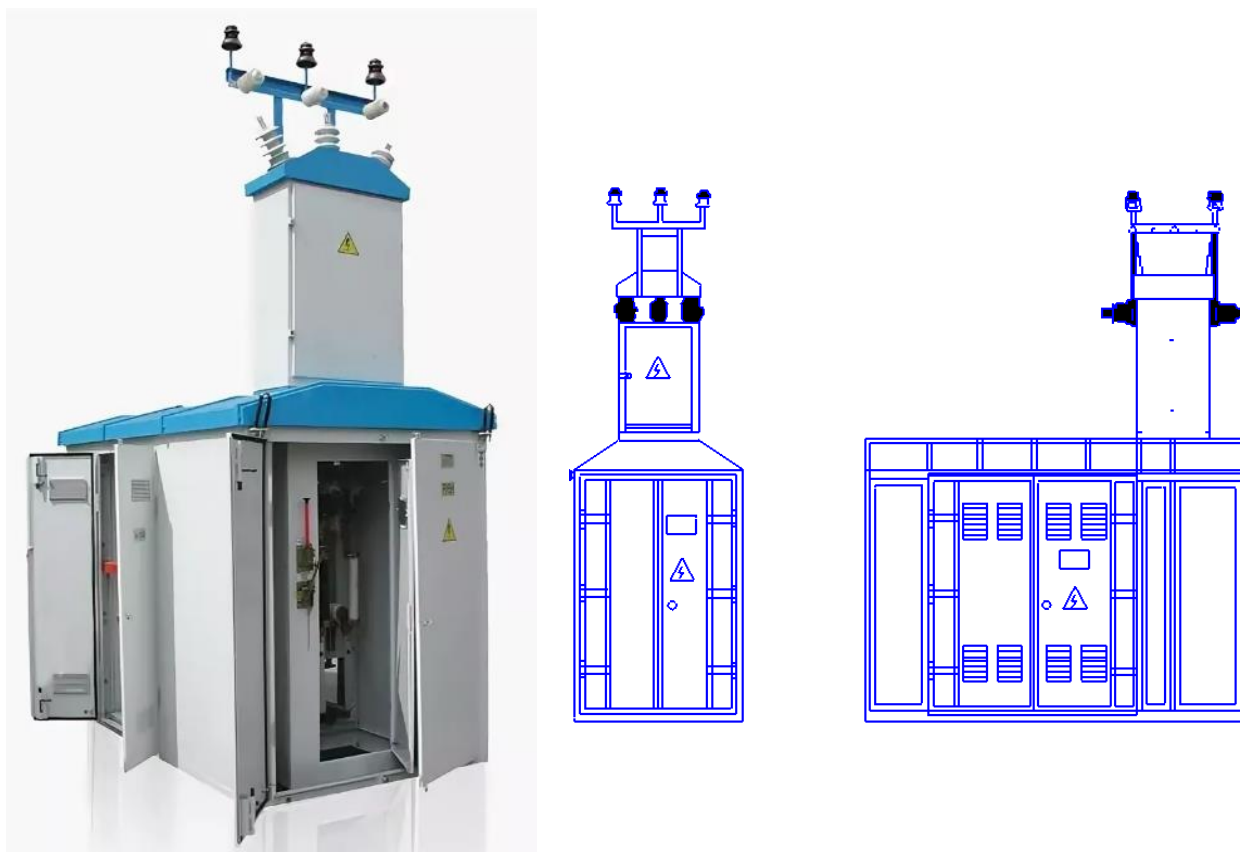


Рисунок 1 – Внешний вид трансформаторной подстанции типа киоск мощность до 250 кВА

Выводы по разделу.

В данном разделе осуществлен выбор конструкции и типа исполнения комплексной трансформаторной подстанции на основании основных технических требований.

5 Электрическое оборудование в составе комплектной трансформаторной подстанции

5.1 Подбор электрического оборудования

«Оборудование, устанавливаемое с силовой стороны (10 кВ) служит для защиты элементов комплектной трансформаторной подстанции и возможности проведения работ со снятием напряжения. Такое оборудование является стандартным и не требует точных расчетов. Достаточно руководствоваться лишь классом напряжения, климатическими условиями и возможностью установки данного типа оборудования в подстанцию» [17].

Для подстанции Мус-702 выбираем разъединитель РЛНД-1-10/200- УХЛ1 [3,10]. Технические требования по выбору приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические требования по выбору разъединителя

Параметры	Расчетные данные	Паспортные данные	Условия выбора
Номинальное напряжение, кВ	10	10	$U_{расч} \leq U_{НОМ}$
Номинальный ток, А	21,1	200	$I_{расч} \leq I_{НОМ}$
Ток электродинамической стойкости, кА	2,059	25	$i_y^3 \leq i_{дин}$
По термической стойкости, кА·с	0,47	400	$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$

Так как максимальная мощность устанавливаемых подстанций не превышает 400 кВА, то на всех подстанциях устанавливаем разъединители 1-10/200-УХЛ1. «Наиболее надежным и современным решением защиты от перенапряжения является ограничитель перенапряжения. Для защиты электрического оборудования от атмосферных и коммутативных факторов перенапряжения устанавливаем ограничитель перенапряжения П-ЗЭУ-6(10)-УХЛ1 на каждой фазе ввода» [10,18].

В таблице 9 представлен выбор предохранителей при перенапряжении.

Таблица 9 – Выбор предохранителей

Мощность трансформатора, кВА	Номинальный ток трансформатора, А	Номинальный ток предохранителя, А
160	9,2	20
250	14,4	40
400	23,1	50
630	36,4	50
1000	57,8	100

Для подстанции Мус-702 выбираем предохранитель ПКТ-101-10-50-УЗ [9]. Для остальных подстанций плавкие вставки выбираем согласно номинальной мощности трансформаторной подстанции.

5.2 Подбор электрического оборудования на стороне 0,4 кВ

«Состав электрооборудования 0,4 кВ следующий: соединительные шины, автоматические выключатели, предохранители и элементы вторичных цепей. На вводе 0,4 кВ подстанции Мус-702 для защиты оборудования и возможности проведения работ на шинах 0,4 кВ устанавливаем автоматический выключатель типа ВА77-630В-340010-630А» [9].

Требования по выбору оборудования заносим в таблицу 10.

Таблица 10 – Выбор автоматических выключателей

Параметры	Расчетные данные	Паспортные данные	Условия выбора
Номинальное напряжение, кВ	0,4	0,4	$U_{расч} \leq U_{НОМ}$
Номинальный ток, А	430,18	630	$I_{расч} \leq I_{НОМ}$
Ток короткого замыкания, кА	12,35	45	$I_{кз}^{(3)} \leq I_{Пред.откл.}$
По термической стойкости, кА·с	27,9	62	$I_y \leq I_{Дин.}$
По термической стойкости, кА·с	54,7	172,8	$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$

По таким же условиям выбираем выключатели на все вводы в РУ-0,4 кВ и для каждого фидера для других подстанций. Выбранные данные сводим в таблицу 11.

Таблица 11 – Выбор автоматических выключателей вводов 0,4 кВ и каждого фидера трансформаторной подстанции

Наименование подстанции Мус	Автоматический выключатель					
	Ввод (ВА77)	Первый фидер (ВА77)	Второй фидер (ВА-77)	Третий фидер (ВА-77)	Четвертый фидер (ВА-77)	У.О. (63В)
702	630В - 340010 - 630А	250В - 340010 - 250А	250В - 340010 - 200А	-	-	340010 - 63А
703	400В - 340010 - 400А	250В - 340010 - 180А	250В - 340010 - 160А	-	-	-
704	1350В - 340010 - 1000А	400В - 340010 - 315А	400В - 340010 - 400А	250В - 340010 - 250А	-	340010 - 63А
706	630В - 340010 - 630А	250В - 340010 - 225А	250В - 340010 - 180А	400В - 340010 - 315А	250В - 340010 - 180А	340010 - 63А
707	630В - 340010 - 630А	250В - 340010 - 250А	250В - 340010 - 200А	250В - 340010 - 250А	-	340010 - 63А
709	400В - 340010 - 400А	250В - 340010 - 160А	250В - 340010 - 250А	250В - 340010 - 160А	-	340010 - 63А
713	630В - 340010 - 630А	250В - 340010 - 225А	250В - 340010 - 180А	-	-	340010 - 63А
714	630В - 340010 - 630А	250В - 340010 - 125А	250В - 340010 - 250А	-	-	-
715	400В - 340010 - 400А	125В - 340010 - 125А	250В - 340010 - 200А	-	-	-
716	630В - 340010 - 630А	250В - 340010 - 250А	250В - 340010 - 160А	-	-	340010 - 63А
717	250В - 340010 - 250А	125В - 340010 - 100А	125В - 340010 - 125А	-	-	-
820	400В - 340010 - 400А	250В - 340010 - 225А	250В - 340010 - 180А	-	-	340010 - 63А
1701	630В - 340010 - 630А	400В - 340010 - 400А	400В - 340010 - 315А	-	-	340010 - 63А
1704	630В - 340010 - 630А	250В - 340010 - 125А	250В - 340010 - 250А	-	-	-
1706	250В - 340010 - 250А	125В - 340010 - 100А	125В - 340010 - 125А	-	-	-
1707	630В - 340010 - 630А	250В - 340010 - 225А	250В - 340010 - 180А»	-	-	-

Для подстанции номер 702 принимаем трансформатор тока Т-0,66-1-0,5S-600/5 УЗ.

Требования по выбору трансформаторов представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Требования по выбору трансформаторов

Параметр	Расчетные данные	Паспортные данные	Условия выбора
Номинальное напряжение, кВ	0,4	0,4	$U_{расч} \leq U_{НОМ}$
Номинальный ток, А	430,18	600	$I_{расч} \leq I_{НОМ}$
Ток электродинамической стойкости, кА	27,9	40	$i_y^3 \leq i_{дин}$
По термической стойкости, кА*с	54,7	400	$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$

Используя такие же условия подбора, выполняем подбор трансформаторов тока для других подстанций (таблица 13).

Таблица 13 – Подбор трансформаторов тока подстанций

Наименование, Мус	Трансформатор тока, Т-0,66-1-0,5S
702	600/5 УЗ
703	400/5 УЗ
704	1000/5 УЗ
706	600/5 УЗ
707	600/5 УЗ
709	400/5 УЗ
713	600/5 УЗ
714	600/5 УЗ
715	400/5 УЗ
716	600/5 УЗ
717	300/5 УЗ
820	400/5 УЗ
1701	600/5 УЗ
1704	400/5 УЗ
1706	600/5 УЗ
1707	600/5 УЗ

Выводы по разделу.

В данном разделе проведен подбор электрического оборудования в составе комплексной трансформаторной подстанции.

6 Реконструкция воздушных линий

В настоящее время воздушные линии в селе Мусорка выполнены из алюминиевых и сталеалюминевых неизолированных проводов. В качестве мероприятия по реконструкции предлагается замена действующих воздушных линий на воздушные линии с применением самонесущих изолированных проводов [1,12].

«Воздушные линии с применением самонесущих изолированных проводов имеют следующие преимущества, по сравнению с традиционными воздушными линиями с неизолированными проводами:

- повышенная эксплуатационная надёжность работы по причине почти полного исключения основных видов механических воздействий, характерных для воздушных линий с неизолированными проводами и отсутствия коротких замыканий между проводами фаз и замыканий на землю, в том числе на нулевой провод;
- снижено влияние погодных факторов, таких как обледенение проводов, и как следствие, снижается нагрузка на провода и вибрация проводов;
- работа ВЛ в случаях повреждения опор и падения с них проводов;
- повышены электро- и пожаробезопасность при эксплуатации изолированных проводов;
- снижены материальные и трудовые затраты на ремонтно-техническое и оперативное обслуживание» [12,16].

Необходимо провести замену проводов по всей линии, а также вводы в жилые дома. Расчет будет проводиться на примере подстанции номер 702 для каждого фидера по длительно допустимому току и допустимой потере напряжения.

«Рассчитаем значение тока по формуле (5):

$$I_{расч.} = \frac{S_{расч.}}{\sqrt{3} \cdot U_{В.Н.}}, \quad (5)$$

где $S_{расч.}$ – мощность всех потребителей фидера» [11].

Для подстанции Мус-702 расчет токов выполняем по фидерам:

Для первого фидера:

$$I_{расч.} = \frac{73,85}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 106,59 \text{ А.}$$

Для второго фидера:

$$I_{расч.} = \frac{223,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 323,03 \text{ А.}$$

На втором фидере есть три отпайки, поэтому для отпаяк рассчитываем отдельно.

Для второго фидера первой отпайки:

$$I_{расч.} = \frac{223,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 323,03 \text{ А.}$$

Для второго фидера второй отпайки:

$$I_{расч.} = \frac{223,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 323,03 \text{ А.}$$

Для второго фидера третьей отпайки:

$$I_{расч.} = \frac{223,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 323,03 \text{ А.}$$

После расчета, выполняем проверку всех выбранных проводников по следующему соотношению (6) [11]

$$I_{расч.} \leq I_{доп.}, \quad (6)$$

где $I_{расч.}$ – расчетный ток нагрузки, А;

$I_{доп.}$ – предельно допустимый ток для данного сечения проводника, А.

Принимаем значения в соответствии со справочными данными [2]

- первый фидер: самонесущий изолированный провод $4 \times 25 + 1 \times 16$,
 $I_{доп.} = 130 \text{ А} > 106,59 \text{ А}$;
- второй фидер: самонесущий изолированный провод $4 \times 120 + 1 \times 25$,
 $I_{доп.} = 340 \text{ А} > 323,03 \text{ А}$;
- второй фидер первой отпайки: самонесущий изолированный провод $4 \times 25 + 1 \times 16$, $I_{доп.} = 130 \text{ А} > 53,4 \text{ А}$;
- второй фидер второй отпайки: самонесущий изолированный провод $4 \times 95 + 1 \times 16$, $I_{доп.} = 300 \text{ А} > 274,39 \text{ А}$;
- второй фидер третьей отпайки: самонесущий изолированный провод $4 \times 25 + 1 \times 16$, $I_{доп.} = 240 \text{ А} > 215,52 \text{ А}$.

Выполним проверку выбранного провода по допустимой потере напряжения, «в соответствии с условием (7):

$$\Delta U \leq (4 - 6)\%, \quad (7)$$

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_H^2 \cdot 10} \leq (4 - 6)\%, \quad (8)$$

где P – активная мощность потребителя, подключенного к кабелю;

Q – реактивная мощность потребителя, подключенного к кабелю;

U – напряжение сети;

R – активное сопротивление кабеля;

X – индуктивное сопротивление кабеля» [15].

$$R_{пр.} = R_{уд.} \cdot L, \quad (9)$$

$$X_{пр.} = X_{уд.} \cdot L, \quad (10)$$

Для первого фидера:

$$R_{пр.} = 1,2 \cdot 0,28 = 0,336 \text{ Ом},$$

$$X_{пр.} = 0,0816 \cdot 0,28 = 0,022 \text{ Ом},$$

$$\Delta U = \frac{70,9 \cdot 0,336 + 20,56 \cdot 0,041}{0,4 \cdot 10} = 4,83 < 6\% .$$

Для второго фидера:

$$R_{пр.} = 0,28 \cdot 0,07 = 0,019 \text{ Ом},$$

$$X_{пр.} = 0,0618 \cdot 0,07 = 0,0043 \text{ Ом},$$

$$\Delta U = \frac{214,85 \cdot 0,019 + 62,3 \cdot 0,0043}{0,39^2 \cdot 10} = 3,96 < 6\% .$$

Для второго фидера первой отпайки:

$$R_{пр.} = 1,2 \cdot 0,4 = 0,48 \text{ Ом},$$

$$X_{пр.} = 0,0816 \cdot 0,4 = 0,032 \text{ Ом},$$

$$\Delta U = \frac{32,25 \cdot 0,48 + 9,38 \cdot 0,032}{0,38^2 \cdot 10} = 3,2 < 6\% .$$

Для второго фидера второй отпайки:

$$R_{пр.} = 0,363 \cdot 0,57 = 0,206 \text{ Ом},$$

$$X_{пр.} = 0,0672 \cdot 0,57 = 0,038 \text{ Ом},$$

$$\Delta U = \frac{143,35 \cdot 0,206 + 41,57 \cdot 0,038}{0,38^2 \cdot 10} = 2,7 < 6\% .$$

Для второго фидера третьей отпайки:

$$R_{пр.} = 0,443 \cdot 0,87 = 0,385 \text{ Ом},$$

$$X_{пр.} = 0,0744 \cdot 0,87 = 0,064 \text{ Ом},$$

$$\Delta U = \frac{182,15 \cdot 0,385 + 52,82 \cdot 0,064}{0,38^2 \cdot 10} = 3,4 < 6\% .$$

Условие (7) выполняется, следовательно, выбор провода произведен, верно. Производим расчет и сводим данные в таблицу 14.

Таблица 14 – Выбор самонесущих изолированных проводов

Наименование, Мус	Сечение проводов по фидерам, тип самонесущий изолированный провод			
	Первый фидер	Второй фидер	Третий фидер	Четвертый фидер
702	3×25+1×35+1×16	3×120+3×120+1×25 первая отпайка: 3×25+1×35+1×16 вторая отпайка: 3×95+1×70+1×16 третья отпайка: 3×70+1×54+1×16	–	–
703	3×50+1×54+1×16	3×50+1×54+1×16 первая отпайка: 3×35+1×35+1×16 вторая отпайка: 3×50+1×50+1×16	–	–
704	3×70+1×54+1×16 первая отпайка: 3×35+1×35+1×16 вторая отпайка: 3×35+1×35+1×16	3×50+1×54+1×16	3×50+1×54+1×16 первая отпайка: 3×25+1×35+1×16 вторая отпайка: 3×25+1×35+1×16 третья отпайка: 3×50+1×50+1×16	–

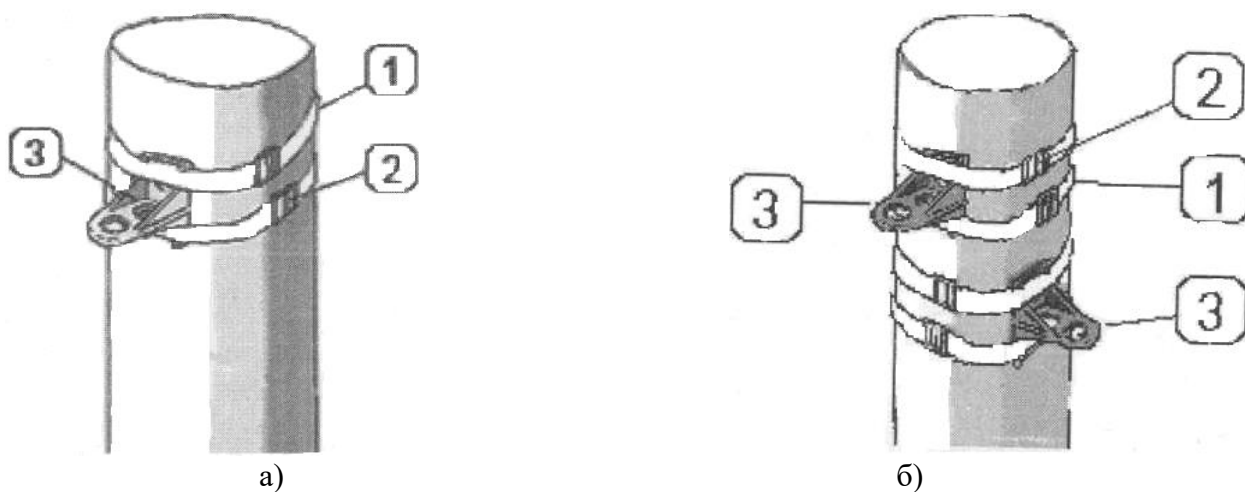
Продолжение таблицы 14

Наименование, Мус	Сечение проводов по фидерам, тип самонесущий изолированный провод			
	Первый фидер	Второй фидер	Третий фидер	Четвертый фидер
706	3×25+1×25+1×16	3×25+1×25+1×16 первая отпайка: 3×35+1×35+1×16	3×50+1×54+1×16	3×50+1×70+1×16
707	3×50+1×54+1×16	3×70+1×54+1×16	3×50+1×54+1×16	–
709	3×50+1×54+1×16	3×50+1×54+1×16	3×50+1×54+1×16	–
712	3×95+1×70+1×16	3×95+1×70+1×16 первая отпайка: 3×25+1×35+1×16 вторая отпайка: 3×25+1×35+1×16 третья отпайка: 3×50+1×50+1×16	–	–
714	3×120+1×54+1×16 первая отпайка: 3×25+1×35+1×16 вторая отпайка: 3×25+1×35+1×16	3×70+1×54+1×16	–	–
715	3×95+1×70+1×16	3×70+1×54+1×16 первая отпайка: 3×35+1×35+1×16 вторая отпайка: 3×25+1×35+1×16	–	–
716	3×95+1×70+1×16 первая отпайка: 3×50+1×50+1×16 вторая отпайка: 3×50+1×50+1×16 продолжение линии: 3×35+1×35+1×16	3×70+1×54+1×16	–	–
717	3×95+1×54+1×16	3×50+1×54+1×16	–	–
820	3×70+1×54+1×16 первая отпайка: 3×35+1×35+1	3×70+1×54+1×16 первая отпайка: 3×50+1×50+1×16 продолжение линии:3×35+1×35	–	–
1701	3×50+1×54+1×16	3×95+1×54+1×16 первая отпайка: 3×50+1×50+1×16 вторая отпайка: 3×35+1×35+1×16	–	–
1704	3×70+1×54+1×16 первая отпайка: 3×25+1×35+1×16	3×50+1×54+1×16 первая отпайка: 3×50+1×50+1×16 вторая отпайка: 3×50+1×50+1×16	–	–

Продолжение таблицы 14

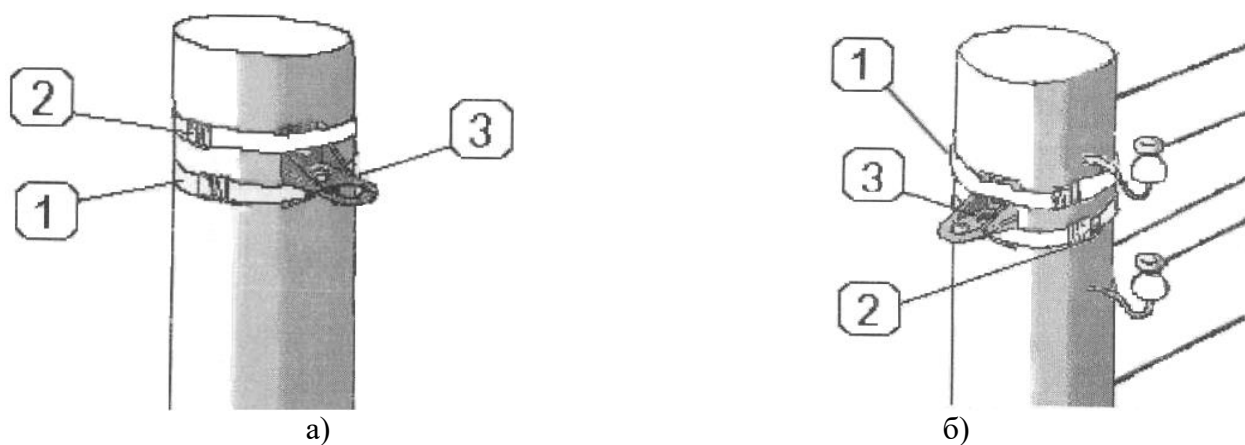
Наименование, Мус	Сечение проводов по фидерам, тип самонесущий изолированный провод			
	Первый фидер	Второй фидер	Третий фидер	Четвертый фидер
1706	3×95+1×54+1×16	–	–	–
1797	3×95+1×54+1×16 первая отпайка: 3×25+1×35+1×16	3×70+1×54+1×16	–	–

Варианты крепления самонесущих изолированных проводов к опорам показаны на рисунках 2, 3 [11, 20].



а) промежуточная опора; б) угловая опора

Рисунок 2 – Варианты крепления самонесущих изолированных проводов к промежуточной и угловой опорам



а) конечная опора; б) анкерная опора

Рисунок 3 – Варианты крепления самонесущих изолированных проводов к конечной и анкерной опорам

В заключение выполнения раздела хотелось бы отметить принцип крепления самонесущих, изолированных проводов.

Для крепления линии самонесущего изолированного провода с изолированной несущей нейтралью применяются анкерные зажимы с анкерными кронштейнами.

Крепление самонесущего изолированного провода к стене, для организации ввода в трансформаторную подстанцию, подключения потребителя или для перехода от воздушной линии к линии, закрепленной на фасаде здания, можно выполнить при помощи анкерного зажима и кронштейна.

Выводы по разделу.

Комплекс мероприятий, направленный на реконструкцию схемы электроснабжения в части замены действующих воздушных линий на воздушные линии с применением самонесущих изолированных проводов проведен в полном объеме.

7 Проверка оборудования на действие токов короткого замыкания со стороны 0,4 кВ

Проверка будет выполнена на примере трансформаторной подстанции Мус-702. Расчеты для остальных трансформаторных подстанций производятся по аналогии, результаты которых заносим в таблицу 15.

Осуществляем расчёт сопротивления элементов сети:

– трансформатор:

$$R_T = \frac{P_{кз} \cdot U_{ннн}^2}{S_H^2} \cdot 10^6, \quad (11)$$

$$R_T = \frac{5,9 \cdot 0,4^2}{400^2} \cdot 10^6 = 5,9 \text{ мОм}.$$

$$Z_T = \frac{U_k \cdot U_{ннн}^2}{S_H} \cdot 10^4, \quad (12)$$

$$Z_T = \frac{4,5 \cdot 0,4^2}{400} \cdot 10^4 = 18 \text{ мОм}.$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}, \quad (13)$$

$$X_T = \sqrt{18^2 - 5,9^2} = 17 \text{ мОм}.$$

– шинопровод:

$$R_{ш} = r_{уд} \cdot l, \quad (14)$$

$$R_{ш} = 0,03 \cdot 5 = 0,15 \text{ мОм}.$$

$$X_{ш} = X_{уд} \cdot l, \quad (15)$$

$$X_{ш} = 0,014 \cdot 5 = 0,07 \text{ мОм}.$$

– трансформаторов тока:

$$K_{TT} = \frac{600}{5} = 120,$$

$$R_{TT} = 0,35 \text{ мОм},$$

$$X_{TT} = 0,3 \text{ мОм}.$$

– автоматического выключателя ВА77-630В-340010-630А (630 А):

$$R_{AB} = 0,25 \text{ мОм},$$

$$X_{AB} = 0,1 \text{ мОм}.$$

– автоматического выключателя ВА77-250В-340010-250А (250 А):

$$R_{AB} = 0,7 \text{ мОм},$$

$$X_{AB} = 0,21 \text{ мОм}.$$

Воздушная линия с самонесущим изолированным проводом 4×120+1×25 принимаем длиной 70 м, для 4×25+1×16 – длина 400 м, для 4×95+1×16 – длина 570 м, для 4×70+1×16 – длина 870 м.

$$R_{ВЛ} = r_{уд.} \cdot l, \tag{16}$$

$$R_{ВЛ-1} = 0,019 \cdot 70 = 1 \text{ мОм},$$

$$R_{ВЛ-2} = 0,48 \cdot 400 = 192 \text{ мОм},$$

$$R_{ВЛ-3} = 0,206 \cdot 570 = 117 \text{ мОм},$$

$$R_{ВЛ-4} = 0,385 \cdot 870 = 335 \text{ мОм},$$

$$\sum R_{ВЛ} = 1 + 192 + 117 + 335 = 645 \text{ мОм}.$$

$$X_{ВЛ} = X_{уд.} \cdot l, \tag{17}$$

$$X_{ВЛ-1} = 0,0043 \cdot 70 = 0,3 \text{ мОм},$$

$$X_{ВЛ-2} = 0,0032 \cdot 400 = 1,3 \text{ мОм},$$

$$X_{BЛ.-3} = 0,0038 \cdot 570 = 2,2 \text{ мОм} ,$$

$$X_{BЛ.-4} = 0,064 \cdot 870 = 55,68 \text{ мОм} ,$$

$$\sum X_{BЛ} = 0,3 + 1,3 + 2,2 + 55,68 = 59,48 \text{ мОм} .$$

Расчет будем производить для двух точек короткого замыкания в соответствии с рисунком 4.

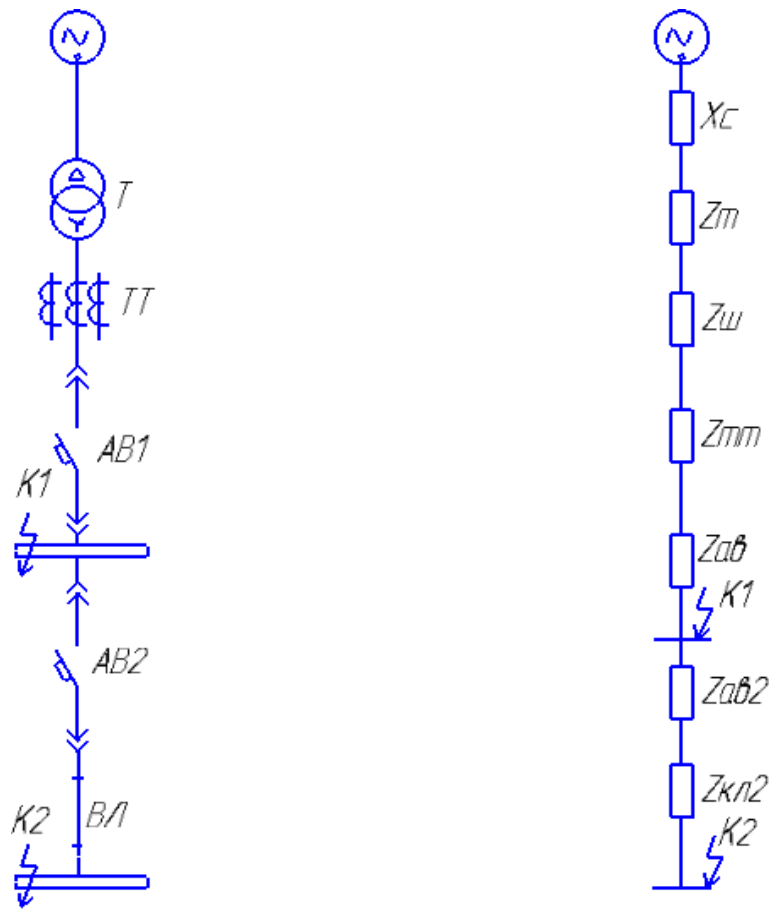


Рисунок 4 – Расчетная электрическая схема и схема замещения

Сопротивления для точки короткого замыкания-1:

$$R_{\Sigma 1} = 5,9 + 0,15 + 0,35 + 0,25 = 6,65 \text{ мОм} ,$$

$$X_{\Sigma 1} = 17 + 0,07 + 0,3 + 0,1 = 17,47 \text{ мОм} .$$

Полное сопротивление до точки короткого замыкания:

$$Z_{\Sigma^1} = \sqrt{6,65^2 + 17,47^2} = 18,69 \text{ мОм} .$$

Ток трехфазного короткого замыкания:

$$I_{K31}^{(3)} = \frac{U_{H.HH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma^1}} , \quad (18)$$

$$I_{K31}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 18,69} = 12,35 \text{ мОм} .$$

«Ударный ток короткого замыкания определяется по формуле (19):

$$i_{уд.1} = K_{уд.} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K31}^{(3)} , \quad (19)$$

где $K_{уд.}$ – ударный коэффициент, принимаем равным 1,6» [18].

$$i_{уд.1} = 1,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 12,35 = 27,9 \text{ кА} .$$

Выполним проверку автоматического выключателя серии ВА77 модели 630В-340010-630А по токам короткого замыкания:

$$i_{уд.1} < I_{Пред.откл.} , \quad (20)$$

$$i_{уд.1} = 27,9 < I_{Пред.откл.} = 32...42 .$$

По результатам сравнения условия (формулы 20) можно сделать вывод, что условие выполняется.

Находим все данные для расчета токов короткого замыкания точки 2.

$$I_{K31}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 656,89} = 0,35 \text{ мОм} ,$$

$$i_{уд.1} = 1,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,92 = 0,79 \text{ кА.}$$

Выполним проверку автоматического выключателя серии ВА77 модели 250В-340010-250А по токам короткого замыкания.

$$i_{уд.1} < I_{Пред.откл.}, \quad (21)$$

$$i_{уд.1} = 0,79 < I_{Пред.откл.} = 12...16.$$

По результатам сравнения условия (формулы 21) можно сделать вывод, что условие выполняется.

Полученные значения токов короткого замыкания для трансформаторной подстанции сводим в таблицу 15.

Таблица 15 – Токи короткого замыкания для трансформаторной подстанции

Наименование, Мус	Ток короткого замыкания		Результаты проверки
	точка 1	точка 2	
702	27,9	0,79	Условие выполняется
703	29,1	1,36	
704	25,6	2,32	
706	32,5	1,73	
707	33,8	0,94	
709	21,7	1,34	
713	26,7	0,87	
714	29,1	2,3	
715	30,6	1,21	
716	32,4	0,59	
717	23,5	1,11	
820	33,6	2,3	
1701	26,4	0,68	
702	22,9	1,83	
1704	30,1	2,15	
1706	29,9	0,99	

Как видно из таблицы 15, все условия выполняются.

Выводы по разделу.

В данном разделе выполнена проверка оборудования на действие токов короткого замыкания со стороны 0,4 кВ.

8 Система учета электрической энергии

Обеспечение учета электрической энергии на трансформаторной подстанции села Мусорка Ставропольского района предлагается через систему АСКУЭ «Меркурий-Энергоучет».

«АСКУЭ «Меркурий-Энергоучет» – предназначен для комплексной автоматизации процессов управления энергоснабжением, сбора, хранения, обработки и анализа информации, необходимой для осуществления коммерческого и технического учета электроэнергии и других энергоресурсов» [11].

На рисунке 5 показана схема размещения оборудования для организации автоматического учета электрической энергии от потребителей.

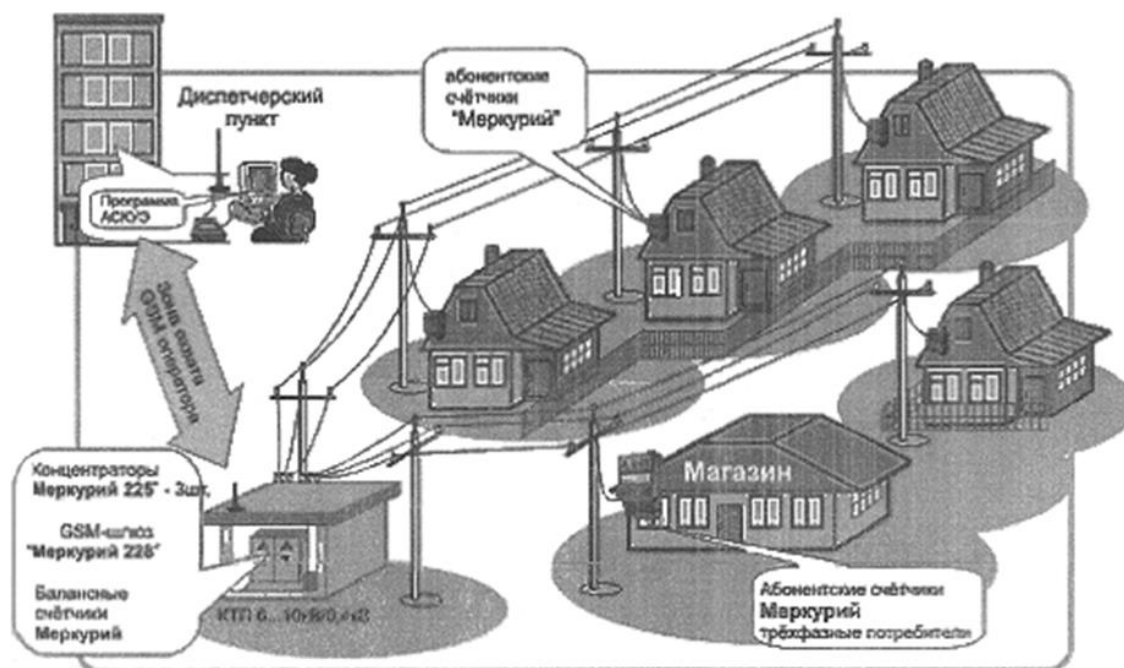


Рисунок 5 – Схема размещения оборудования для организации автоматического учета электрической энергии

Минимальный состав оборудования системы для обеспечения учета электрической энергии от потребителей, присоединённых к одной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ следующий:

- три однофазных концентратора «Меркурий 225»;

- однофазные и трёхфазные счётчики «Меркурий 200, 201, 202, 230», со встроенными PLC-модемами.

Согласно техническим требованиям для обеспечения бесперебойного сбора показаний с индивидуальных счетчиков пользователей «на каждую трансформаторную подстанцию необходимо установить три концентратора (по одной на каждую фазу).

Передача данных с каждой КТП на диспетчерский пункт осуществляется при помощи GSM-модема (рисунок 6)» [20].

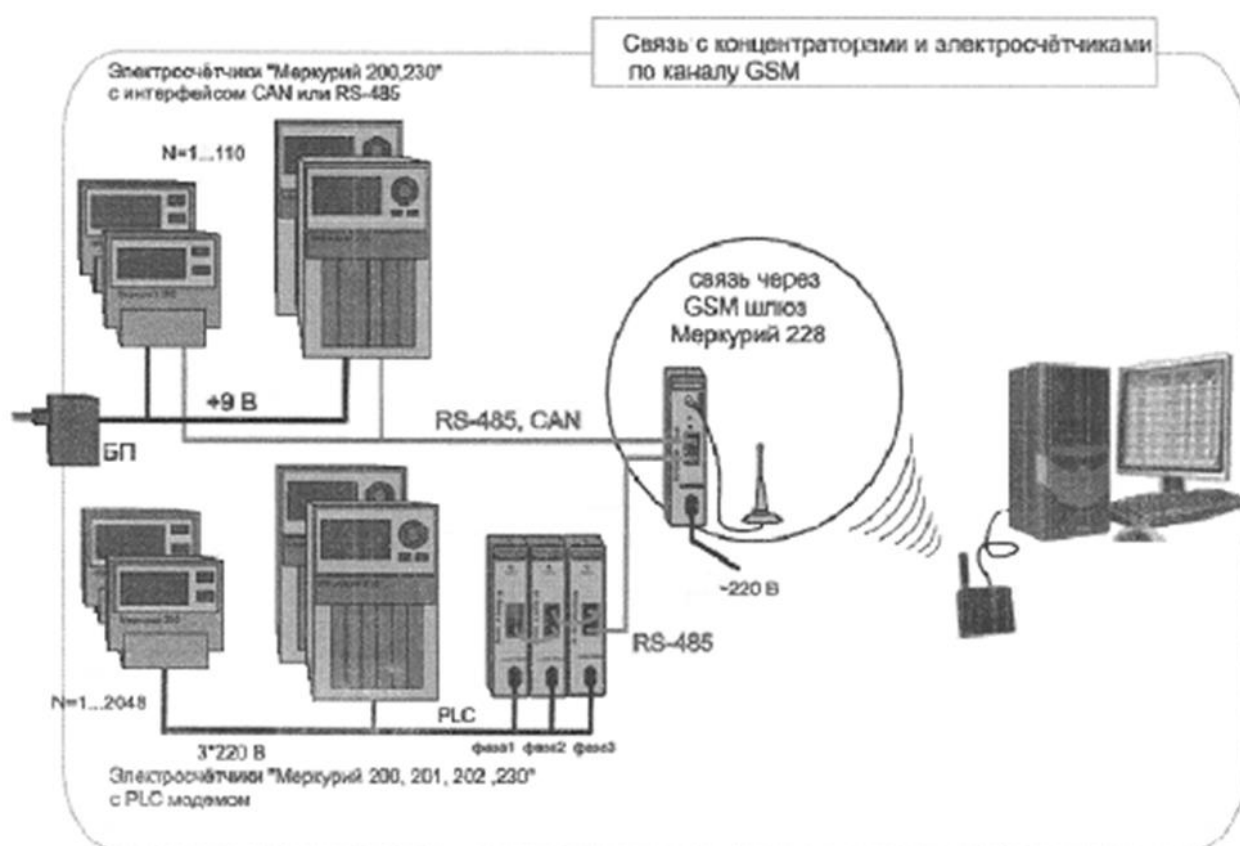


Рисунок 6 – Схема размещения оборудования

8.1 Перечень устанавливаемого оборудования

В данной работе необходимо предусмотреть наличие индивидуального счетчика электроэнергии для каждого абонента. В таблице 16 представлен перечень устанавливаемого оборудования АСКУЭ «Меркурий-Энергоучет».

Таблица 16 – Перечень устанавливаемого оборудования АСКУЭ «Меркурий-Энергоучет»

Наименование оборудования	Количество, шт.
Прибор учета: – однофазный	608
– трехфазный	104
Балансовый трехфазный прибор учета трансформаторного включения для каждой комплексной трансформаторной подстанции	13
Трехфазный прибор учета для уличного освещения	9
Концентратор	39
GSM-шлюз	13

8.2 Выполнение подготовки системы к монтажу и монтаж

Схема подключения приборов учета электроэнергии показана на рисунке 7.

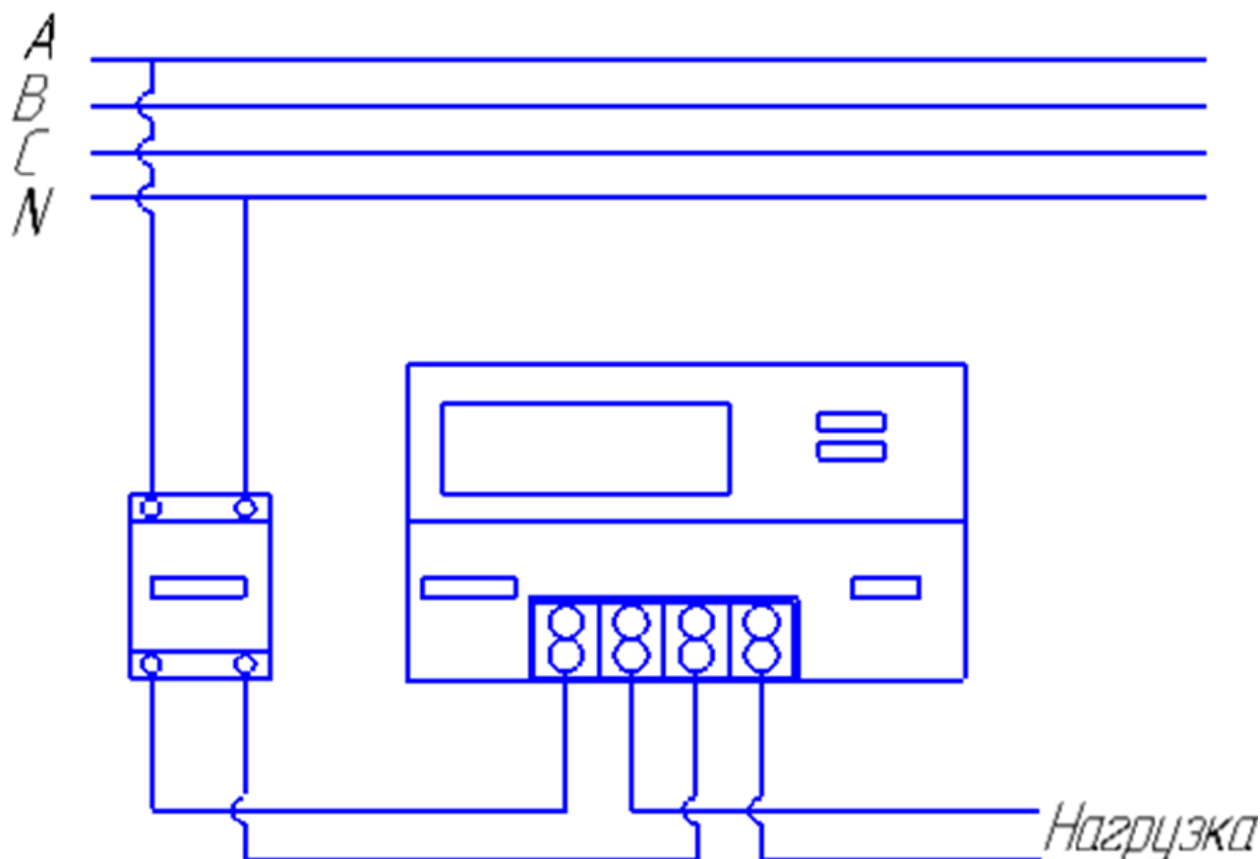


Рисунок 7 – Схема подключения прибора учета

Перед выполнением установки приборов учета для каждого счетчика необходимо задать его порядковый PLC номер. Параллельно создается база данных, в которой номера приборов учета связаны с PLC номерами. По мере установки приборов учета база будет дополняться и корректироваться.

Монтаж индивидуальных приборов учета выполняется на опорах, в дальнейшем от которых подключается абонент.

«Прибор учета вместе с вводным автоматом должен устанавливаться в шкаф учета уличного исполнения с степенью защиты IP54. Крепление шкафа учета к опоре выполняется при помощи хомутов на высоте 1,7-2 метра от земли. Ввод выполняется самонесущим изолированным проводом размером 2×16 для однофазного присоединения, либо самонесущим изолированным проводом размером 4×16 для трехфазного. Спуск ввода необходимо вынести на 20 см от опоры.

До прибора учета необходимо установить вводный автомат с амперажом, в соответствии с выкупленной мощностью (на основании договора об электроснабжении)» [20].

Выводы по разделу.

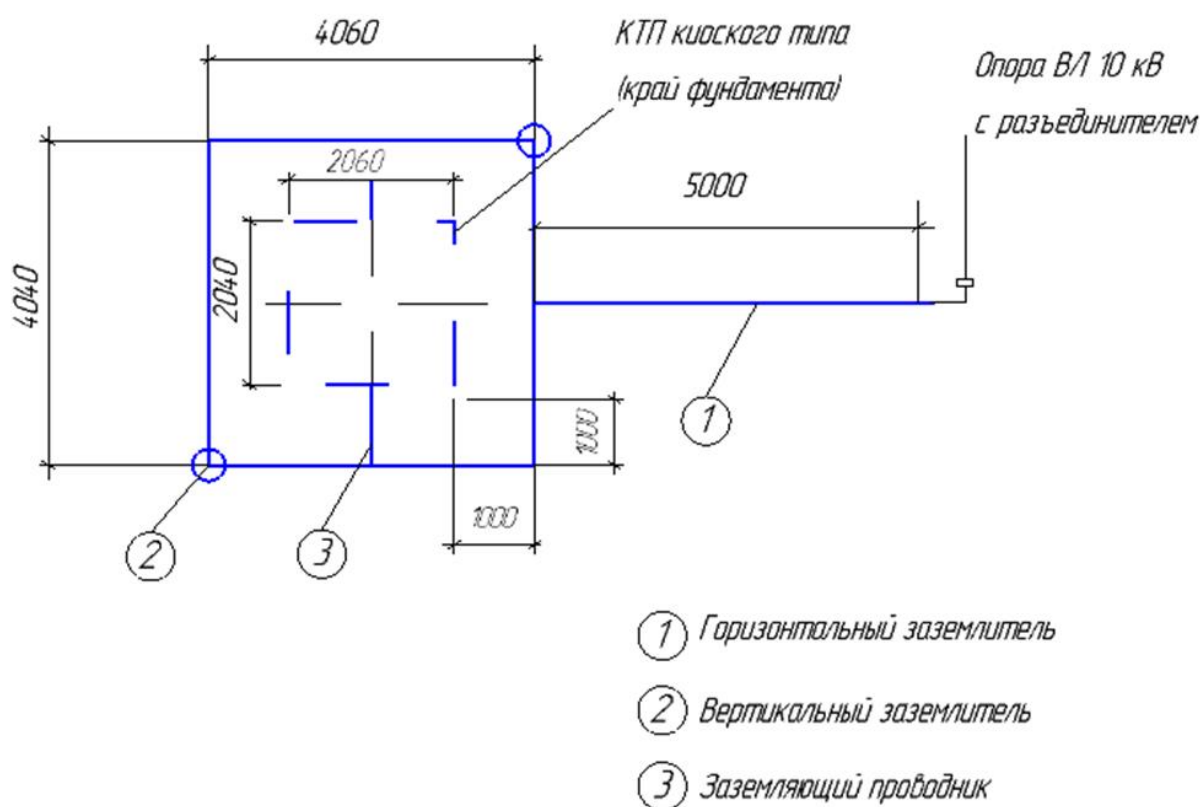
В данном разделе выбрана система учета электрической энергии в рамках реконструкции электроснабжения села Мусорка, рассмотрен перечень устанавливаемого оборудования.

9 Безопасность и экологичность работы

9.1 Расчет заземления для трансформаторной подстанции

«Металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, должны быть заземлены. Для этого применяются естественные и искусственные заземлители. Число электродов заземления определяется в зависимости от необходимого сопротивления заземляющего устройства или допустимого напряжения прикосновения» [5].

Схема подключения заземления для комплексной трансформаторной подстанции со всеми характеристиками представлена на рисунке 8.



Тип заземлителя	Номер схемы	Эквивалентное сопротивление грунта ρ_0 , Ом	Нормируемое сопротивление ЗУ, Ом	Контур ЗУ Диаметр 10 мм, м	Вертикальные заземлители диаметр 16 мм		Горизонтальные заземлители диаметр 10 мм, м	Расход стали, кг	
					К-во	длина, м		мм	мм
1	1	До 100	10	18,2	2	5,0	5	15	16

Рисунок 8 – Заземление комплексной трансформаторной подстанции

«Требования указания к заземляющему устройству:

- а) Заземляющее устройство (ЗУ) КТПК 6-10/0,4 кВ должно соответствовать требованиям ПУЭ [17] и ГОСТ 12.1.030-2001 [5];
- б) ЗУ ТП используется одновременно для распределительных устройств высшего и низшего напряжений.
- в) К ЗУ ТП должны быть присоединены [17]:
 - 1) нейтраль трансформатора на стороне напряжением до 1 кВ,
 - 2) корпус трансформатора,
 - 3) открытые проводящие части электроустановок напряжением до 1 кВ и выше,
 - 4) сторонние проводящие части;
- г) Приведенная на схеме конструкция ЗУ уточняется на стадии строительства с использованием данных измерений, выполняемых на объекте;
- д) Возможна замена приведенных на схеме вертикальных заземлителей на заземлители из угловой стали той же длины с площадью поперечного сечения не менее 100 кв. мм и толщиной стенки не менее 4 мм или на заземлители из труб той же длины 32 и толщиной стенки не менее 3,5 мм» [17].

9.2 Обеспечение пожарной безопасности электроустановок

При проведении работ по реконструкции схемы электроснабжения с. Мусорка необходимо предусмотреть применение силовых трансформаторов типа ТМГ, в котором, как говорилось ранее, масло располагается в герметичном баке, а его утечка возможна в случае механических повреждений стенок бака. Уровень изоляции комплексной трансформаторной подстанции осуществляется в строгом соответствии требованиям регламентированным ГОСТ 1516.3-96 [6]. В качестве

классификации пожароопасности трансформатор – IP34 (ГОСТ 14254-80), то есть он относится к категории «непожароопасный».

9.3 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта

При проведении экологической экспертизы выполнения работы по реконструкции схемы электроснабжения с. Мусорка можно сделать следующие выводы:

- при эксплуатации комплексных трансформаторных подстанций загрязняющие вещества не образуются;
- подключение к системе водоснабжения не требуется, следовательно, забор и сброс воды для выполнения данной работы не предусматривается;
- конструкция комплексной трансформаторной подстанции шумоизолирована, таким образом, можно сделать вывод, что объект источником шума не являются.

В заключение раздела, рассматривающего безопасность и экологичность выпускной работы, хотелось отметить, что при выполнении любых технических работ связанных с повышенным риском для здоровья, к которым относятся монтажные работы, необходимо соблюдать все требования нормативных документов (СНИП, ГОСТ и так далее).

Выводы по разделу.

В данном разделе проведен расчет заземления для трансформаторной подстанции, рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности электроустановок, проведена экологическая экспертиза выполнения работы по реконструкции схемы электроснабжения села Мусорка.

10 Сметный расчет реконструкции электроснабжения села Мусорка

При выполнении расчета стоимости проекта по реконструкции системы электроснабжения для жителей с. Мусорка полный перечень оборудования, расходных материалов представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Сметная стоимость оборудования

Наименование элемента	Единица измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб.	
			Единицы	Общая
Разъединитель	шт.	13	6,1	79,2
Комплексная трансформаторная подстанция модели СЭЦ-К в сборе:	шт.			
– 160 кВА;		3	227,8	683,4
– 250 кВА;		12	229,2	2750,3
– 400 кВА.		1	251,7	251,7
Трёхфазный масляный герметичный трансформатор на:	шт.			
– 160 кВА;		3	146,5	439,5
– 250 кВА;		12	189,4	2272,9
– 400 кВА.		1	244,5	244,5
Самонесущий изолированный провод:	км			
– 3×120+1×120+1×16;		1,2	365,4	438,4
– 3×95+1×95+1×16;		5,9	316,9	1869,9
– 3×70+1×70+1×16;		4,6	249,1	1145,8
– 3×50+1×50+1×16;		4,6	177,9	818,4
– 3×25+1×35+1×16.		2,3	127,9	294,1
Арматура для самонесущего изолированного провода	шт.	570	0,8	458,9
Система учета:	шт.			
– однофазный прибор учета;		608	2,6	1608,2
– трехфазный прибор учета;		104	5,2	538,2
– Концентраторы;		39	6,4	251,2
– GSM-шлюз;		13	11,5	149,5
– Шкаф учета;		712	1,6	1146,3
– Арматура.		1424	0,3	491,3
Расходные материалы	–	–	–	368
Итого:				16299,77

Выводы по разделу.

По результатам расчета, суммарные капиталовложения для проведения реконструкции электроснабжения с. Мусорка составят 16299,77 тыс. руб.

Заключение

Анализ существующей системы электроснабжения с. Мусорка, расположенного на территории Ставропольского района Самарской области, показал, что она не может в полной мере удовлетворить спрос на качественное, бесперебойное электроснабжение по следующим причинам:

- морально и физически устаревшее электрооборудование,
- действующие воздушные линии не были рассчитаны на резко возросшее количество потребителей,
- нехватка мощности трансформаторов,
- финансовые потери энергоснабжающих компаний, вследствие хищения со стороны потребителей, по причине устаревшей системы учета электрической энергии.

На основании этого было принято решение выполнить выпускную квалификационную работу по реконструкции системы электроснабжения.

При выполнении выпускной квалификационной работы был осуществлен анализ действующего электроснабжения села Мусорка с выявлением достоинств и недостатков для выявления путей повышением качества электроснабжения. Также был проведен расчет электрической нагрузки сети электроснабжения, выбрана конструкция, тип и исполнение комплектной трансформаторной подстанции, служащий для приема и дальнейшего преобразования в потребительскую энергию (10/0,4 кВ).

Следующим этапом был произведен подбор электрооборудования для монтажа электрической сети, рассмотрена реконструкция воздушных линий, а также вопросы учета электроэнергии.

В заключении рассмотрены вопросы безопасности схемы электроснабжения, выполнено технико-экономическое обоснование всех принимаемых решений по реконструкции электроснабжения села Мусорка.

Суммарные капиталовложения для проведения реконструкции схемы электроснабжения села Мусорка составят 16299,77 тыс. руб.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Алиев И.И. Электротехнические материалы и кабельные изделия: справочник. М.: ИП РадиоСОФТ, 2014.
- 2 АО «Камкабель». СИП [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ruscable.ru> (дата обращения 14.09.2021г.).
- 3 Вахнина В.В., Черненко А.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования. Тольятти : ТГУ, 2015.
- 4 ГОСТ 12.0.230.2-2015. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда в организациях. Оценка соответствия. Требования: введ. 2017-01-03. М.: Стандартиформ, 2016.
- 5 ГОСТ 12.1.030-2001 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление: введ. 2001-01-08. М.: Стандартиформ, 2001.
- 6 ГОСТ 1516.3-96. Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции: введ. 1997-04-08. М.: Изд-во стандартов, 2003.
- 7 Инструкция по проектированию городских электрических сетей. - РД 34.20.185-94. Гипрокоммунэнерго, РАО «ЕЭС России», Энергосетьпроект, 1994.
- 8 Каталог трансформаторов ООО «Тольяттинский трансформатор». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bktp.ru> <http://transformator.com.ru> (дата обращения 14.09.2021 г.).
- 9 Киреева Э.А. Полный справочник по электрооборудованию систем электроснабжения (с примерами расчетов) : справочное издание / Под общ. ред. С.Н. Шерстнева. М.: КНОРУС, 2017.
- 10 Киреева Э.А. Электрооборудование электрических станции и подстанций. М.: КНОРУС, 2017.
- 11 Колюхова Е.А. Электроснабжение : учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2014.

12 Линейная арматура СИП 0,4 кВ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.skkk-kabel/catalog/armatura.ru> (дата обращения 14.09.2021 г.).

13 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок в вопросах и ответах : учебн.- практ. пособие. М. : КНОРУС, 2012.

14 Нормативы для определения расчетных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов городской распределительной сети. М., 2000.

15 Официальный сайт АО «Самарский завод «Электрошит» [Электронный ресурс]. URL: <https://electroshield.ru> (дата обращения 14.09.2021 г.).

16 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты от 24 июля 2013 г. № 328н.

17 Правила устройств электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. с изм. и доп. М.: НЦ ЭНАС, 2009.

18 РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М.: НЦ ЭНАС, 2004.

19 Рекомендации по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-10 кВ сельскохозяйственного назначения. РУМ № 10-2002 г. АО «РОСЭП».

20 Технические требования к системам учета электрической энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eesk.ru/> (дата обращения 14.09.2021 г.).

Приложение А

Сведения по расчету электрических нагрузок всех ТП

Таблица А.1 – Сведения по расчету электрических нагрузок всех ТП

Наименование подстанции, Мус	Объекты, присоединенные к ТП	Активная мощность на шинах, кВт	Реактивная мощность на шинах, квар	Полная мощность, кВА
702	Дома: – двухквартирных – 19 шт.; – одноэтажных жилых – 18 шт.; – дачных – 3 шт.; – индивидуальных – 4 шт. Гаражи с отдельными вводами – 2 шт., магазин – 1 шт., котельная – 1 шт.	285,8	85,6	298,3
703	Дома: – индивидуальных – 6 шт.; – двухквартирных – 4 шт.; – одноэтажных жилых – 29 шт. Аптека – 1 шт.	193,3	56,0	201,2
704	Дома: – индивидуальных – 2 шт.; – одноэтажных жилых – 16 шт. Склад – 1 шт., гараж – 1 шт.	132,9	38,6	138,4
706	Дома: – одноэтажных жилых – 36 шт.; – индивидуальных – 2 шт.	217,4	63,1	226,3
707	Дома: – одноэтажных жилых – 41 шт.; – индивидуальных – 2 шт. Гаражи – 4 шт.	225,5	65,4	234,8

Продолжение таблицы А.1

Наименование подстанции, Мус	Объекты, присоединенные к ТП	Активная мощность на шинах, кВт	Реактивная мощность на шинах, квар	Полная мощность, кВА
709	Котельные – 3 шт., школа – 1 шт., газорегуляторный пункт – 1 шт., вышка связи – 1 шт., детский сад – 1 шт., сарай – 1 шт.	192,3	55,8	200,2
713	Дома: – одноэтажных жилых – 33 шт. Гаражи – 4 шт.	212,1	61,5	220,9
714	Дома: – одноэтажных жилых – 31 шт.; – индивидуальных – 2 шт. Гаражи – 3 шт.	215,4	62,5	224,3
715	Дома: – одноэтажных жилых – 47 шт.; – дачных – 4 шт. Гаражи – 3 шт.	236,9	68,7	246,7
716	Дома: – одноэтажных жилых – 30 шт.; – индивидуальных – 3 шт. Гаражи – 6 шт.	124,1	36,0	129,2
717	Дома: – одноэтажных жилых – 39 шт.; – индивидуальный – 1 шт. Почта – 1 шт.	243,2	42,7	253,2
820	Дома: – одноэтажных жилых – 28 шт.; – индивидуальных – 3 шт. Гаражи – 3 шт.	194,4	56,4	202,4
1701	Дома: – одноэтажных жилых – 30 шт.; – индивидуальный – 1 шт. Гаражи – 6 шт.	191,7	55,6	199,5
1704	Дома: – одноэтажных жилых – 45 шт.;	231,8	67,2	241,3

Продолжение таблицы А.1

Наименование подстанции, Мус	Объекты, присоединенные к ТП	Активная мощность на шинах, кВт	Реактивная мощность на шинах, квар	Полная мощность, кВА
	– индивидуальный – 1 шт. Гаражи – 3 шт.			
1706	Дома: – одноэтажных жилых – 22 шт.; – индивидуальный – 5 шт. Гаражи – 2 шт.	108,3	31,4	112,8
1707	Дома: – одноэтажных жилых – 35 шт.; – дачных – 35 шт. Гараж – 1 шт.	241,9	70,2	251,9