

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Реконструкция электроснабжения на стороне 0,4 кВ села «Мусорка» Самарской области»

Студент

И.В. Ворслав

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель

В.В. Вахнина

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Допустить к защите

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

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

_____ (личная подпись)

« ____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы, связанные с реконструкцией электроснабжения на стороне 0,4 кВ села Мусорка Самарской области.

Объект работы – село «Мусорка» Самарской области.

Предмет работы – реконструкция электроснабжения села Мусорка Самарской области.

В ВКР выполнены анализ существующей электрической сети села «Мусорка»; рассчитаны электрические нагрузки схемы электроснабжения; выбраны конструкция, тип и исполнение КТП 10/0,4 кВ; выбрано электрооборудование, устанавливаемое в электрической сети 0,4 кВ; рассмотрена реконструкция ВЛ 0,4 кВ, а также вопросы учета электроэнергии в схеме электроснабжения села Мусорка, вопросы безопасности схемы электроснабжения, выполнено технико-экономическое обоснование всех принимаемых решений по реконструкции.

Целью работы является повышение качества электроснабжения потребителей электрической энергии села Мусорка.

Задачи работы:

- 1 - определить электрические нагрузки;
- 2 - выбрать оборудование и электротехническую аппаратуру;
- 3 - реконструировать воздушные линии;
- 4 - организовать единую систему учета электроэнергии;
- 5 – выполнить технико-экономическое обоснование решений по реконструкции.

Содержание

Введение	4
1 Характеристика существующей сети электроснабжения села Мусорка	6
2 Определение ожидаемых электрических нагрузок	8
3 Выбор типа и мощности трансформаторов	17
4 Выбор конструкции и типа исполнения КТП	22
4.1 Выбор типа КТП	22
4.2 Описание схемы электрических соединений КТП	25
5 Электрооборудование, устанавливаемое в КТП	26
5.1 Выбор электрооборудования на стороне 10 кВ	26
5.1.1 Выбор разъединителей	26
5.1.2 Выбор защиты от перенапряжения	27
5.1.3 Выбор предохранителей	27
5.2 Выбор электрооборудования на стороне 0,4 кВ	28
5.2.1 Выбор автоматических выключателей	28
5.2.2 Выбор измерительных трансформаторов тока	31
6 Реконструкция воздушных линий	33
7 Проверка оборудования на действие токов К.З.	42
8 Система учета электроэнергии	47
8.1 Описание системы АИИСКУЭ «Меркурий-Энергоучет»	47
8.2 Перечень устанавливаемого оборудования АИИСКУЭ «Меркурий Энергоучет»	48
8.3 Подготовка системы к монтажу и монтаж системы	49
9 Безопасность и экологичность работы	51
9.1 Расчет заземления для КТП	51
9.2 Обеспечение пожарной безопасности электроустановок	52
9.3 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта	53
10 Сметный расчет реконструкции электроснабжения села Мусорка	54
Заключение	55
Список используемых источников	56

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 [15]. Это потребление определяется укладом жизни населения села. В современных жилых домах используется большое количество различных электроприемников, из-за чего спрос на электроэнергию постоянно растет.

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, так же нельзя оставлять без внимания факты безучетного потребления электроэнергии, что ведет к колоссальным убыткам энергосбытовых компаний. В связи с этим назрела необходимость исследования схемы электроснабжения [2].

Также следует отметить, что в большинстве сел и поселков Самарской области действующие системы электроснабжения не могут представить в полном объеме качественное электроснабжение потребителей. Это связано из-за:

- устаревшего электрооборудования,
- недостаточной мощности большинства трансформаторов,
- воздушные линии не рассчитаны на существующее потребление электроэнергии;
- морально устаревшая система учета, большие коммерческие потери электроэнергии из-за хищения со стороны потребителей.

Целью работы является повышение качества электроснабжения потребителей электрической энергии села Мусорка.

Задачи работы:

- 1 - определить электрические нагрузки;
- 2 - выбрать оборудование и электротехническую аппаратуру;
- 3 - реконструировать воздушные линии;
- 4 - организовать единую систему учета электроэнергии;
- 5 – выполнить технико-экономическое обоснование решений по реконструкции.

1 Характеристика существующей сети электроснабжения села Мусорка

Объектом электроснабжения является сельское поселение «Мусорка». По данным на декабрь 2017 г. на территории села проживает 1952 человека. Электроснабжение осуществляется от ПС 110/10 «Мусорка» по трем фидерам Мус-7, Мус-8, Мус-17. На территории села функционирует 16 ТП 10/0,4 кВ.

Из-за постоянно растущего числа электропотребителей нынешняя система электроснабжения не всегда способна предоставлять бесперебойное электропитание и электроэнергию надлежащего качества. Также из-за устаревшей системы учета электроэнергии энергосбытовая компания несет постоянные убытки от безучетного потребления электричества. И, что немаловажно, село постоянно застраивается домами, из-за чего растут нагрузки на устаревшее оборудование.

Большинство трансформаторов находится в эксплуатации с 80-х годов. Данные по трансформаторам представлены в таблице 1.1.

Из таблицы 1.1 следует, что электрооборудование системы электроснабжения физически и морально устарело. При эксплуатации устаревшего оборудования растет риск аварий на подстанции, что может привести к нарушению электроснабжения потребителей, среди которых есть и потребители I категории.

В план реконструкции системы электроснабжения села Мусорка входит:

- Замена трансформаторных подстанций.
- Замена линий.
- Установка более современного оборудования.

Таблица 1.1 – Данные по трансформаторам системы электроснабжения села Мусорка

№ п/п	Наименование подстанции	Тип установленного трансформатора	Мощность трансформатора, кВА	Год изготовления
1	Мус-702	ТМ-10	250	1979
2	Мус-703	ТМ-10	250	1980
3	Мус-704	ТМ-10	160	1986
4	Мус-706	ТМ-10	250	1995
5	Мус-707	ТМ-10	250	2004
6	Мус-709	ТМ-10	250	2002
7	Мус-713	ТМ-10	100	1969
8	Мус-714	ТМ-10	100	1987
9	Мус-715	ТМ-10	160	1976
10	Мус-716	ТМ-10	160	1982
11	Мус-717	ТМ-10	160	1987
12	Мус-820	ТМ-10	63	1986
13	Мус-1701	ТМ-10	63	1960
14	Мус-1704	ТМ-10	250	1960
15	Мус-1706	ТМ-10	160	1987
16	Мус-1707	ТМ-10	160	1985

2 Определение ожидаемых электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок выполнен по методике [1] на примере трансформаторной подстанции Мус-702 и приведен в таблицах 2.1-2.4. Результаты расчетов электрических нагрузок по всем ТП сведен в таблицу 2.5.

Расчетная активная и реактивная нагрузки питающих линий и вводов на шинах РУ-0,4 кВ от электроприемников $P_{ТП}$ и $Q_{ТП}$ определяются по формулам:

$$P_{ТП} = P_{зд. \max} + \sum k_{yi} P_{зд. i}; \quad (2.1)$$

$$Q_{ТП} = P_{ТП} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.2)$$

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 [2,3], и приведены в таблицах 2.1 и 2.2;

k_{yi} - коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий (помещений) или жилых домов (квартир и силовых электроприемников), определяются по [2,3] и приведены в таблице 2.3;

$\operatorname{tg}\varphi$ - расчетный коэффициент реактивной мощности определяется по таблице 2.4.

Таблица 2.1 – Данные по электрическим нагрузкам

№№ п.п.	Потребители электроэнергии	Количество квартир										
		1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200
1	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
2.	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
3	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
4	Домовые владения с плитами											
	- на природном газе	11,5										
	- электрическими мощностью до 10,5 кВт	14,5										

Таблица 2.2 – Данные по электрическим нагрузкам

№№ п.п.	Общественные здания	Единица измерения	Удельная нагрузка	Расчетные коэффициенты	
I	УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ.				
	Общеобразовательные школы:				
1.	- с электрифицированными столовыми и спортзалами	кВт/учащийся	0,25	0,95	0,38
2.	- без электрифицированных столовых и спортзалами	То же	0,17	0,92	0,43
3.	- с буфетами без спортзалов	”	0,17	0,92	0,43
4.	- без буфетов и спортзалов	”	0,15	0,92	0,43
5.	Профессионально-технические училища со столовыми	”	0,46	0,8-0,92	0,75-0,43
6	Детские дошкольные учреждения	кВт/ место	0,46	0,97	0,25
II	ПРЕДПРИЯТИЯ ТОРГОВЛИ				
	Продовольственные магазины:				
7.	- без кондиционирования воздуха	кВт/м ²	0,23	0,82	0,7
8.	- с кондиционированием воздуха	То же	0,25	0,8	0,75
	Непродовольственные магазины				
9.	- без кондиционирования воздуха	”	0,14	0,92	0,43
10.	- с кондиционирование воздуха	”	0,16	0,9	0,48
III	УЧРЕЖДЕНИЯ КУЛЬТУРЫ И ИСКУССТВА				
11.	Клубы	кВт/ место	0,46	0,92	0,43
IV	ЗДАНИЯ ИЛИ ПОМЕЩЕНИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ:				
12.	- без кондиционирования воздуха	кВт/м ²	0,043	0,9	0,48
13.	- с кондиционированием воздуха	То же	0,054	0,87	-,57
V	УЧРЕЖДЕНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЫХА				
14.	Дома отдыха и пансионаты без кондиционирования воздуха	кВт/ место	0,36	0,92	0,43
15.	Детские лагеря	кВт/м ²	0,023	0,92	0,43

Таблица 2.3 – Данные по электрическим нагрузкам

Вид помещений	Жилые дома		Предприятия общественного		Средние учебные заведения	Общественно-образовательные учреждения	Организации и учреждения проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	Предприятия торговли		Парикмахерские	Детские ясли-сады	Полки	Предприятия обслуживания
	с электрическими плитами	с плитами на твердом или газообразном топливе	Столовые	рестораны, кафе				1-сменные	1,5-сменные - 2-сменные				
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
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

Продолжение таблицы 2.3

Вид помещений	С электрическими плитами и	С плитам на твердом или газообразном топливе	Столовые	рестораны, кафе	Средние учебные заведения,	Общеобразовательные школы, проф. тех. училища	Организации и учреждения управления, проектные организации	Предприятия торговли 1-сменные	Предприятия торговли и 1,5-сменные - 2-сменные	Парикмахерские	Детские ясли-сады	Поликлиники	Предприятия коммунального обслуживания
Предприятия торговли (односменные и полуторасменныe)	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
Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	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
Поликлиники	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
Ателье и комбинаты бытового обслуживания, предприятия коммунального обслуживания	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

Таблица 2.4 – Данные по коэффициентам мощности

Потребитель электроэнергии	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
Квартиры с электрическими плитами	0,98	0,2
Квартиры с плитами на природном, газообразном или твердом топливе	0,96	0,29

От подстанции Мус-702 запитаны:

двухквартирные дома – 19;

одноэтажные жилые дома – 18;

дачные дома – 3;

коттеджи – 4;

гаражи – 2;

магазин – 1;

котельная - 1.

По формуле (2.1.) рассчитываем активную мощность на шинах 0,4 кВ ТП Мус-702:

$$P_{ТП} = 11,5 + 19 \cdot 0,9 \cdot 4,5 \cdot 2 + 18 \cdot 0,9 \cdot 4,5 + 3 \cdot 0,9 \cdot 4 + 3 \cdot 0,9 \cdot 11,5 + 5 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,8 = 287,75 \text{ кВт} \quad (2.3.)$$

По формуле (2.2) рассчитываем реактивную мощность на шинах 0,4 кВ ТП Мус-702:

$$Q_{ТП} = 280,15 \cdot 0,29 + 4 \cdot 0,75 + 1,6 \cdot 0,8 = 85,52 \text{ квар.} \quad (2.4)$$

Полная мощность на вводе подстанции Мус-702 определяется по формуле:

$$S_{ТП} = \sqrt{P_{ТП}^2 + Q_{ТП}^2} \quad (2.5)$$

$$S_{ТП} = \sqrt{285,75^2 + 85,52^2} = 298,27 \text{ , кВА.} \quad (2.6)$$

Таблица 2.5 – Результаты расчета электрических нагрузок по всем ТП

№ п.п.	Наименование подстанции	Перечень присоединенных объектов	$P_{ТП}$, кВт	$Q_{ТП}$, квар	$S_{ТП}$, кВА
1	Мус-702	19 двухквартирных домов 18 одноэтажных жилых домов, 3 дачных дома, 4 коттеджа, 2 гаража отдельными вводами и 1 магазин, 1	285,75	85,52	298,27
2	Мус-703	6 коттеджей, 4 двухквартирных дома, 29 одноэтажных жилых дома, аптека	193,24	55,97	201,18
3	Му с-704	2 коттеджа, 16 одноэтажных жилых дома, склад, гараж	132,84	38,52	138,31
4	Мус-706	36 одноэтажных жилых дома, 2 коттеджа	217,35	63,03	226,3
5	Мус-707	41 одноэтажный жилой дом, 4 гаража, 2 коттеджа	225,47	65,39	234,76
6	Мус-709	3 котельных, школа, ГРП, вышка связи, детский сад, сарай	192,22	55,74	200,14
7	Мус-713	33 одноэтажных жилых дома, 4 гаража	212,08	61,5	220,81
8	Мус-714	31 одноэтажный жилой дом, 2 коттеджа, 3 гаража	215,36	62,45	224,23
9	Мус-715	47 одноэтажных жилых дома, 4 дачных дома, коттедж, 3 гаража	236,89	68,69	246,64
10	Мус-716	30 одноэтажных, 3 коттеджа, 6 гаражей	124,05	35,97	129,15
11	Мус-717	39 одноэтажных жилых дома, почта, коттедж	243,12	42,7	253,13

Продолжение таблицы 2.5

№ п.п.	Наименование подстанции	Перечень присоединенных объектов	$P_{ТП}$, кВт	$Q_{ТП}$, квар	$S_{ТП}$, кВА
12	Мус-820	28 одноэтажных жилых дома, 3 коттеджа, 3 гаража	194,35	56,36	202,35
13	Мус-1701	30 одноэтажных жилых дома, 6 гаражей, коттедж	191,61	55,56	199,5
14	Мус-1704	45 одноэтажных жилых домов, коттедж, 3 гаража	231,74	67,2	241,28
15	Мус-1706	22 одноэтажных жилых дома, 5 коттеджей, 2 гаража	108,3	31,4	112,76
16	Мус-1707	35 одноэтажных жилых дома, 35 дачных домов, гараж	241,85	70,13	251,81

3 Выбор типа и мощности 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.

Предварительный расчет необходимой мощности трансформатора будем вести по суммарной расчетной мощности нагрузки $S_{ТП}$.

Так как все потребители относятся к 3 категории надежности электроснабжения к установке принимаются однострановые подстанции.

При выборе трансформаторов учитываем категорию надёжности электропотребителей. Учитывая то, что все потребители относятся к 3 категории надежности исходя из данных условий - выбираем оптимальный коэффициент загрузки $K_3=0,9$.

Предварительную мощность трансформаторов выбираем по формуле:

$$S_{ТП-Р} = \frac{S_{ТП}}{K_3}, \text{ кВА.} \quad (3.1)$$

Расчет производится для подстанции Мус-702, остальные подстанции рассчитываются аналогично. Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.1.

Выбор мощности трансформатора для подстанции Мус-702:

$$S_{ТП-Р} = \frac{298,27}{0,9} = 331,4 \text{ кВА.} \quad (3.2)$$

Выбираем ближайший больший по мощности трансформатор 400 кВА.

В данный момент на ТП Мус-702 установлен один трансформатор мощностью 250 кВА. Из приведенных расчетов можно прийти к выводу, на сегодняшний момент времени потребители не получают в полной мере необходимую мощность для каждого присоединения.

Таблица 3.1 – Выбор мощности трансформаторов ТП

№ п/п	Наименование подстанции	Необходимая мощность тр-ра, кВА	Мощность нового тр-ра, кВА	Мощность старого тр-ра, кВА
1	Мус-702	331,4	400	250
2	Мус-703	223,5	250	250
3	Мус-704	153,67	160	160
4	Мус-706	251,4	250	250
5	Мус-707	260,8	250	250
6	Мус-709	222,37	250	250
7	Мус-713	245,34	250	100
8	Мус-714	249,1	250	100
9	Мус-715	264,04	250	160
10	Мус-716	143,3	160	160
11	Мус-717	281,25	250	160
12	Мус-820	224,83	250	63
13	Мус-1701	221,6	250	63
14	Мус-1704	268,08	250	250
15	Мус-1706	125,28	160	160
16	Мус-1707	279,1	250	160

По данным таблицы 3.1 можно сделать вывод, что достаточной мощностью не обладают 8 из 16 питающих подстанций.

Другим не маловажным критерием качественной работы системы является правильный выбор типа трансформаторов. В данный момент используются 2 основных типа силовых трансформаторов 6 (10)/0,4 кВ: сухие и маслонаполненные. Каждый из типов имеет свои положительные стороны. Сравнительный анализ трансформаторов:

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.

В работе используются малогабаритные трансформаторы. Вес и размеры не являются ключевыми критериями при выборе. Характер нагрузки непостоянный - во время максимальных нагрузок возможны перегрузки

трансформаторов.

Исходя из большого количества подстанций экономически целесообразно выбрать маслonaполненные трансформаторы.

Сегодня на рынке предлагается два типа силовых масляных трансформаторов: с обычным (типа ТМ) и более современным гофробаком (типа ТМГ) .

В производстве трансформаторов типа ТМГ применены следующие 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.

Так как трансформаторы с гофробаком являются более новым, безопасным и не требующим систематических эксплуатационных затрат, то для новых подстанций выбираем трансформаторы типа ТМГ согласно требуемой номинальной мощности, данные сводим в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Данные трансформаторов

№ п/п	Наименование	Трансформатор	$S_{\text{НОМ}}$, кВА	$\Delta P_{\text{ХХ}}$, кВт	$\Delta P_{\text{К.З.}}$, кВт	$U_{\text{КЗ}}$, %	$I_{\text{ХХ}}$, %
1	Мус-702	ТМГ-400/10	400	0,9	5,9	4,5	1,8
2	Мус-703	ТМГ - 250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
3	Мус-704	ТМГ - 160/10	160	0,56	3,3	4,5	2,1
4	Мус-706	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
5	Мус-707	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
6	Мус-709	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
7	Мус-713	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
8	Мус-714	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
9	Мус-715	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
10	Мус-716	ТМГ - 160/10	160	0,56	3,3	4,5	2,1
11	Мус-717	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
12	Мус-820	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
13	Мус-1701	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
14	Мус-1704	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9
15	Мус-1706	ТМГ - 160/10	160	0,56	3,3	4,5	2,1
16	Мус-1707	ТМГ-250/10	250	0,61	4,2	4,5	1,9

4 Выбор конструкции и типа исполнения КТП

4.1 Выбор типа КТП

В данном проекте трансформаторные подстанции будут устанавливаться на улице в непосредственной близости от жилых домов и проезжих частей. Исполнение КТП должно соответствовать следующим признакам [4,5,9,10]:

- по типу применяемого трансформатора: с масляным трансформатором;
- по числу применяемых силовых трансформаторов: однострансформаторные;
- по выполнению высоковольтного ввода: воздушный;
- по выполнению выводов РУНН: вывод вверх;
- по размещению трансформатора и оборудования ВН и НН: внутри конструкции.

Всем этим признакам отвечает КТП киоскового типа.

К установке принимаем комплектные ТП типа КТП-СЭЩ-К [17].
Технические данные представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Технические данные КТП-СЭЩ-К

Наименование параметра	КТП-СЭЩ-К в габарите до 400 кВА				КТП-СЭЩ-К в габарите до 1000 кВА			
	100	160	250	400	250	400	630	1000
Мощности силового трансформатора, кВА								
Тип силового трансформатора	Масляный, сухой							
Количество трансформаторов	1							
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.3-96 с масляным трансформатором	Нормальная изоляция							
По виду оболочек и степени защиты по ГОСТ 14254-80	IP34							
Параметры РУВН								
Номинальное напряжение, кВ	6; 10							
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12							
Ток термической стойкости, кА	20							
Ток электродинамической стойкости, кА	51							
Сопротивление изоляции цепей УВН, МОм	1000							
Параметры РУНН								
Номинальное напряжение, кВ	0,4							
Ток термической стойкости, к А	10							25
Ток электродинамической стойкости, кА	20							50
Сопротивление изоляции цепей РУНН, МОм	1							

Схематичный внешний вид ТП представлен на рисунках 4.1 и 4.2.

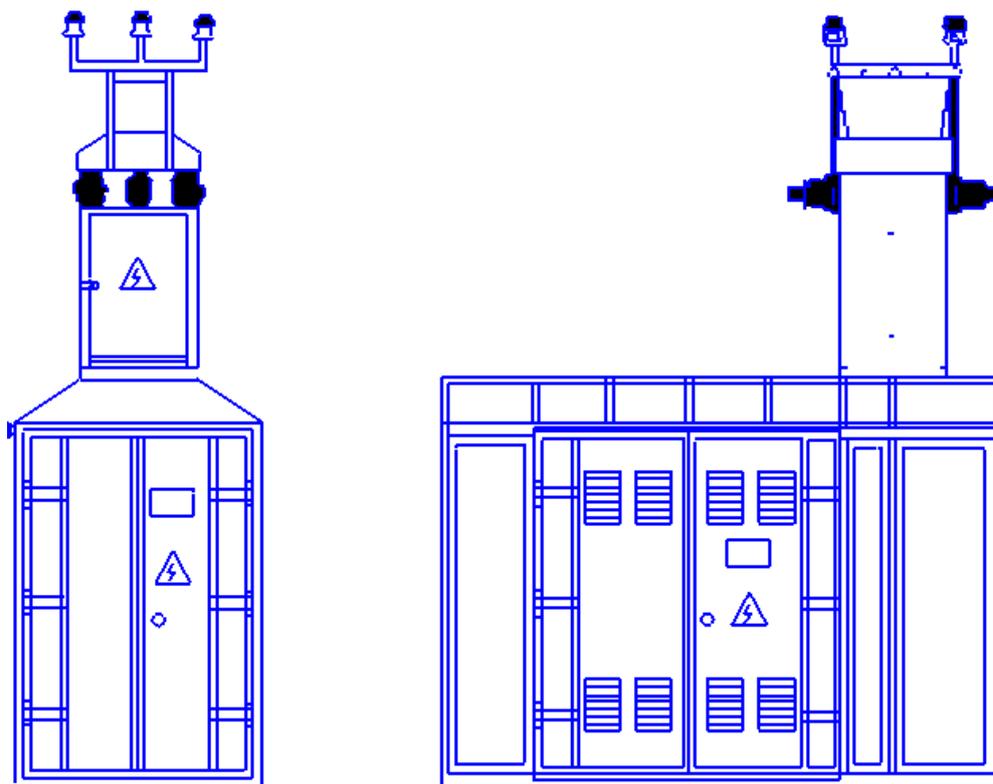


Рисунок 4.1 – Схематичный внешний вид ТП 10/0,4 кВ типа киоск
мощность до 250 кВА включительно

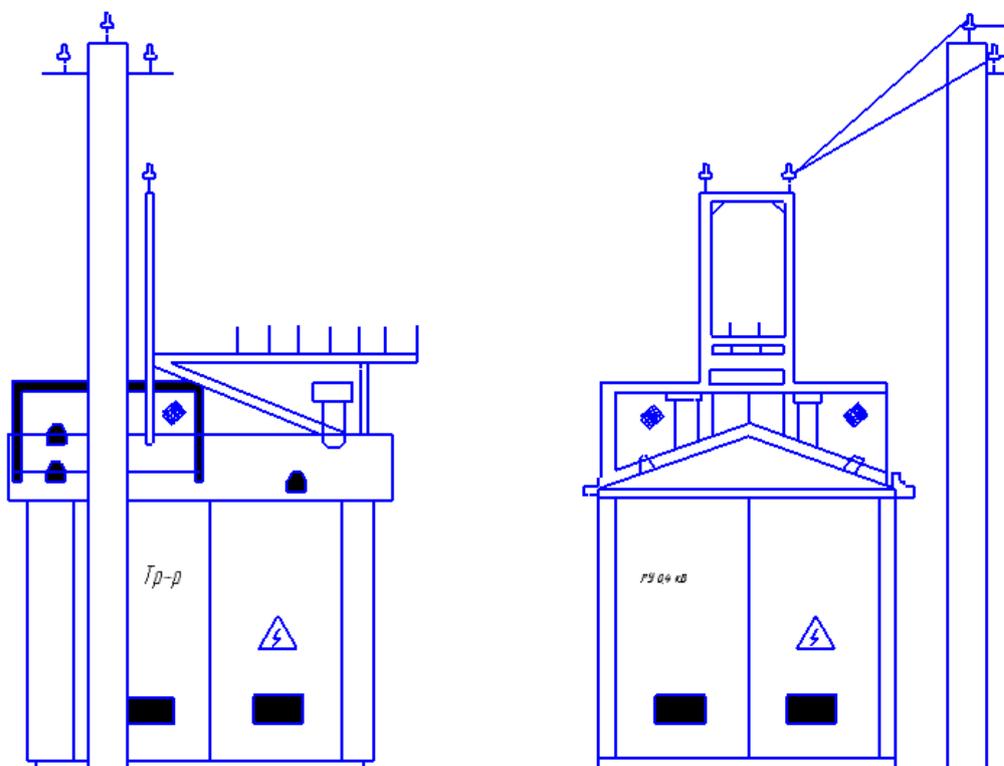


Рисунок 4.2 - Схематичный внешний вид ТП 10/0,4 кВ типа киоск
мощность до 400 кВА включительно.

4.2 Описание электрических соединений КТП

На стороне 10(6) кВ силовой трансформатор подключается к линии 10 кВ по тупиковой схеме через разъединитель и предохранители. Так же 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. Так же на ввода шин устанавливаются трансформаторы тока для дальнейшего подключения цепей учета. Далее через автоматические выключатели к сборным шинам присоединяется необходимое количество фидеров для каждой подстанции. Линии уличного освещения также присоединяются через выключатель. Также проектом предусмотрена установка резервного автоматического выключателя на 250 А.

В цепях фидера уличного освещения установлены контактор и реле для автоматического управления. Учет электроэнергии на отходящем фидере уличного освещения будет производиться счетчиками прямого включения.

5 Электрооборудование, устанавливаемое в КТП

5.1 Выбор электрооборудования на стороне 10 кВ

Оборудование, устанавливаемое на стороне 10 кВ в основном служит для:

- защиты элементов КТП;
- возможности проведения работ со снятием напряжения.

Такое оборудование является стандартными не требует точных расчетов для выбора их к установке. Достаточно руководствоваться лишь классом напряжения, климатическими условиями и возможностью установки данного типа оборудования в подстанцию

5.1.1 Выбор разъединителей

Для подстанции Мус-702 выбираем разъединитель РЛНД-1-10/200- УХ Л1 [14,16]. Условия выбора сводим в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Условия выбора разъединителя

Параметры	Расчетные данные	Паспортные данные	Условия выбора
Номинальное напряжение, кВ	$U_{расч}=10$	$U_{НОМ}=10$	$U_{расч} \leq U_{НОМ}$
Номинальный ток, А	$I_{расч}=21,1$	$I_{НОМ}=200$	$I_{расч} \leq I_{НОМ}$
Ток электродинамической стойкости, кА	$i_y^{(3)}=2,059$	$i_{дин}=25$	$i_y^{(3)} \leq I_{дин}$
По термической стойкости, кА*с	$B_k=0,47$	$I_{терм}^2 * t_{терм} = 10^2 * 4 = 400$	$B_k \leq I_{терм}^2 * t_{терм}$

Так как, максимальная мощность устанавливаемых подстанций не

превышает 400 кВА, для которой номинальный рабочий ток равен 23,1 А, то на всех остальных подстанциях так же устанавливаем разъединители РЛНД- 1-10/200-УХЛ1.

5.1.2 Выбор защиты от перенапряжения

Наиболее надежным и современным решением защиты от перенапряжения является ограничитель перенапряжения (далее ОПН).

Для защиты оборудования от коммутативных и атмосферных перенапряжения устанавливаем ограничитель перенапряжения ОПН-П-ЗЭУ-6(10)-УХЛ1 на каждой фазу ввода в ТП [13].

5.1.3 Выбор предохранителей

В таблице 5.2 приведен выбор предохранителей при напряжении 10 кВ.

Таблица 5.2 – 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 [16]. Для остальных подстанций плавкие вставки выбираем согласно номинальной мощности трансформатора подстанции.

5.2 Выбор электрооборудования на стороне 0,4 кВ

Электрооборудование 0,4 кВ в основном состоит из соединительных шин, автоматических выключателей, предохранителей и элементов вторичных цепей.

5.2.1 Выбор автоматических выключателей

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 [16]. Условия выбора сводим в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Выбор автоматических выключателей

Параметры	Расчетные данные	Паспортные данные	Условия выбора
Номинальное напряжение, кВ	$U_{\text{расч}}=0,4$	$U_{\text{НОМ}}=0,4$	$U_{\text{расч}} \leq U_{\text{НОМ}}$
Номинальный ток, А	$I_{\text{расч}}=430,18$	$I_{\text{НОМ}}=630$	$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{НОМ}}$
Ток КЗ, кА	$I_{\text{КЗ}}^{(3)}=12,35$	$I_{\text{пред. откл}}=45$	$I_{\text{КЗ}}^{(3)} \leq I_{\text{пред.откл}}$
По термической стойкости, кА*с	$i_y^{(3)}=27,9$	$i_{\text{дин}}=62$	$i_y \leq I_{\text{дин}}$
По термической стойкости, кА*с	$B_k=54,7$	$I_{\text{терм}}^2 * t_{\text{терм}}=24^2 * 0,3=172,8$	$B_k \leq I_{\text{терм}}^2 * t_{\text{терм}}$

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 5.4.

Таблица 5.4 – Выбор автоматических выключателей вводов 0,4 кВ и каждого фидера ТП

№ п.п.	Наименование подстанции	Автоматический выключатель					
		Ввод РУ-0,4 кВ	Ф-1	Ф-2	Ф-3	Ф-4	У.О.
1	Мус-702	ВА77-630В-340010-630А	ВА77-250В- 340010-250А	ВА77-250В-340010-200А	-	-	ВА77-63В-340010-63А
2	Мус-703	ВА77-400В-340010-400А	ВА77-250В- 340010-180А	ВА77-250В-340010-160А	-	-	-
3	Мус-704	ВА77-1350В-340010-1000А	ВА77-400В- 340010-315А	ВА77-400В-340010-400А	ВА77-250В-340010-250А	-	ВА77-63В-340010-63А
4	Мус-706	ВА77-630В-340010-630А	ВА77-250В- 340010-225А	ВА77-250В-340010-180А	ВА77-400В-	ВА77-250В-340010-180А	ВА77-63В-340010-63А
5	Мус-707	ВА77-630В-340010-630А	ВА77-250В-340010-250А	ВА77-250В-340010-200А	ВА77-250В-	-	ВА77-63В-340010-63А
6	Мус-709	ВА77-400В-340010-400А	ВА77-250В-340010-160А	ВА77-250В-340010-250А	ВА77-250В-340010-160А	-	ВА77-63В-340010-63А
7	Мус-713	ВА77-630В-340010-630А	ВА77-250В- 340010-225А	ВА77-250В-340010-180А	-	-	ВА77-63В-340010-63А
8	Мус-714	ВА77-630В-340010-630А	ВА77-250В- 340010-125А	ВА77-250В-340010-250А			-
9	Мус-715	ВА77-400В-340010-400А	ВА77-125В-340010-125А	ВА77-250В-340010-200А	-	-	-
10	Мус-716	ВА77-630В-340010-630А	ВА77-250В- 340010-250А	ВА77-250В-340010-160А		-	ВА77-63В-340010-63А
11	Мус-717	ВА77-250В-340010-250А	ВА77-125В-340010-100А	ВА77-125В-340010-125А	-	-	-
12	Мус-820	ВА77-400В-340010-400А	ВА77-250В- 340010-225А	ВА77-250В-340010-180А	-	-	ВА77-63В-340010-63А

Продолжение таблицы 5.4

№ п.п.	Наименование подстанции	Ввод РУ-0,4 кВ	Ф-1	Ф-2	Ф-3	Ф-4	У.О.
13	Мус-1701	BA77-630B-340010-630A	BA77-400B-340010-400A	BA77-400B-340010-315A	-	-	BA77-63B-340010-63A
14	Мус-1704	BA77-630B-340010-630A	BA77-250B-340010-125A	BA77-250B-340010-250A	-	-	-
15	Мус-1706	BA77-250B-340010-250A	BA77-125B-340010-100A	BA77-125B-340010-125A	-	-	-
16	Мус-1707	BA77-630B-340010-630A	BA77-250B-340010-225A	BA77-250B-340010-180A	-	-	-

5.2.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

К трансформаторам тока будут подключаться счетчики электроэнергии, поэтому трансформаторы тока должны иметь класс точности не ниже 0,5 [5,13].

Для подстанции Мус-702 выбираем трансформатор тока Т-0,66-1-0,5S-600/5 УЗ . Условия выбора сводим в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Условия выбора трансформаторов тока

Параметры	Расчетные данные	Паспортные данные	Условия выбора
Номинальное напряжение, кВ	$U_{расч}=0,4$	$U_{НОМ}=0,4$	$U_{расч} \leq U_{НОМ}$
Номинальный ток, А	$I_{расч}=430,18$	$I_{НОМ}=600$	$I_{расч} \leq I_{НОМ}$
Ток электродинамической стойкости, кА	$i_y^{(3)}=27,9$	$i_{дин}=40$	$i_y^{(3)} \leq I_{дин}$
По термической стойкости, кА*с	$B_k=54,7$	$I_{терм}^2 * t_{терм} = 15^2 * 0,3 = 400$	$B_k \leq I_{терм}^2 * t_{терм}$

По таким же условиям выбираем трансформаторы тока для остальных подстанций. Данные по выбору сводим в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Выбор трансформаторов тока подстанций

№ п/п	Наименование	Трансформатор тока
1	Мус-702	Т-0,66-1-0,5S-600/5 УЗ
2	Мус-703	Т-0,66-1-0,5S-400/5 УЗ
3	Мус-704	Т-0,66-1-0,5S-1000/5 УЗ
4	Мус-706	Т-0,66-1-0,5S-600/5 УЗ
5	Мус-707	Т-0,66-1-0,5S-600/5 УЗ
6	Мус-709	Т-0,66-1-0,5S-400/5 УЗ

Продолжение таблицы 5.6

№ п/п	Наименование	Трансформатор тока
7	Мус-713	T-0,66-1-0,5S-600/5 Y3
8	Мус-714	T-0,66-1-0,5S-600/5 Y3
9	Мус-715	T-0,66-1-0,5S-400/5 Y3
10	Мус-716	T-0,66-1-0,5S-600/5 Y3
11	Мус-717	T-0,66-1-0,5S-300/5 Y3
12	Мус-820	T-0,66-1-0,5S-400/5 Y3
13	Мус-1701	T-0,66-1-0,5S-600/5 Y3
14	Мус-1704	T-0,66-1-0,5S-400/5 Y3
15	Мус-1706	T-0,66-1-0,5S-600/5 Y3
16	Мус-1707	T-0,66-1-0,5S-600/5 Y3

6 Реконструкция воздушных линий

На сегодняшний день все воздушные линии в селе Мусорка выполнены из алюминиевых и сталеалюминевых неизолированных проводов. Наиболее надежным и безопасным решением является замена ВЛ на ВЛИ с проводом марки СИП (2А) [19].

По сравнению с традиционными воздушными линиями с неизолированными проводами, ВЛИ 0,4 кВ применяемые в данной работе имеют ряд следующих преимуществ [7,9,10,12]:

1. Повышена эксплуатационная надежности работы воздушных линий из-за почти полного исключения основных видов механических воздействий, характерных для ВЛ с неизолированными проводами и отсутствия коротких замыканий между проводами фаз и замыканий на землю, в том числе на нулевой провод;

2. Уменьшено образование гололедных отложений на проводах в зимнее время и, соответственно, снижена нагрузка на провода и вибрация проводов; возможности работы ВЛ в случаях повреждения опор и падения с них проводов и др.

3. Повышены электро- и пожаробезопасности при эксплуатации изолированных проводов.

4. Снижены материальные и трудовые затраты на ремонтно-техническом и оперативном обслуживании в сети ВЛИ 0,4 кВ.

Замене подлежат как провода всей линии, так и ввода в дом. Отпайки, содержащие менее 2 опор, и питающие 2 и менее домов из расчета исключаются. Для них принимается провод СИП с сечением 1 жилы 16 мм и необходимой длины в каждом случае.

Расчет будет проводиться на примере подстанции Мус-702 для каждого фидера по следующим критериям:

1. длительно допустимый ток $I_{\text{доп}}$;
2. допустимая потеря напряжения.

Рассчитываем значение тока [13]:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{В.Н.}}}, \quad (6.1.)$$

где $S_{\text{расч}}$ – мощность всех потребителей фидера.

Для ТП Мус-702 расчет токов производим по фидерам:

$$\text{Ф-1} \quad I_{\text{расч}} = \frac{73.85}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 106.59 \text{ A}; \quad (6.2.)$$

$$\text{Ф-2} \quad I_{\text{расч}} = \frac{223.8}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 323.03 \text{ A}. \quad (6.3.)$$

На 2 фидере есть три отпайки, поэтому для отпайек рассчитываем отдельно

$$\text{Ф-2 отпайка-1:} \quad I_{\text{расч}} = \frac{73.85}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 106.59 \text{ A}; \quad (6.4.)$$

$$\text{Ф-2 отпайка-2:} \quad I_{\text{расч}} = \frac{223.8}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 323.03 \text{ A}; \quad (6.5.)$$

$$\text{Ф-2 отпайка-3:} \quad I_{\text{расч}} = \frac{223.8}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 323.03 \text{ A}. \quad (6.6.)$$

Проверяем все выбранные проводники по соотношению [13]

$$I_{\text{расч.}} \leq I_{\text{доп.}} \quad (6.7.)$$

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

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

В соответствии с рекомендациями [19] выбираем:

Ф-1: СИП 4x25+1x16, $I_{\text{длит}}=130 \text{ A} > 106,59 \text{ A}$;

Ф-2: СИП 4x120+1x25, $I_{\text{длит}}=340 \text{ А} > 323,03 \text{ А}$;

Ф-2 отпайка-1: СИП 4x25+1x16, $I_{\text{длит}}=130 \text{ А} > 53,4 \text{ А}$;

Ф-2 отпайка-2: СИП 4x95+1x16, $I_{\text{длит}}=300 \text{ А} > 274,39 \text{ А}$;

Ф-2 отпайка-3: СИП 4x25+1x16, $I_{\text{длит}}=240 \text{ А} > 215,52 \text{ А}$.

Условия выполняются.

Проверяем выбранный провод по допустимой потере напряжения [15], для этого должно выполняться условие (6.8):

$$\Delta U \leq 4 - 6 \%. \quad (6.8)$$

Для каждого фидера 0,4 кВ определяем:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{н}}^2 \cdot 10} \quad (6.9)$$

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.

$$R_{\text{пр}} = R_{\text{уд}} \cdot L, \text{ Ом} \quad (6.10)$$

$$X_{\text{пр}} = X_{\text{уд}} \cdot L, \text{ Ом} \quad (6.11)$$

$$\text{Ф-1: } R_{\text{пр}} = 1.2 \cdot 0.28 = 0.336 \text{ Ом}; \quad ($$

6.12)

$$X_{\text{пр}} = 0.0816 \cdot 0.28 = 0.022 \text{ Ом}; \quad ($$

6.13)

$$\Delta U = \frac{70.9 \cdot 0.336 + 20.56 \cdot 0.041}{0.4^2 \cdot 10} = 4.83 < 6 \%. \quad ($$

6.14)

$$\Phi\text{-2:} \quad R_{\text{пр}} = 0.28 \cdot 0.07 = 0.019 \text{ Ом}; \quad ($$

6.15)

$$X_{\text{пр}} = 0.0618 \cdot 0.07 = 0.0043 \text{ Ом}; \quad ($$

6.16)

$$\Delta U = \frac{214.85 \cdot 0.019 + 62.3 \cdot 0.0043}{0.39^2 \cdot 10} = 3.96 < 6 \% \quad ($$

6.17)

$$\Phi\text{-2 отпайка 1:} \quad R_{\text{пр}} = 1.2 \cdot 0.4 = 0.48 \text{ Ом}; \quad ($$

6.18)

$$X_{\text{пр}} = 0.0816 \cdot 0.4 = 0.032 \text{ Ом}; \quad ($$

6.19)

$$\Delta U = \frac{32.35 \cdot 0.48 + 9.38 \cdot 0.032}{0.38^2 \cdot 10} = 3.2 < 6 \% \quad ($$

6.20)

$$\Phi\text{-2 отпайка 2:} \quad R_{\text{пр}} = 0.363 \cdot 0.57 = 0.206 \text{ Ом}; \quad ($$

6.21)

$$X_{\text{пр}} = 0.0672 \cdot 0.57 = 0.038 \text{ Ом}; \quad (6.22)$$

$$\Delta U = \frac{143.35 \cdot 0.206 + 41.57 \cdot 0.038}{0.38^2 \cdot 10} = 2.7 < 6 \% \quad (6.23)$$

Ф-2 отпайка 3: $R_{\text{пр}} = 0.443 \cdot 0.87 = 0.385 \text{ Ом};$

$$X_{\text{пр}} = 0. +0744 \cdot 0.87 = 0.064 \text{ Ом}; \quad (6.25)$$

$$\Delta U = \frac{182.15 \cdot 0.385 + 52.82 \cdot 0.064}{0.38^2 \cdot 10} = 3.4 < 6 \% \quad (6.26)$$

Т.к. условие (6.8) выполняется, то выбранный провод удовлетворяет условию проверки по допустимой потере напряжения.

Для остальных подстанций сводим данные в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Выбор проводов СИП

№ п.п	Наименование	Сечение проводов по фидерам, тип СИП 2			
		Ф-1	Ф-2	Ф-3	Ф-4
1	Мус-702	3x25+1x35+1 x16	3x120+3x120+1x25 отпайка-1: 3x25+1x35+1x16 отпайка-2:	-	-
2	Мус-703	3x50+1x54+1 x16	3x50+1x54+1x16 отпайка-1: 3x35+1x35+1x16	-	-

3	Мус-704	3x70+1x54+1 x16 отпайка-1: 3x35+1x35+1 x16 отпайка-2: 3x35+1x35+1 x16	3x50+1x54+1x16	3x50+1x54+1 x16 отпайка-1: 3x25+1x35+1 x16 отпайка-2: 3x25+1x35+1 x16 отпайка-3: 3x50+1x50+1 x16	-
4	Мус-706	3x25+1x25+1 x16	3x25+1x25+1x16 отпайка-1: 3x35+1x35+1x16	3x50+1x54+1 x16	3x50+1x7 0+1x 16
5	Мус-707	3x50+1x54+1 x16	3x70+1x54+1x16	3x50+1x54+1 x16	-
6	Мус-709	3x50+1x54+1 x16	3x50+1x54+1x16	3x50+1x54+1 x16	-
7	Мус-712	3x95+1x70+1 x16	3x95+1x70+1x16 отпайка-1: 3x25+1x35+1x16 отпайка-2: 3x25+1x35+1x16 отпайка-3: 3x50+1x50+1x16	-	-

Продолжение таблицы 6.1

№ п.п	Наименование	Ф-1	Ф-2	Ф-3	Ф-4
----------	--------------	-----	-----	-----	-----

8	Мус-714	3x120+1x54+ 1x1 6 отпайка-1: 3x25+1x35+1 x16 отпайка- 2: 3x25+1x35+1 x16 отпайка- 3:	3x70+1x54+1x16	-	-
9	Мус-715	3x95+1x70+1 x16	3x70+1x54+1x16 отпайка-1: 3x35+1x35+1x16 отпайка-2: 3x25+1x35+1x16	-	-
10	Мус-716	3x95+1x70+1 x16 отпайка-1: 3x50+1x50+1 x16 отпайка-2: 3x50+1x50+1 x16 продолжение линии: 3x35+1x35+1x	3x70+1x54+1x16	-	-
11	Мус-717	3x95+1x54+1x	3x50+1x54+1x16	-	-
12	Мус-820	3x70+1x54+1 x16 отпайка-1:	3x70+1x54+1x16 отпайка-1: 3x50+1x50+1x16	-	-
13	Мус-1701	3x50+1x54+1 x16	3x95+1x54+1x16 отпайка-1: 3x50+1x50+1x16 отпайка-2: 3x35+1x35+1x16	-	-

Продолжение таблицы 6.1

№ п.п	Наименование	Ф-1	Ф-2	Ф-3	Ф-4
14	Мус-1704	3x70+1x54+1 x16 отпайка-1: 3x25+1x35+1 x16	3x50+1x54+1x16 отпайка-1: 3x50+1x50+1x16 отпайка-2: 3x50+1x50+1x16	-	-
15	Мус-1706	3x95+1x54+1 x16		-	-
16	Мус-1797	3x95+1x54+1 x16 отпайка: 3x25+1x35+1	3x70+1x54+1x16	-	-

Примеры различного крепления СИП к опорам приведены на рисунках 6.1-6.4 [11,20].

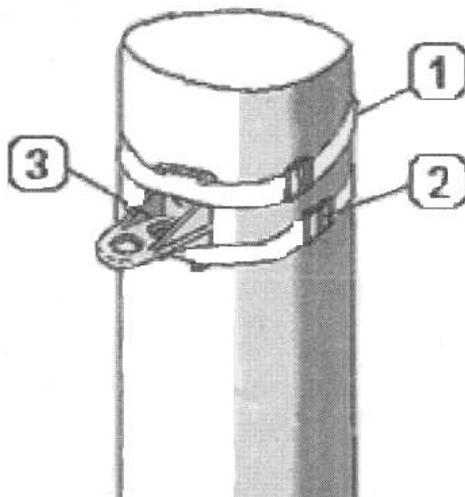


Рисунок 6.1 – Промежуточная опора

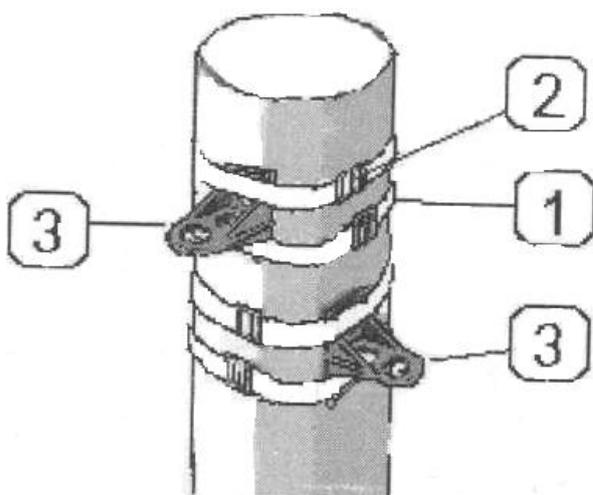


Рисунок 6.2 – Угловая опора

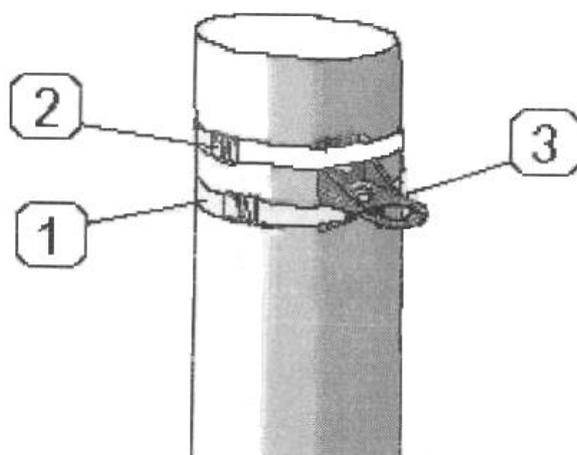


Рисунок 6.3 – Концевая опора

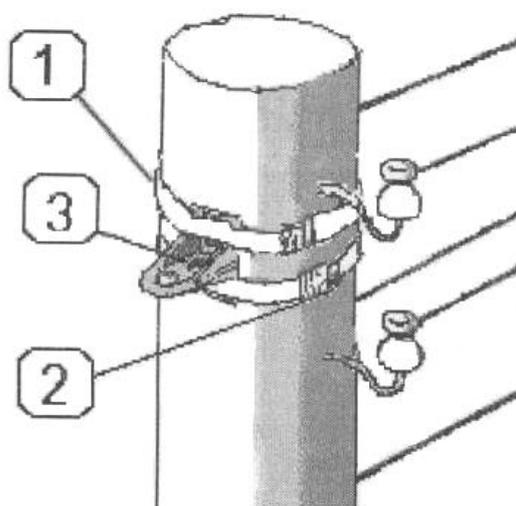


Рисунок 6.4 – Анкерная опора

Анкерные зажимы совместно с анкерными кронштейнами предназначены для конечного закрепления линии с СИП с изолированной несущей нейтралью.

Крепление СИП к стене или к фасаду здания для организации ввода в трансформаторную подстанцию, для подключения потребителя или для перехода от ВЛ к линии, закрепленной на фасаде здания, может быть реализовано с помощью анкерного зажима и одного из кронштейнов.

7 Проверка оборудования на действие токов К.З.

Выполним проверку выбранного оборудования ТП на действие токов К.З. на стороне 0,4 кВ. Проверку будем производить на примере ТП Мус-702, остальные расчеты аналогичны, результаты расчётов сводим в таблицу 7.1.

Определяем сопротивления всех элементов сети:

Трансформатор

$$R_T = \frac{P_{КЗ} \cdot U_{НН}^2}{S_H^2} \cdot 10^6 \text{ мОм} \quad (7.1)$$

$$R_T = \frac{5.9 \cdot 0.4^2}{400^2} \cdot 10^6 = 5.9 \text{ мОм} \quad (7.2)$$

$$Z_T = \frac{U_K \cdot U_{НН}^2}{S_H} \cdot 10^4 \text{ мОм} \quad (7.3)$$

$$Z_T = \frac{4.5 \cdot Z_T}{400} \cdot 10^4 = 18 \text{ мОм} \quad (7.4)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \text{ мОм} \quad (7.5)$$

$$X_T = \sqrt{18^2 - 5.9^2} = 17 \text{ мОм} \quad (7.6)$$

Шинопровод

$$R_{ш} = r_{уд} \cdot l, \text{ мОм} \quad (7.7)$$

$$R_{ш} = 0.03 \cdot 5 = 0.15 \text{ мОм} \quad (7.8)$$

$$X_{ш} = X_{уд} \cdot l, \text{ мОм} \quad (7.9)$$

$$X_{ш} = 0.014 \cdot 5 = 0.07 \text{ мОм} \quad (7.10)$$

Трансформаторы тока

$$K_{TT} = 600 \text{ 5} \quad (7.11)$$

$$R_{TT} = 0.35 \text{ мОм} \quad (7.12)$$

$$X_{TT} = 0.3 \text{ мОм} \quad (7.13)$$

Автоматический выключатель ВА77-630В-340010-630А (630 А)

$$R_{AB} = 0.25 \text{ мОм} \quad (7.14)$$

$$X_{AB} = 0.1 \text{ мОм} \quad (7.15)$$

Автоматический выключатель ВА77-250В-340010-250А (250 А)

$$R_{AB} = 0.7 \text{ мОм} \quad (7.16)$$

$$X_{AB} = 0.21 \text{ мОм} \quad (7.17)$$

Воздушная линия СИП 4x120+1x25 длина 70 м, СИП 4x25+1x16 длина 400 м, СИП 4x95+1x16 длина 570 м, СИП 4x70+1x16 длина 870м

$$R_{ВЛ} = r_{уд} \cdot l, \text{ мОм} \quad (7.18)$$

$$R_{ВЛ-1} = 0.019 \cdot 70 = 1 \text{ мОм} \quad (7.19)$$

$$R_{ВЛ-2} = 0.48 \cdot 400 = 192 \text{ мОм} \quad ($$

7.20)

$$R_{\text{ВЛ-3}} = 0.206 \cdot 570 = 117 \text{ мОм} \quad ($$

7.21)

$$R_{\text{ВЛ-4}} = 0.385 \cdot 870 = 335 \text{ мОм} \quad ($$

7.22)

$$R_{\text{ВЛ-суммарн}} = 1 + 192 + 117 + 335 = 645 \text{ мОм} \quad ($$

7.23)

$$X_{\text{Ш}} = x_{\text{уд}} \cdot l, \text{ мОм} \quad ($$

7.24)

$$X_{\text{ВЛ-1}} = 0.0043 \cdot 70 = 0.3 \text{ мОм} \quad ($$

7.25)

$$X_{\text{ВЛ-2}} = 0.0032 \cdot 400 = 1.3 \text{ мОм} \quad ($$

7.26)

$$X_{\text{ВЛ-3}} = 0.0038 \cdot 570 = 2.2 \text{ мОм} \quad ($$

7.27)

$$X_{\text{ВЛ-4}} = 0.064 \cdot 870 = 55.68 \text{ мОм} \quad ($$

7.28)

$$X_{\text{ВЛ-суммарн}} = 0.3 + 1.3 + 2.2 + 55.68 = 59.48 \text{ мОм} \quad ($$

7.29)

Расчет будем производить для двух точек К.З. как показано на рисунке 7.1.

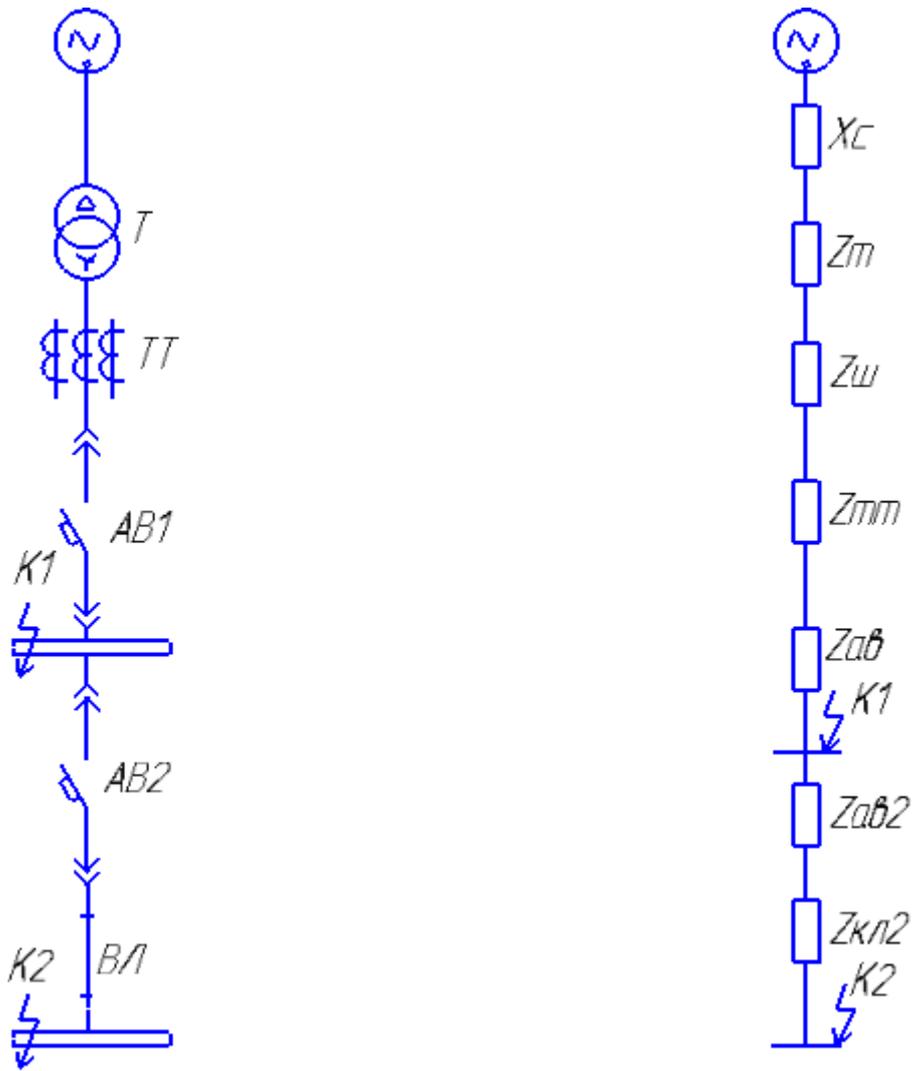


Рисунок 7.1 – Расчетная электрическая схема и схема замещения

Сопротивления для точки К1

$$R_1 = 5.9 + 0.15 + 0.35 + 0.25 = 6.65 \text{ мОм} \quad (7.30)$$

$$X_1 = 17 + 0.07 + 0.3 + 0.1 = 17.47 \text{ мОм} \quad (7.31)$$

Полное сопротивление до точки К3.

$$Z_{1} = \sqrt{6.65^2 + 17.47^2} = 18.69 \text{ мОм} \quad (7.32)$$

Ток трехфазного К.З.

$$I_{\text{КЗ}1}^{(3)} = \frac{U_{\text{ННН}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{1}}, \text{ кА} \quad (7.33)$$

$$I_{\text{КЗ}1}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 18.69} = 12.35 \text{ кА} \quad (7.34)$$

Ударный ток К.З.

$$i_{\text{уд}1} = K_{\text{уд}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{КЗ}1}^3 \text{ кА.} \quad (7.35)$$

Ударный коэффициент определяем из справочной литературы, $K_{\text{уд}}=1,6$

$$i_{\text{уд}1} = 1.6 \cdot \sqrt{2} \cdot 12.35 = 27.9 \text{ кА.} \quad (7.36)$$

Проверяем автоматический выключатель ВА77-630В-340010-630А (630А) по токам К.З.

$$i_{\text{уд}1} < I_{\text{Пред откл}}$$

$$I_{\text{пред.откл.}} = 32 \dots 42 \text{ кА.}$$

Условие выполняется.

Аналогично находим все данные для расчета токов К.З. точки 2.

$$I_{\text{кз}2}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 656.89} = 0.35 \text{ кА} \quad (7.37)$$

$$i_{\text{уд}1} = 1.6 \cdot \sqrt{2} \cdot 2.92 = 0.79 \text{ кА} \quad (7.38)$$

Проверяем автоматический выключатель ВА77-250В-340010-250А (250А) по токам К.З.

$$i_{\text{уд}1} < I_{\text{Пред откл}}$$

$$I_{\text{пред.откл.}} = 12 \dots 16 \text{ кА.}$$

Условие выполняется.

Таблица 7.1 – Токи К.З для ТП

е	Наименовани	I уд., кА.		Результаты проверки
		К1	К2	
	Мус-702	27,9	0,79	Условие выполняется
	Мус-703	29,1	1,36	Условие выполняется
	Мус-704	25,6	2,32	Условие выполняется
	Мус-706	32,5	1,73	Условие выполняется
	Мус-707	33,8	0,94	Условие выполняется
	Мус-709	21,7	1,34	Условие выполняется
	Мус-713	26,7	0,87	Условие выполняется
	Мус-714	29,1	2,3	Условие выполняется
	Мус-715	30,6	1,21	Условие выполняется
	Мус-716	32,4	0,59	Условие выполняется
	Мус-717	23,5	1,11	Условие выполняется

Мус-820	33,6	2,3	Условие выполняется
Мус-1701	26,4	0,68	Условие выполняется
Мус-702	22,9	1,83	Условие выполняется
Мус-1704	30,1	2,15	Условие выполняется
Мус-1706	29,9	0,99	Условие выполняется

8 Система учета электроэнергии

Для учета электроэнергии на ТП села Мусорка выбираем систему АИИСКУЭ «Меркурий- Энергоучет». Оборудование системы для получения учётных данных от потребителей присоединённых к одной ТП10/0,4кВ в самой минимальной комплектации состоит из трёх однофазных концентраторов «Меркурий 225», а также однофазных и трёхфазных счётчиков «Меркурий 200,201,202,230», оснащённых встроенными PLC-модемами.

Пример типовой схемы размещения оборудования представлен на рисунке 8.1.

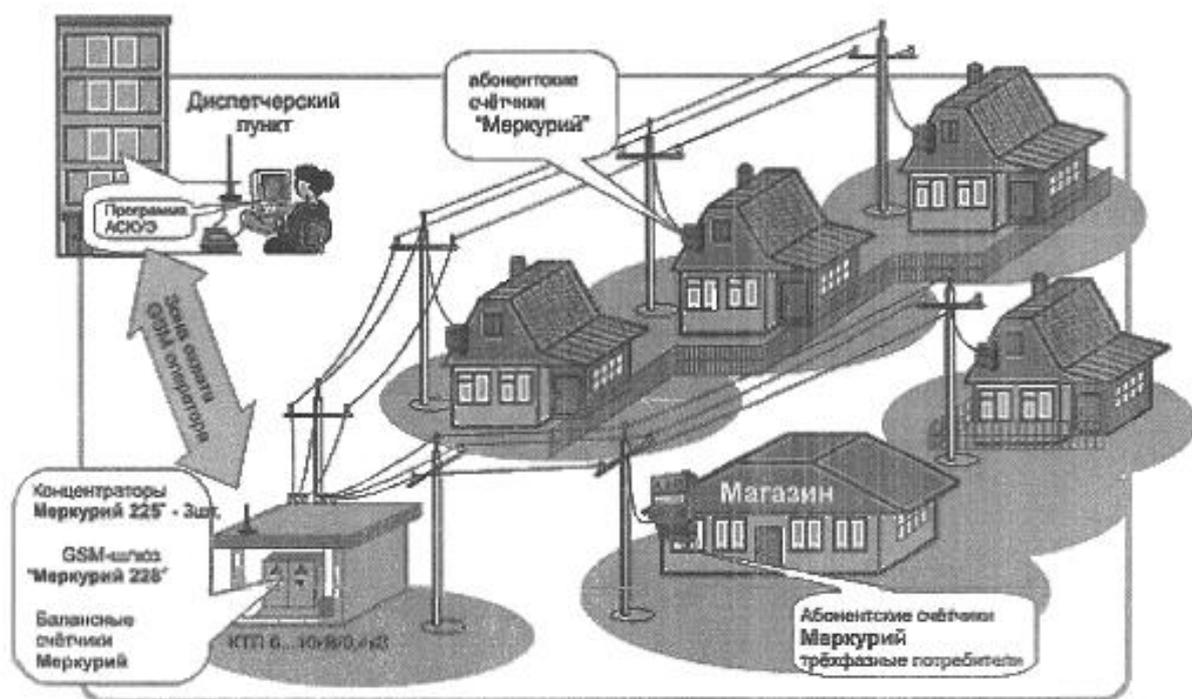


Рисунок 8.1 – Типовая схема размещения оборудования

8.1 Описание системы АИИСКУЭ «Меркурий-Энергоучет»

Для данной работы выбираем систему, работающую по PLC-I технологии. Эта система позволяет минимизировать количество необходимого оборудования для организации системы учета. Также за время службы показала себя как надежная и не дорогостоящая система.

Для сбора данных с индивидуальных и балансовых счетчиков на каждой подстанции необходимо установить 3 концентратора по 1 на каждую фазу.

Для передачи данных с каждой КТП на диспетчерский пункт необходим GSM - модем. К установке принимаем по 1 модему для каждой ТП (рисунок 8.2).

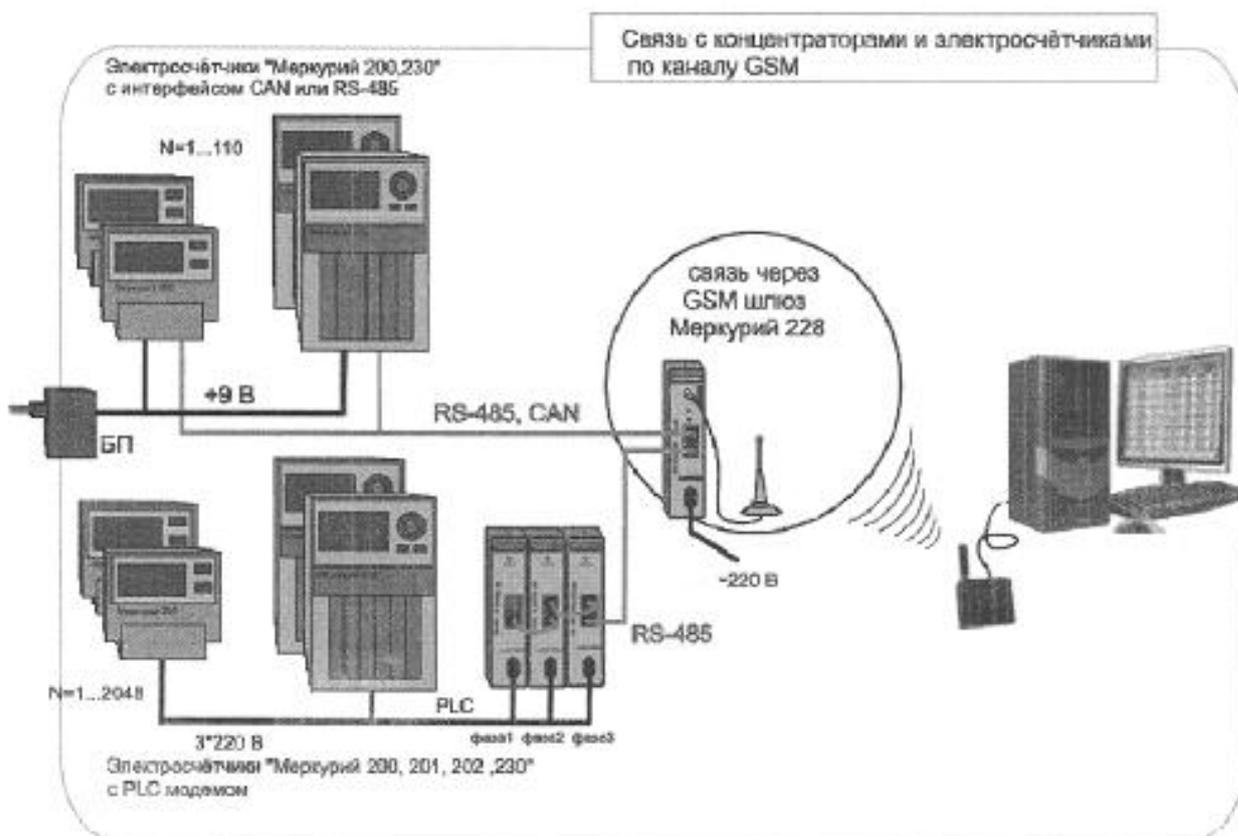


Рисунок 8.2 – Типовая схема размещения оборудования

8.2 Перечень устанавливаемого оборудования АИИСКУЭ «Меркурий-Энергоучет»

В данной работе для каждого абонента предусмотрен индивидуальный счетчик электроэнергии. Всего необходимо установить:

- 608 однофазных приборов учета типа «Меркурий 200.04»;
- 104 трехфазных приборов учета типа «Меркурий 230 ART-02 MCL»;
- 13 балансовых трехфазных приборов учета трансформаторного включения для каждой КТП типа «Меркурий 230 ART-03 (M)CLN»;

- 9 трехфазных приборов учета для уличного освещения типа «Меркурий 230 AR-02 MCL»;
- 39 концентраторов типа «Меркурий 225.1»;
- 13 GSC - модемов типа «Меркуий 228».

8.3 Подготовка системы к монтажу и монтаж системы

Перед установкой приборов учета у абонентов для каждого счетчика необходимо задать его порядковый PLC номер. Номер задается для каждого счетчика отдельно.

Так же необходимо создать базу данных с привязкой номеров приборов учета с их PLC номерами. В дальнейшем в эту базу будут внесены данные по месту установки счетчика.

Все индивидуальные приборы учета будут монтироваться на опорах, от которых подключается абонент.

До счетчика необходимо установить вводной автомат с амперажом соответствующим выкупленной мощности. Данные о разрешенной мощности берутся из договора об электроснабжении.

Принципиальная схема подключения счетчиков представлена на рисунке 8.3.

Прибор учета вместе с вводным автоматом устанавливается в шкаф учета уличного исполнения с степенью защиты IP-54.

Шкаф учета, по средства хомутов крепиться к опоре на высоте 1,7-2 метров от земли. Ввод выполняется проводом СИП 2x16 для однофазного присоединения, либо СИП 4x16 для трехфазного. Спуск ввода необходимо вынести на 20 см от опоры.

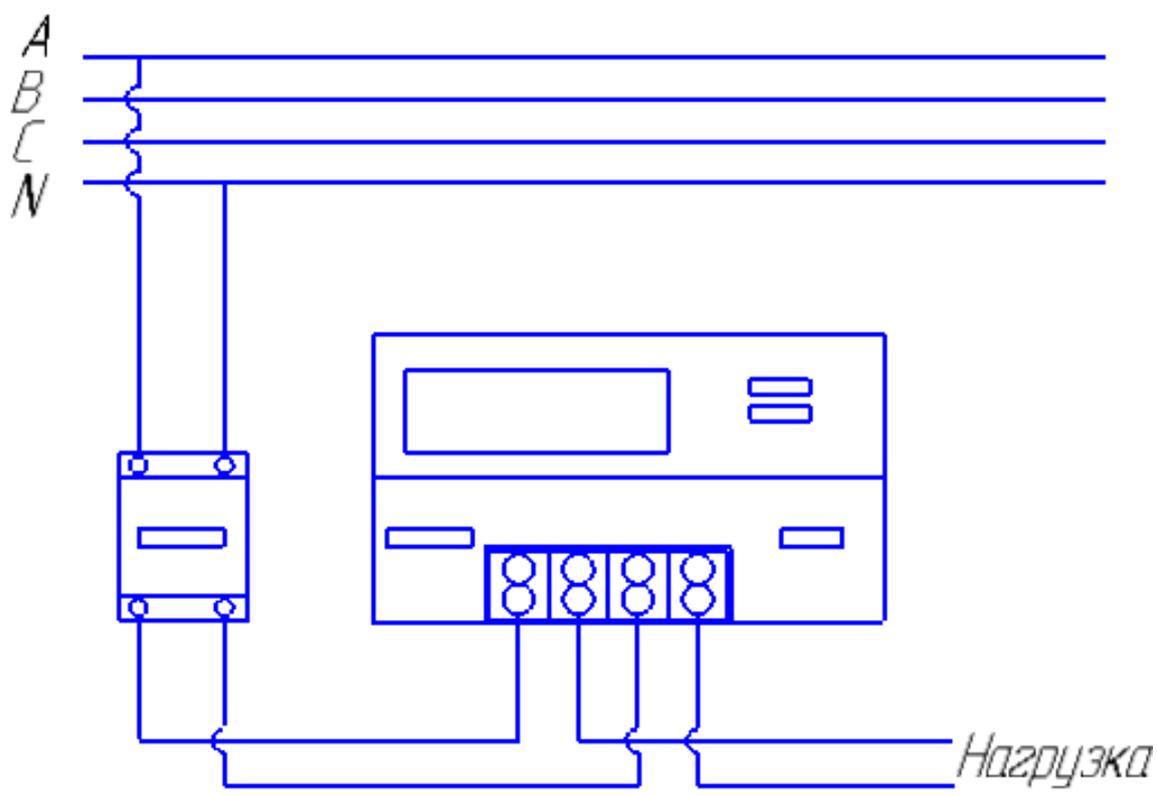


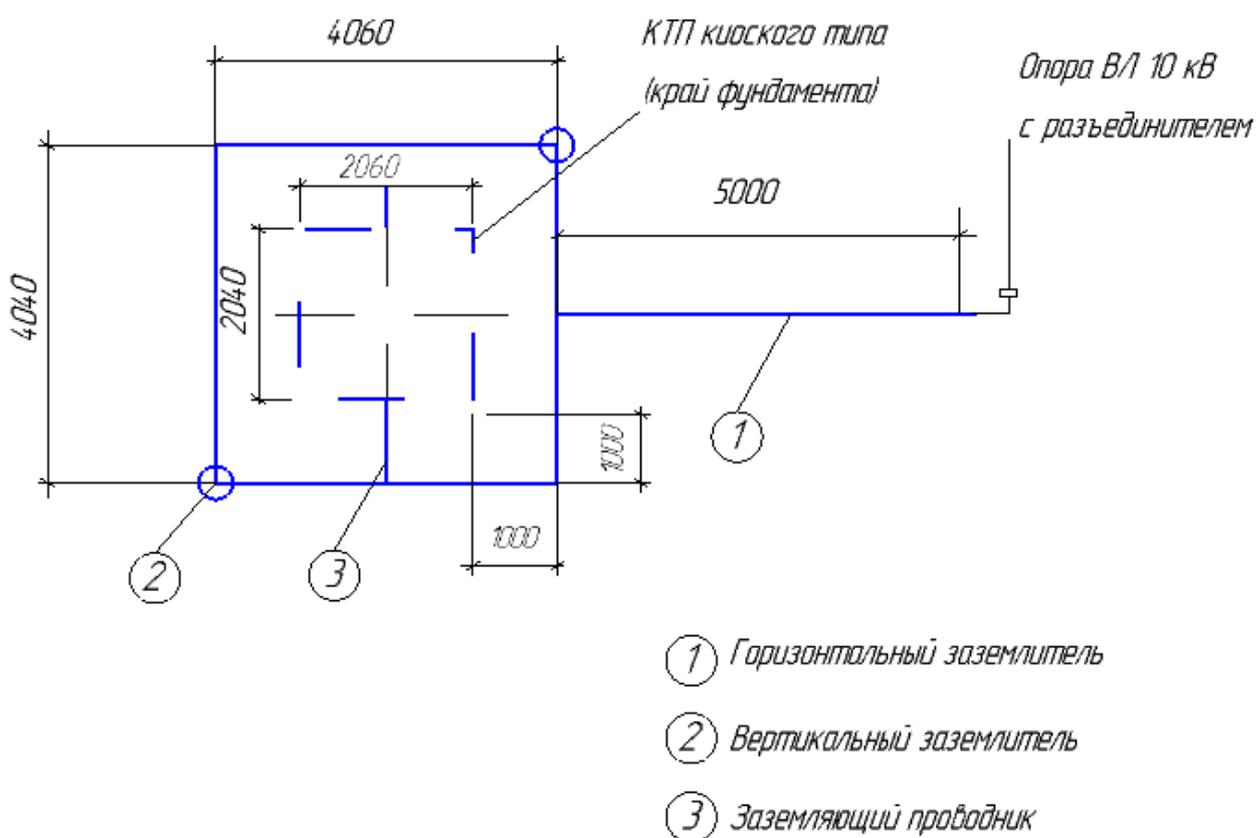
Рисунок 8.3 - Принципиальная схема подключения счетчика

9 Безопасность и экологичность работы

9.1 Расчет заземления для КТП

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, должны заземляться. Для заземления используются естественные и искусственные заземлители. В зависимости от необходимого сопротивления заземляющего устройства или допустимого напряжения прикосновения определяется число электродов.

Данные по заземлению КТП представлены на рисунке 9.1.



Тип заземлителя	Номер схемы	Эквивалентное сопротивление грунта ρ_0 , Ом	Нормируемое сопротивление ЗУ, Ом	Конту́р 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 9.1 – Заземление КТП

Требования указания к заземляющему устройству:

1. Заземляющее устройство (ЗУ) КТПК 6-10/0,4 кВ должно соответствовать требованиям ПУЭ [5] и ГОСТ 12.1.030-2001 [6].

2. ЗУ ТП используется одновременно для распределительных устройств высшего и низшего напряжений.

3. К ЗУ ТП должны быть присоединены [5]:

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.

4. Приведенная на схеме конструкция ЗУ уточняется на стадии строительства с использованием данных измерений, выполняемых на объекте.

5. 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 [5].

9.2 Обеспечение пожарной безопасности электроустановок

В данной работе применяются силовые трансформаторы с гофробаком. Масло герметизировано от окружающей среды и его утечка возможна только при повреждении стенок бака. Уровень изоляции КТП по ГОСТ 1516.3-96 является нормальной, степень защиты по ГОСТ 14254-80 IP- 34. Объект можно классифицировать как не пожароопасный.

9.3 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта

Источники выброса загрязняющих веществ в атмосферу отсутствуют.

Забор воды из поверхностного источника и сброс сточных вод в водоем проектом не предусматривается.

Вода на бытовые и хозяйственные нужды не требуется.

При эксплуатации объектов проекта отходы не образуются.

Комплектная трансформаторная подстанция имеет хорошую шумоизоляцию конструкции. Следовательно, объекты проекта источниками шума не являются

После окончания всех работ необходимо провести рекультивацию нарушенных земельных угодий, восстановить дорожные покрытия и газоны.

10 Сметный расчет реконструкции электроснабжения села Мусорка

Сметный расчет реконструкции электроснабжения села Мусорка сведен в таблицу 10.1.

Таблица 10.1 - Сметная стоимость заменяемого оборудования

№ п/п	Наименование элементов схемы	Ед. изм.	Кол.	Сметная стоимость, тыс.	
				руб.	
				Единицы	Общая
1	Разъединитель РЛНД-1-10/200-	шт.	13	5,3	68,9
2	КТП-СЭ1Ц-К в сборе: 160 кВА 250 кВА 400 кВА	шт.	3	198,104	594,312
		шт.	12	199,321	2391,852
		шт.	1	218,957	218,957
3	Трансформатор ТМГ: 160 кВА 250 кВА 400 кВА	шт.	3	127,440	382,32
		шт.	12	164,728	1976,736
		шт.	1	212,636	212,636
4	Провод СИП: 3x120+1x120+1x16 3x95+1x95+1x16 3x70+1x70+1x16 3x50+1x50+1x16 3x25+1x35+1x16	км	1,2	317,769	381,323
		км	5,84	275,626	1609,655
		км	4,57	216,626	989,98
		км	4,6	154,730	711,758
		км	2,25	111,206	250,213
5	Арматура для СИП	шт.	570	0,697	397,29
6	Система учета: ПУ 1 ф ПУ 3 ф Концентраторы GSM шлюз Шкафы учета Арматура	шт.	608	2,290	1392,32
		шт.	104	4,410	458,64
		шт.	39	5,6	218,4
		шт.	13	10	130
		шт.	712	1,35	961,2
		шт.	1424	0,23	327,52
7	Расходные материалы	-	-	-	294,21
				Итого	13968,222

Таким образом, суммарные капиталовложения в реконструкцию электроснабжения на стороне 0,4 кВ села Мусорка составят 13968,222 тыс. руб.

Заключение

В результате выполнения работы выполнена реконструкция системы электроснабжения села Мусорка. Необходимость в реконструкции возникла вследствие увеличения нагрузок на стороне 0,4 кВ и морального устаревания оборудования.

В работе:

- в соответствии с выполненным расчетом нагрузок были выбраны новые трансформаторы необходимой мощности;

- рассчитаны и выбраны электрические аппараты на сторонах 10 кВ и 0,4 кВ; выбраны новые КТП киоскового типа; все оборудование соответствует ГОСТ и пригодно для установки и использования;

- на основании произведенного расчета в соответствии с действующими нагрузками было принято решение о замене ВЛ на ВЛИ; все линии рассчитаны по допустимой потере напряжения, отклонения от норм не отмечено.

- рассчитана новая система учета электроэнергии на базе АИИСКУЭ «Меркурий-Энергоучет», которая позволяет исключить безучетное потребление электроэнергии, одновременно снимать показания с приборов учета потребителей, вести постоянный мониторинг отпуска электроэнергии.

В разделе безопасности и экологичности выполнен расчет заземления КТП, выполнена экологическая экспертиза разрабатываемого объекта.

Рассмотрен вопрос экономической эффективности проекта, произведен сметный расчет реконструкции электроснабжения села Мусорка. Суммарные капиталовложения в реконструкцию электроснабжения на стороне 0,4 кВ села Мусорка составят 13968,222 тыс. руб.

Список используемых источников

1. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. - РД 34.20.185-94. Гипрокоммунэнерго, РАО «ЕЭС России», Энергосетьпроект, 1994.
2. Нормативы для определения расчетных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов городской распределительной сети. М., 2000.
3. Рекомендации по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-10 кВ сельскохозяйственного назначения. РУМ № 10-2002 г. АО «РОСЭП».
4. 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.
5. Правила устройств электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. с изм. и доп. М.: НЦ ЭНАС, 2009.
6. ГОСТ 12.1.030-2001 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление: введ. 2001-01-08. М.: Стандартинформ, 2001.
7. ГОСТ 12.0.230.2-2015. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда в организациях. Оценка соответствия. Требования: введ. 2017-01-03. М.: Стандартинформ, 2016.
8. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М.: НЦ ЭНАС, 2004.
9. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты от 24 июля 2013 г. № 328н.
10. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок в вопросах и ответах : учебн.- практ. пособие. М. : КНОРУС, 2012.
11. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. АРХ. №ЛЭП98.08, АРХ. №ЛЭП98.10, Арх. №21.0045, Арх. №Л56-97, шифр 23.0067,

3.407.1-143.2, 3.407.1-150 и шифр 21.0050. М.: АО «РОСЭП.

12. Алиев И.И. Электротехнические материалы и кабельные изделия: справочник. М.: ИП РадиоСОФТ, 2014.

13. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования. - Тольятти : ТГУ, 2015.

14. Киреева Э.А. Электрооборудование электрических станции и подстанций. М.: КНОРУС, 2017.

15. Конюхова Е.А. Электроснабжение : учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2014.

16. Киреева Э.А. Полный справочник по электрооборудованию систем электроснабжения (с примерами расчетов) : справочное издание / Под общ. ред. С.Н. Шерстнева. М.: КНОРУС, 2017.

17. Официальный сайт АО «Самарский завод «Электрощит» [Электронный ресурс]. URL: <https://electroshield.ru> (дата обращения 14.05.18).

18. Каталог трансформаторов ООО «Тольяттинский трансформатор». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bktp.ru> <http://transformator.com.ru> (дата обращения 14.05.18).

19. АО «Камкабель». СИП [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ruscable.ru> (дата обращения 14.05.18).

20. Линейная арматура СИП 0,4 кВ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.skkk-kabel/catalog/armatura.ru> (дата обращения 14.05.18).