

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования

**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(ФГБОУ ВО "АмГУ")**

Факультет Энергетический  
Кафедра Энергетики  
Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника  
Направленность (профиль) образовательной программы «Электроэнергетика»

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

И.о. зав. кафедрой



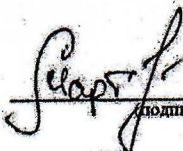
**Н.В. Савина**

« 25 » 06 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Реконструкция системы электроснабжения центральных кварталов  
села Тамбовка Тамбовского района Амурской области

Исполнитель  
студент группы 642-063



18.06.2020.  
(подпись, дата)

**А.А. Мартюшева**

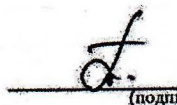
Руководитель  
доцент



11.06.2020.  
(подпись, дата)

**П.П. Проценко**


Консультант:  
безопасность и  
экологичность  
канд. техн. наук, доцент



18.06.2020  
(подпись, дата)

**А.Б. Булгаков**

Нормоконтроль  
ст. преподаватель



25.06.2020  
(подпись, дата)

**Н.С. Бодруг**

Благовещенск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(ФГБОУ ВО "АмГУ")

Факультет Энергетический  
Кафедра Энергетики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой

 Н.В. Савина

« 24 » 03 2020г.

**ЗАДАНИЕ**

К выпускной квалификационной работе студента Мартюшева Анжелика Алексеевна

1. Тема выпускной квалификационной работы: Реконструкция системы электроснабжения центральных кварталов села Тамбовка Тамбовского района Амурской области

(утверждена приказом от 23.03.2020г. № 657-уч.)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) 22.06.2020г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Генеральный план района, однолинейная схема питающей подстанции, мощности трансформаторов

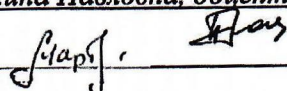
4. Содержание выпускной квалификационной работе (перечень подлежащих разработке вопросов): Определение расчетных нагрузок района, выбор схемы и параметров распределительной сети 0,4 и 10 кВ, выбор числа и мощности трансформаторных подстанций, расчет токов короткого замыкания, выбор и проверка электрических аппаратов, расчет заземления для комплектной трансформаторной подстанции, расчет уставок релейной защиты, анализ безопасности и экологичности проекта

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.) 1. Генеральный план объекта, 2. Поопорная схема реконструируемого района, 3. Принципиальная схема электроснабжения, 4. Однолинейная схема РП-10, 5. План молниезащиты РП-10, 6. Релейная защита

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе: Безопасность и экологичность А.Б. Булгаков, доцент, канд. техн. наук

7. Дата выдачи задания 24.03.2020г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Проценко Палина Павловна, доцент.

Задание принял к исполнению (дата): 24.03.2020г.   
(подпись студента)

## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 108 страниц, 20 рисунков, 25 таблиц, 30 источников, 2 приложения.

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ПУНКТ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ПРЕДОХРАНИТЕЛИ, РАСЧЕТ ТОКОВ КЗ, МОЛНИЕЗАЩИТА, РАСЧЕТ НАГРУЗОК, ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ, ЛИНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, ТОКОВАЯ ОТСЕЧКА, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, ЗАЗЕМЛЕНИЕ.

В данной выпускной квалификационной работе проведена реконструкция системы электроснабжения центральных кварталов села Тамбовка Тамбовского района Амурской области. Данная реконструкция включает в себя замену трансформаторных подстанций 10/0,4, установку нового распределительного пункта на 10 кВ, и подключение к нему комплектных трансформаторных подстанций. В ходе работы рассчитаны дневные и вечерние нагрузки села, выбраны сечения ВЛ и КЛ сетей 0,4 кВ и 10 кВ, а методом технико-экономического сравнения обоснована экономическая целесообразность реконструкции села, рассчитаны токи КЗ в сети 10 кВ и 0,4 кВ, по которым было выбрано и с помощью которых проверено основное электрооборудование распределительного пункта.

## СОДЕРЖАНИЕ

Определения, обозначения, сокращения	7
Введение	8
1 Краткая характеристика объекта реконструкции	9
1.1 Климатическая характеристика и территориальная особенность района	9
1.2 Характеристика источников электроснабжения и потребителей электроэнергии	9
1.3 Обоснование необходимости проведения реконструкции	10
2 Расчет электрических нагрузок	11
2.1 Определение расчетных нагрузок населенного пункта	11
2.1.1 Определение расчетных нагрузок жилых домов	11
2.1.2 Определение расчетных нагрузок коммунально-бытовых потребителей	12
2.1.3 Определение расчетных нагрузок общественных зданий и сооружений	12
2.1.4 Расчет наружного освещения	14
2.2 Расчет электрических нагрузок в сетях 0,4 кВ	16
3 Распределительные сети 0,4 кВ	19
3.1 Выбор схемы распределительной сети 0,4 кВ	19
3.2 Выбор сечений линий распределительной сети 0,4 кВ	19
4 Выбор числа и мощности трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ	24
4.1 Расчет компенсации реактивной мощности	25
4.2 Выбор схемы и конструкции ТП	27
5 Выбор схемы и параметров распределительной сети 10 кВ	29
5.1 Расчет электрических нагрузок на стороне 10 кВ ТП	29
5.2 Расчет электрических нагрузок РП 10 кВ	31
5.3 Выбор местоположения РП 10 кВ	32
5.4 Выбор схемы распределительной сети 10 кВ	34

5.5	Выбор и проверка сечений распределительной сети 10 кВ	36
5.6	Определение потерь мощности в сетях 10 кВ	38
5.7	Выбор и проверка сечений питающих линий 10 кВ	40
6	Расчет токов короткого замыкания	42
6.1	Расчет токов короткого замыкания в сети 10 кВ	42
6.2	Расчет токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ	47
7	Проверка выбранных сечений на воздействие токов КЗ	53
8	Выбор и проверка электрических аппаратов	56
8.1	Выбор и проверка выключателей	56
8.2	Выбор и проверка трансформаторов тока	59
8.3	Выбор и проверка трансформаторов напряжения	63
8.4	Выбор и проверка сборных шин	65
8.5	Выбор комплектных распределительных устройств	70
8.6	Выбор и проверка предохранителей	71
8.7	Выбор и проверка автоматических выключателей	72
9	Заземление и молниезащита	75
9.1	Заземление РП 10 кВ	75
9.2	Молниезащита РП 10 кВ	79
10	Релейная защита и автоматика	84
10.1	Защита кабельных линий 10 кВ	84
10.2	Защита трансформатора	87
10.3	Автоматика	88
11	Безопасность и экологичность	90
11.1	Безопасность	90
11.1.1	Охрана труда при выполнении работ на КТП	91
11.1.2	Охрана труда при выполнении работ на ВЛ	92
11.2	Экологичность	93
11.2.1	Расчет шума, создаваемого трансформаторами	94
11.3	Пожарная безопасность	97

11.4 Чрезвычайные ситуации	98
12 Технико-экономическое сравнение вариантов сети	100
Заключение	104
Библиографический список	106
Приложение А. Расчет электрических нагрузок	109
Приложение Б. Расчет в программе MathCad	130

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АПВ – автоматически повторное включение;

КЗ – короткое замыкание;

РУ – распределительно устройство;

КЛ – кабельная линия;

АВР – автоматический ввод резерва;

ТН – трансформатор напряжения;

КРУ – комплектное распределительное устройства;

АЧР – автоматическая частотная разгрузка;

ВЛ – воздушная линия;

КТП – комплектная трансформаторная подстанция;

ПС – подстанция;

РП – распределительный пункт;

ТТ – трансформатор тока.

## ВВЕДЕНИЕ

Сельские системы электроснабжения относятся к сетям общего назначения, так как к ним присоединено большое количество разных потребителей, не связанных между собой общей технологией производства. В сельском хозяйстве потребление электроэнергии увеличивается быстрее, чем по другим отраслям народного хозяйства. Все это свидетельствует о возрастающей роли электроэнергии в сельском хозяйстве [16].

Электрические сети сел получают электрическую энергию от источников питания, которые преимущественно имеют напряжение 35 кВ, 110 кВ, 220 кВ и состоят из трансформаторных подстанций, распределительных пунктов и воздушных линий электропередачи 10 кВ и 0,4 кВ [14].

При реконструкции сельских и городских электрических сетей нужно принимать во внимание то, что система должна обеспечивать бесперебойное питание всех потребителей, конечно, в границах допустимых показателей качества и надежности электрической энергии. Необходимо учитывать, что в сельской местности преобладают относительно маломощные потребители [16].

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка наиболее экономичного и эффективного варианта системы электроснабжения центральных кварталов села Тамбовка.

При реконструкции существующих сетей необходимо применять решения для повышения эффективности функционирования сетей. С этой целью предусматривается установка нового распределительного пункта в данном районе из-за удаленности источника питания [14].



## 1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ

Село Тамбовка – малый административный центр Тамбовского района Амурской области, располагается на юге Амурской области. По численности населения город относится к группе малых городов.

### **1.1 Климатическая характеристика и территориальная особенность района**

Климат отличается резкой континентальностью и неравномерностью выпадения осадков. Основные характеристики климатических условий с. Тамбовка: температура при гололеде минус 10 °С; район по гололёду 2; толщина стенки гололёда 10 мм; район по ветру 2; среднегодовая температура воздуха плюс 5 °С; температурный максимум плюс 40 °С; температурный минимум минус 45 °С; число грозových часов в год 34; степень загрязнения атмосферы 1; высота снежного покрова, макс/средняя, 35/10 см.

Центральные кварталы, ограниченные улицами Северная – Пионерская – Калининская – 50 лет Октября, расположен в центре села Тамбовка.

### **1.2 Характеристика источников электроснабжения и потребителей электроэнергии**

В настоящее время в рассматриваемом районе расположены 9 ТП. В селе Тамбовка преобладают частные дома количеством квартир от одной до двух. В рассматриваемых кварталах нет промышленной нагрузки. Основа нагрузок выбранного района – это бытовые потребители и коммунально-бытовая нагрузка. По категории надёжности существуют потребители II и III категории. Перерыв электроснабжения таких потребителей приводит к нарушению комфортной жизнедеятельности большого количества сельских жителей, следовательно, требуется обеспечивать электроснабжение от двух независимых резервирующих источников электропитания.

### **1.3 Обоснование необходимости проведения реконструкции**

Часть воздушных линий рассматриваемого сектора находится в неудовлетворительном техническом состоянии, так как многие из непропитанной или плохо пропитанной древесины. Применение таких опор в прошлом позволило с одной стороны в относительно короткие сроки решить задачу по централизованному электроснабжению данного сектора.

При обходе и осмотре воздушных линий, находящихся в центральных кварталах села было выявлено: 44 % деревянных опор на железобетонных приставках подлежат замене, так как подвержены загниванию древесины, 26 % железобетонных приставок рассыпались из-за влажной почвы. Наклон опор на участке ВЛ по улицам Комсомольская и Калинина является критическим. Так же известно, что ВЛ преимущественно имеют марку А-35 и АС-35. По словам жителей, электричество пропадает часто, следовательно, линии подлежат замене. Также были замечены искры и провисшие провода. Моральное и физическое состояние ПС оставляет желать лучшего. Устаревшие, ржавые и выходящие из строя трансформаторы уже не годятся для долгого и качественного использования. Напряжение повысилось, так как количество потребителей повысилось и подключилось к ТП, к которым уже подключено достаточное количество предприятий и жилых домов. Принято решение произвести реконструкцию центральных кварталов села Тамбовка, то есть осуществить перераспределение: предприятия и население подключить на новые ТП увеличив мощность трансформатора, а именно на комплектную трансформаторную подстанцию.

## 2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Первым этапом проектирования системы электроснабжения является расчёт электрических нагрузок. Особенность расчёта в сельских и городских системах – данные о характеристиках электроприемников могут быть неизвестны, что соответствует действительности. Расчёт производится с помощью метода удельных электрических нагрузок [14].

### 2.1 Определение расчетных нагрузок населенного пункта

#### 2.1.1 Определение расчетных нагрузок жилых домов

Расчетная нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого здания, определяется по формуле:

$$P_{кв} = p_{кв.уд} \cdot n, \quad (1)$$

где  $p_{кв.уд}$  – удельная расчетная электрическая нагрузка

электроприемников квартир (зданий),  $кВт/кв$ ;

$n$  – количество квартир [22].

Расчетная электрическая нагрузка жилых зданий центральных кварталов определяется по формуле:

$$P_{р.мр.} = P_{р.ж.зд.уд.} \cdot S \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где  $P_{р.ж.зд.уд.}$  – удельная расчетная нагрузка жилых зданий,  $Вт/м^2$ ;

$S$  – общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала),  $м^2$  [22].

Рассмотрим пример расчета жилого дома по формуле (2). Возьмем здание, находящееся на улице Ленинской, 92, площадью  $40 м^2$ .

$$P_{лн92} = 20,7 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0,83 \text{ кВт}.$$

Точно также рассчитываются реактивная и полная мощности с учетом коэффициента мощности для соответствующего потребителя, которые указаны в таблицах А1-А5 в Приложении А.

Результаты расчетов сведены в таблицы А1-А5 в Приложении А.

2.1.2 Определение расчетных нагрузок коммунально-бытовых потребителей

Нагрузка коммунально-бытовых потребителей, расположенных в жилых домах, определяется по выражению:

$$P_{\text{общ.зд}} = P_{\text{ж.кв}} + \sum_{i=1}^n k_{yi} \cdot P_i, \quad (3)$$

где  $P_{\text{ж.кв}}$  – максимальная нагрузка жилого здания (или помещения в здании),  $\text{kВт}$ ;

$P_i$  – нагрузка коммунально-бытового потребителя,  $\text{kВт}$ ;

$k_{yi}$  – коэффициент участия в максимуме нагрузки [22].

Рассмотрим пример расчета нагрузки жилого здания со встроенным магазином. Возьмем здание, находящееся на улице Ленинская, 105:

$$P_{\text{общ.зд}} = 126 + 0,8 \cdot 6,4 = 129,2 \text{ кВт}.$$

Аналогично рассчитывается реактивная и полная мощность с учетом коэффициента мощности для соответствующего потребителя, как и предыдущем пункте.

Результаты расчетов сведены в таблицы А1-А5 в Приложении А.

2.1.3 Расчет электрических нагрузок общественных зданий и сооружений

Расчет нагрузок данного типа потребителей похож на расчет нагрузок жилых зданий и определяется по формуле:

$$P_{\text{р.общ.зд}} = p_{\text{уд.общ.зд}} \cdot n, \quad (4)$$

где  $P_{уд.общ.зд}$  – удельная мощность общественных зданий

$кВт / показатель, кВт / место, кВт / учащийся$  и т.д.;

$n$  – количественный *показатель, место, учащийся* и т.д. [22].

Рассмотрим пример для расчета электрической нагрузки непродовольственного магазина «Анастасия», находящегося на улице 50-летия Октября, 23А, площадью  $150 м^2$ :

$$P_{р.общ.зд} = 0,16 \cdot 150 = 24 \text{ кВт},$$

где  $0,16$  – удельная нагрузка непродовольственного магазина с кондиционированием воздуха,  $кВт / м^2$ .

Результаты расчетов сведены в таблицы А1-А5 в Приложении А.

И так как мы рассчитываем нагрузки для сельской местности, необходимо узнать дневной  $S_D$  и вечерний  $S_B$  максимум нагрузок потребителя или группы потребителей.

Для выбора количества и мощности ТП  $10/0,4 кВ$  определяется суммарную нагрузку населенного пункта [13]. Исходные данные о потребителях представлены в таблице А6 в Приложении А.

Определять расчетные нагрузки можно и по одному режиму – дневному, если суммируются производственные потребители, или вечернему, если суммируются бытовые потребители [15]. Коэффициенты дневного или вечернего максимума мы будем принимать:

- для производственных потребителей –  $k_D = 1, k_B = 0,6$ ;
- для бытовых потребителей: дома с электроплитами –  $k_D = 0,6, k_B = 1$ ;
- для смешанной нагрузки –  $k_D = k_B = 1$  [16].

Расчет электрических нагрузок жилых домов:

$$P_D = P_{расч} \cdot k_0 \cdot k_D, \tag{5}$$

$$P_B = P_{расч} \cdot k_0 \cdot k_B, \quad (6)$$

где  $P_{расч}$  – расчётная максимальная электрическая нагрузка здания,  $кВт$ ;  
 $k_0$  – коэффициент одновременности для суммирования электрических нагрузок потребителей в сетях 0,38  $кВ$ ;  
 $k_D, k_B$  – коэффициенты соответственно дневного и вечернего максимума нагрузки жилых домов [22].

Полные дневная и вечерняя электрические нагрузки на вводе жилого дома:

$$S_D = \frac{P_D}{\cos\varphi_D}, \quad (7)$$

$$S_B = \frac{P_B}{\cos\varphi_B}, \quad (8)$$

где  $\cos\varphi_D, \cos\varphi_B$  – соответственно дневной и вечерний коэффициенты мощности [16].

#### 2.1.4 Расчет наружного освещения

К вышеприведенной расчетной нагрузке, которая состоит из расчетных нагрузок жилых домов, социально-культурных учреждений и т.д., необходимо добавить нагрузку уличного освещения. Нагрузка уличного освещения – произведение значений удельной мощности установки ( $P_{уд.ос}$ ) на длину дорожного полотна ( $L$ ):

$$P_{ос} = P_{уд.ос} \cdot L. \quad (9)$$

Для уличного освещения в населенных пунктах сейчас применяются энергоэффективные светильники с герметичными отражателями. Для

пешеходных тротуаров и парковых зон достаточно освещения рассеянного с мощностью ламп от 40 до 125 Вт [14]. Свет газоразрядных ламп ярок, стабилен на протяжении всего срока службы. Светоотдача ламп ДРЛ может достигать 60 лм / Вт.

Поэтому принимаем для освещения улиц светильники на основе ламп ДРЛ мощностью 250 Вт. Принимаем ширину проезжей части 7–9 м. с покрытием простейшего типа при этом норма освещенности 4 лк. Для достижения этой освещенности величина удельной мощности осветительных установок равна 5,5 Вт / м.

$$P_{oc} = 5,5 \cdot 9450 \cdot 10^{-3} = 51,97 \text{ кВт}.$$

Суммарная реактивная мощность при  $\cos \varphi = 0,85$  осветительной установки составит:

$$Q_{oc} = P_{oc} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (10)$$

$$Q_{oc} = 51,97 \cdot 0,62 = 32,22 \text{ квар}.$$

Тогда полная мощность найдем по формуле:

$$S_{oc} = \sqrt{P_{oc}^2 + Q_{oc}^2}, \quad (11)$$

$$S_{oc} = \sqrt{51,97^2 + 32,22^2} = 61,15 \text{ кВА}.$$

Единичную мощность одной лампы примем  $P_{л} = 0,25 \text{ кВт}$ , тогда число светильников будет равно:

$$n_c = \frac{P_{oc}}{P_{л}}, \quad (12)$$

$$n_C = \frac{51,97}{0,25} = 207,88.$$

Количество светильников принимаем равным 208.

Суммарную электрическую нагрузку определим методом суммирования электрических нагрузок благодаря помощи коэффициента одновременности, который при 100 и более потребителей равен 0,15 [16]:

$$S_{\partial\Sigma} = k_O \cdot \sum_{i=1}^n S_{\partial_i}, \quad (13)$$

$$S_{\partial\Sigma} = k_O \cdot \sum_{i=1}^n S_{\partial_i} + S_{oc}, \quad (14)$$

$$S_{\partial\Sigma} = 0,15 \cdot 4623,71 = 693,56 \text{ кВА};$$

$$S_{\partial\Sigma} = 0,15 \cdot 3968,63 + 61,15 = 656,44 \text{ кВА}.$$

Для данного населенного пункта количество ПС остается согласно принятой схеме села. Поэтому нужно произвести расчет нагрузок по каждой ТП.

## 2.2 Расчет электрических нагрузок в сетях 0,4 кВ

Для расчета мощности трансформаторных подстанций, необходимо сгруппировать нагрузку всех потребителей так, чтобы суммарная величина не превышала стандартной мощности трансформаторов на ТП. Их выпускают на следующие мощности: 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000 и 1600 кВА.

Расчетную электрическую нагрузку линий до 1 кВ при смешанном питании потребителей жилых домов и общественных зданий (помещений) нужно определять по методу суммирования нагрузок только с помощью добавок, если нагрузки отличаются по величине более чем в 4 раза, или, если нагрузки отличаются незначительно, тогда с помощью коэффициента одновременности [15].



Рассмотрим пример для расчета нагрузки ТП №1. К данной ТП будут подключаться потребители под номерами 1,2,7–16, так как нагрузки отличаются более чем в 4 раза, то для определения дневной и вечерней активных расчетных мощностей будем использовать первый метод:

$$P_{p\partial\Sigma} = P_{\partial\max} + \sum_{i=1}^n \Delta P_{\partial_i}, \quad (15)$$

$$P_{p\epsilon\Sigma} = P_{\epsilon\max} + \sum_{i=1}^n \Delta P_{\epsilon_i}, \quad (16)$$

где  $P_{\partial\max}$ ,  $P_{\epsilon\max}$  – это наибольшая дневная и вечерняя электрические нагрузки из всех потребителей населенного пункта;  
 $\Delta P_{\partial_i}$ ,  $\Delta P_{\epsilon_i}$  – это добавка к значениям дневной и вечерней электрическим нагрузкам [16].

Тогда:

$$P_{p\partial\Sigma} = 20,88 + 31,18 = 52,06 \text{ кВт},$$

$$P_{p\epsilon\Sigma} = 34,8 + 36,3 = 71,1 \text{ кВт}.$$

Полная расчетная мощность ТП будет определяться по формуле:

$$S_{pТП} = \frac{P_{p\max\Sigma}}{\cos \varphi}, \quad (17)$$

где  $P_{p\max\Sigma}$  – это наибольшие дневная или вечерняя расчетные активные мощности [16].

$$S_{pТП} = \frac{71,1}{0,82} = 86,71 \text{ кВА}.$$

Расчетные параметры нагрузки на стороне НН ТП сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчетные параметры нагрузки на стороне НН ТП

Наименование ТП	$P_p, \text{кВт}$	$S_{pTP}, \text{кВА}$
ТП № 1	326,902	398,662
ТП № 2	273,893	334,015
ТП № 3	260,196	317,312
ТП № 4	360	439,024
ТП № 5	396,022	482,954
ТП № 6	285,188	347,79
ТП № 7	418,915	510,873
ТП № 8	305,367	372,399
ТП № 9	708,709	864,28

## 3 РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ 0,4 кВ

### 3.1 Выбор схемы распределительной сети 0,4 кВ

При проектировании распределительных сетей 0,4 кВ обычно используют петлевую, лучевую или радиальную схемы электроснабжения [10].

Состав потребителей электроэнергии села в основном состоит из электроприемников второй категории надежности.

При лучевой схеме электропитания от источника питания (в данном случае от ТП) отходит магистраль, от которой отпайками запитываются соответствующие потребители.

Петлевая схема электроснабжения 0,4 кВ – самая надежная схема. Особенность схемы заключается в том, что головные участки питаются от двух разных секций шин [10].

Схемы распределительной сети 0,4 кВ будут применяться магистральные и лучевые. Согласно расположению ТП 10/0,4 кВ и питающимся от них потребителям принимается, что от ТП №1, 2, 5, 9 отходят по четыре ВЛ 0,4 кВ, а от ТП №6, 8 отходят по три ВЛ 0,4 кВ, от ТП №7 отходит шесть ВЛ 0,4 кВ, от ТП №3 – две ВЛ 0,4 кВ, а от ТП №4 – одна ВЛ 0,4 кВ.

### 3.2 Выбор сечений линий распределительной сети 0,4 кВ

В распределительных сетях 0,4 кВ применяется самонесущий изолированный провод с изоляцией из светостабилизированного термопластичного полиэтилена (СИП) и кабель с изоляцией жил и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката (ВВГ).

Сечение провода будет выбираться по расчетному току нагрузки, а проверяться по нагреву длительным допустимым током, допустимой потере напряжения.

Расчетный максимальный ток определяется по формуле [13]:

$$I_{p.max} = \frac{\sqrt{\frac{P_{B/D}^2}{2} + \frac{Q_{B/D}^2}{2}}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (18)$$

где  $U_H$  – номинальное напряжение сети, кВ.

А расчетный ток будем искать по формуле [13]:

$$I_{расч} = \alpha_i \alpha_T I_{p.max}, \quad (19)$$

где  $\alpha_T$  – коэффициент, учитывающий число часов использования максимальной нагрузки и коэффициент попадания максимума нагрузки линии в максимум нагрузки энергосистемы, примем 1,1;

$\alpha_i$  – коэффициент, учитывающий изменение нагрузки по годам эксплуатации, принимаем равным 1,05.

Далее проводится проверка выбранных сечений. Для этой проверки рассчитываются самые тяжелые послеаварийные режимы. Из них выбирается больший ток, по которому осуществляется проверка по условиям нагрева в длительном режиме:

$$I_{n/ав} \leq K \cdot I_{дл.доп.}, \quad (20)$$

где  $K$  – поправочный коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды;

$I_{дл.доп.}$  – длительно допустимый ток.

Поправочный коэффициент равен 1,29.

$$I_{n/ав} = \frac{\sqrt{P_{B/D}^2 + Q_{B/D}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (21)$$

Приведем пример расчета сечения провода на участке ТП № 1- 1:

Определение расчетного максимального тока провода:

$$I_{p.max} = \frac{215,89}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 328,011 \text{ A}.$$

Определение расчетного тока:

$$I_{расч} = 1,1 \cdot 1,05 \cdot 328,011 = 378,852 \text{ A}.$$

Принимается сечение кабеля 2x95-0,4 мм<sup>2</sup> с длительно допустимым током 385 А [4].

Проводится проверка выбранного сечения путем расчета наиболее тяжелого послеаварийного режима.

$$I_{n/ав} = \frac{305,314}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 463,877 \text{ A},$$

$$463,877 \leq 1,29 \cdot 385,$$

$$463,877 \leq 496,65.$$

Далее провод нужно проверить по допустимым потерям напряжения, которые не должны превышать 5 %.

Потери напряжения в линиях определяются по следующей формуле [13]:

$$\Delta U = \frac{S_{рас} \cdot l}{U_{ном}} \cdot (r_0 \cdot \cos \phi + x_0 \cdot \sin \phi), \quad (22)$$

где  $S_{рас}$  – расчетная максимальная мощность участка ВЛ 0,38 кВ, кВА;

$r_0$  и  $x_0$  – соответственно активное и реактивное сопротивления на единицу длины, Ом / км;

$l$  – длина линии, км.

$$\delta U = \frac{\Delta U}{U_{ном}} \cdot 100\%, \quad (23)$$

$$\Delta U = \frac{59,761 \cdot 0,13}{0,38} \cdot (1,2 \cdot 0,7 + 0,0675 \cdot 0,71) = 18,153 \text{ В},$$

$$\delta U = \frac{18,153}{380} \cdot 100\% = 4,777 \text{ \%}.$$

Потери напряжения в проводе, как и должны, не превышают 5%, поэтому сечение провода выбрано правильно. Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Марки и сечения проводов и кабелей

Номер линии	$I_{p,max}$ , А	Длина линии, км	Марка провода/кабеля	Сечение провода/кабеля	$I_{доп}$ , А	Потеря напряжения $\Delta U$ , %
1	2	3	4	5	6	7
ТП №1 - 1	104,87	0,13	ВВГ	4x25-0,4	121	3,04
ТП №1 - 2	171,217	0,08	ВВГ	4x50-0,4	178	1,64
ТП №2 - 1	114,953	0,1	ВВГ	4x25-0,4	121	2,563
ТП №2 - 2	162,537	0,15	ВВГ	4x50-0,4	178	3,067
ТП №2 - 3	111,031	0,1	ВВГ	4x25-0,4	121	2,623
ТП №2 - 4	252,426	0,18	ВВГ	4x95-0,4	260	3,214
ТП №3 - 1	196,703	0,12	СИП-1	3x95+1x70	220	4,443
ТП №7 - 1	222,69	0,05	ВВГ	4x95-0,4	260	0,891
ТП №7 - 3	164,613	0,09	ВВГ	4x50-0,4	178	2,133
ТП №7 - 6	41,193	0,19	СИП-1	3x16+1x25	70	3,133
ТП №8 - 2	71,621	0,06	ВВГ	4x10-0,4	72	2,718
ТП №8 - 3	120,743	0,08	ВВГ	4x25-0,4	121	2,154
ТП №9 - 2	169,494	0,05	ВВГ	4x50-0,4	178	1,015
ТП №9 - 3	169,317	0,12	ВВГ	4x50-0,4	178	2,433
ТП №9 - 4	13,54	0,09	СИП-1	3x16+1x25	70	0,623

Вводы к зданиям рассчитываются способом, аналогичным расчету проводов и кабелей, только используется мощность для каждого здания отдельно. Разберем на примере школы, это ввод ТП №4 – 1 длиной 0,05 км.

Расчетный ток равен  $I_{p,max} = 595,613 \text{ А}$ . Тогда примем к установке кабель

*ВВГ* 4x185 – 0,4. Длительно допустимый ток данного кабеля

*ВВГ* 4x185–0,4 будет равен  $I_{\text{доп}} = 596 \text{ A}$ . Тогда потери в кабеле будут следующими:

$$\Delta U = \frac{339,411 \cdot 0,05}{0,38} \cdot (0,103 \cdot 0,75 + 0,0596 \cdot 0,66) = 5,207 \text{ В},$$

$$\delta U = \frac{5,207}{380} \cdot 100\% = 1,37 \text{ \%}.$$

Потери напряжения не превышают 5 %, значит, сечение выбрано правильно. Полный и развернутый расчет представлен в Приложении Б.

#### 4 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ 10/0,4 кВ

Рассмотрим вопрос выбора мощности и необходимого числа трансформаторов на ТП в данном районе. На существующих ТП количество трансформаторов оптимально, следовательно, изменять количество трансформаторов на каждой ТП мы не будем.

Выбор мощности трансформаторов ТП осуществляется по расчетной мощности, определяется требуемая мощность трансформатора [12]:

$$S_{\text{треб}} = \frac{S_p}{K_3 \cdot N}, \quad (24)$$

где  $K_3$  – номинальный коэффициент загрузки трансформатора;

$N$  – количество трансформаторов ТП;

$S_p$  – расчетная мощность нагрузки ТП, *кВА*.

Рассмотрим пример расчета мощности трансформатора, устанавливаемого на ТП №1. Для этого определяем требуемую мощность трансформатора:

$$S_{\text{треб}} = \frac{398,662}{0,7 \cdot 2} = 284,758 \text{ кВА}.$$

Принимаем к установке на пункте трансформатор ТМГ – 400-10/0,4 У1 [4].

Найдем в нормальном режиме фактический коэффициент загрузки по формуле [12]:

$$K_{\phi} = \frac{S_p}{S_{\text{ном}} \cdot N} \leq K_3, \quad (25)$$

где  $S_{\text{ном}}$  – номинальная мощность принятого к установке трансформатора



ТП, *кВА* .

Рассчитаем теперь фактический коэффициент загрузки на ТП №1:

$$K_{\phi} = \frac{398,662}{400 \cdot 2} = 0,498 .$$

Теперь находим фактический коэффициент загрузки трансформатора в послеаварийном режиме работы [13]:

$$K_a = \frac{S_p}{S_{ном} \cdot (N-1)} \leq 1,4 , \quad (26)$$

$$K_a = \frac{398,662}{400} = 0,997 \leq 1,4 .$$

Коэффициент загрузки трансформатора в послеаварийном режиме не превышает предельного значения, следовательно, его мощность выбрана верно, аналогично проводится расчет для остальных ТП.

Результаты этих расчетов сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчет электрических нагрузок ТП и выбор трансформаторов

Наименование ТП	$S_{рТП}$ , <i>кВА</i>	$S_{троб}$ , <i>кВА</i>	$K_{\phi}$	$K_a$	$N$ , <i>шт</i>	$S_{ном}$ , <i>кВА</i>
ТП №1	398,662	284,758	0,498	0,997	2	400
ТП №2	334,015	238,582	0,668	1,336	2	250
ТП №3	317,312	226,652	0,635	1,269	2	250
ТП №4	439,024	313,589	0,549	1,098	2	400
ТП №5	482,954	344,967	0,604	1,207	2	400
ТП №6	347,79	248,421	0,696	1,391	2	250
ТП №7	510,873	364,909	0,639	1,277	2	400
ТП №8	372,399	265,999	0,465	0,931	2	400
ТП №9	864,28	617,343	0,686	1,372	2	630

#### 4.1 Расчет компенсации реактивной мощности

Для надежного и экономичного функционирования системы электроснабжения произведем необходимое условие – компенсацию

реактивной мощности. Эту функцию выполняют устройства КРМ – конденсаторные установки с основным элементом конденсатором.

При использовании конденсаторных установок для КРМ разгружаются питающие линии электропередачи, трансформаторы и распределительные устройства, снижаются расходы на оплату электроэнергии. А так же эти установки позволяют сделать распределительные сети более надежными и экономичными.

Рассмотрим пример расчета КРМ на примере ТП №2.

Самая большая реактивная мощность, передача которой целесообразна из сети высшего напряжения в сеть низшего напряжения, определяется по формуле [10]:

$$Q_T = \sqrt{(N_T \cdot K_z \cdot S_{ном})^2 - P_p^2}, \quad (27)$$

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 250)^2 - 273,893^2} = 217,906 \text{ квар}.$$

Определяется суммарная мощность НКУ:

$$Q_{нкв1} = Q_p - Q_T, \quad (28)$$

где  $Q_p$  – расчетная реактивная мощность, *квар* :

$$Q_p = P_p \cdot tg\varphi, \quad (29)$$

где  $P_p$  – расчетная нагрузка ТП, *кВт* ;

$tg\varphi$  – коэффициент реактивной мощности для ТП (с

производственной нагрузкой: *1,02* ; с коммунально-бытовой *0,48* ; со смешанной нагрузкой *0,75* ).

$$Q_p = 273,893 \cdot 1,02 = 279,37 \text{ квар},$$

$$Q_{HKV1} = 279,37 - 217,906 = 61,465 \text{ квар},$$

$$Q_{KVcu1} = 1,1 \cdot \frac{Q_{HKV1}}{2}, \quad (30)$$

$$Q_{KVcu1} = 1,1 \cdot \frac{61,465}{2} = 33,806 \text{ квар}.$$

По полученным значениям выбираем тип и количество КУ, устанавливаемых на ТП: УКР Л(П) 56-0,38-100 [4].

Если в формуле (28) получился знак минус, то это означает, что КРМ на данной ТП не требуется.

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчет компенсации реактивной мощности

Наим-е ТП	$Q_T$ , квар	$Q_p$ , квар	$Q_{HKV}$ , квар	$Q_{KVcu}$ , квар	Марка компенсирующего устройства
ТП №1	454,681	333,441	-121,25	-	-
ТП №2	217,906	279,37	61,465	33,806	УКР Л(П) 56-0,38-50
ТП №3	234,09	124,894	-109,196	-	-
ТП №4	428,952	367,2	-61,752	-	-
ТП №5	395,937	190,091	-205,846	-	-
ТП №6	202,899	213,891	10,991	6,045	УКР Л(П) 56-0,38-10
ТП №7	371,631	201,079	-170,552	-	-
ТП №8	469,416	229,025	-240,39	-	-
ТП №9	525,028	531,532	6,504	3,577	УКР Л(П) 56-0,38-10

Полный расчет проведен в программе MathCad 14 и представлен в Приложении Б.

#### 4.2 Выбор схемы и конструкции ТП

При необходимости аварийного срочного переключения вводов или при их параллельной работе допускается установка выключателей на вводах.

Трансформаторные подстанции устанавливаются для распределения, приема и преобразования электрической энергии трехфазного переменного тока частотой  $50 \text{ Гц}$  напряжением  $10/0,4 \text{ кВ}$  и глухозаземленной нейтралью [10].

КТП применяются в системах электроснабжения промышленных объектов, городских и сельскохозяйственных объектах и различных строительных площадках.

Высоковольтный ввод в ПС  $10 \text{ кВ}$  и выходы напряжением  $0,4 \text{ кВ}$  выполнены воздушными. Рассмотреть внешний вид КТП можно на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид комплектной трансформаторной подстанции

КТП оснащена вентиляцией, рассчитанной на удаление и разбавление теплоизбытков от солнечной радиации, рабочим освещением и отоплением (электрическое с автоматическим поддержанием температуры не ниже  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

## 5 ВЫБОР СХЕМЫ И ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 10 кВ

### 5.1 Расчёт электрических нагрузок на стороне 10 кВ ТП

Перед определением электрических нагрузок сети 10 кВ, необходимо найти потери мощности в каждом трансформаторе.

Мы можем найти потери мощности в трансформаторах следующим образом [12]:

$$\Delta P_m = 2 \cdot \Delta P_{xx} + \frac{I}{2} \cdot \Delta P_{кз} \cdot (S_{треб} / S_{т.ном})^2, \quad (31)$$

$$\Delta Q_m = 2 \frac{U_{к\%} \cdot S_{треб}^2}{100 \cdot S_{т.ном}} + \frac{I I_{xx} \cdot S_{т.ном}}{2 \cdot 100}, \quad (32)$$

где  $S_{ТП}$  – полная мощность нагрузки ТП, *кВА* ;

$\Delta P_{xx}$  – потери активной мощности на холостом ходу, *кВт* ;

$\Delta P_{кз}$  – потери активной мощности при КЗ, *кВт* ;

$I_{xx}$  – ток холостого хода трансформатора, %;

$U_{к\%}$  – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$S_{трном}$  – номинальная мощность трансформатора, *кВА* .

Для примера определим потери мощности для ТП №1, на которой установлены два трансформатора ТМГ-400/10 со следующими паспортными данными [17]:

$$P_k = 6,1 \text{ кВт},$$

$$u_k = 4,5 \text{ \%},$$

$$I_{x\%} = 0,5 \text{ \%},$$

$$\Delta P_x = 0,8 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_{m1} = 2 \cdot 0,8 + \frac{1}{2} \cdot 6,1 \cdot \left( \frac{284,758}{400} \right)^2 = 3,146 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{m1} = 2 \cdot \frac{4,5 \cdot 284,758^2}{100 \cdot 400} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0,5 \cdot 40}{100} = 19,245 \text{ квар}.$$

Суммой нагрузки на шинах НН и потерь в трансформаторах мы назовем полную мощность ТП, приведенную к стороне ВН [12]:

$$S_{ТП}^{10} = \sqrt{\left( P_{p,ТП} + \Delta P_{T(ТП)} \right)^2 + \left( Q_{p,ТП} + \Delta Q_{T(ТП)} \right)^2}. \quad (33)$$

Полная мощность ТП №1:

$$S_{ТП}^{10} = \sqrt{\left( 326,902 + 3,146 \right)^2 + \left( 333,441 + 19,245 \right)^2} = 483,031 \text{ кВА}.$$

Полный расчёт электрических нагрузок на стороне 10 кВ выполнен в программе MathCad 14 и представлен в Приложении Б.

Результаты расчета сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Электрические нагрузки на стороне ВН 10 кВ ТП

Номер ТП	$P_{p,мп}$ , кВт	$Q_{p,мп}$ , квар	$\Delta P$ , кВт	$\Delta Q$ , квар	$P_{ТП.ВН}$ , кВт	$Q_{ТП.ВН}$ , квар	$S_{ТП.ВН}$ , кВА
ТП №1	326,902	333,441	3,146	19,245	330,048	352,685	483,031
ТП №2	273,893	279,37	2,639	21,117	276,532	300,487	408,365
ТП №3	260,196	124,894	2,479	19,119	262,675	144,013	299,563
ТП №4	360	367,2	3,475	23,126	363,475	390,326	533,356
ТП №5	396,022	190,091	3,868	27,776	399,891	217,866	455,388
ТП №6	285,188	213,891	2,777	22,842	287,965	236,732	372,781
ТП №7	418,915	201,079	4,138	30,961	423,054	232,04	482,511
ТП №8	305,367	229,025	2,949	16,92	308,316	245,945	394,395
ТП №9	708,709	531,532	6,233	68,118	714,942	599,651	933,126

## 5.2 Расчет электрических нагрузок РП 10 кВ

Произведение суммы расчетных нагрузок трансформаторов и коэффициента одновременности – расчетные электрические нагрузки сетей 10 кВ, которое будем находить по формулам [16]:

$$P_{РП.10} = k_o \cdot \sum_1^n P_{ТП.ВН}, \quad (34)$$

$$Q_{РП.10} = k_o \cdot \sum_1^n Q_{ТП.ВН}, \quad (35)$$

где  $k_o$  – коэффициент одновременности для суммирования электрических нагрузок принимаем равным 0,77.

$$P_{РП.10} = 0,77 \cdot \left( \begin{array}{l} 330,048 + 276,532 + 262,675 + 363,475 + 399,891 + \\ + 287,965 + 423,054 + 308,316 + 714,942 \end{array} \right) = 2593 \text{ кВт},$$

$$Q_{Л.10} = 0,77 \cdot \left( \begin{array}{l} 352,685 + 300,487 + 144,013 + 390,326 + 217,866 + \\ + 236,732 + 232,04 + 245,945 + 599,651 \end{array} \right) = 2094 \text{ квар},$$

$$S_{РП.10} = \sqrt{2593^2 + 2094^2} = 3333 \text{ кВА}.$$

С электрической схемой РП 10 кВ можно ознакомиться, глядя на рисунок 2 [9].

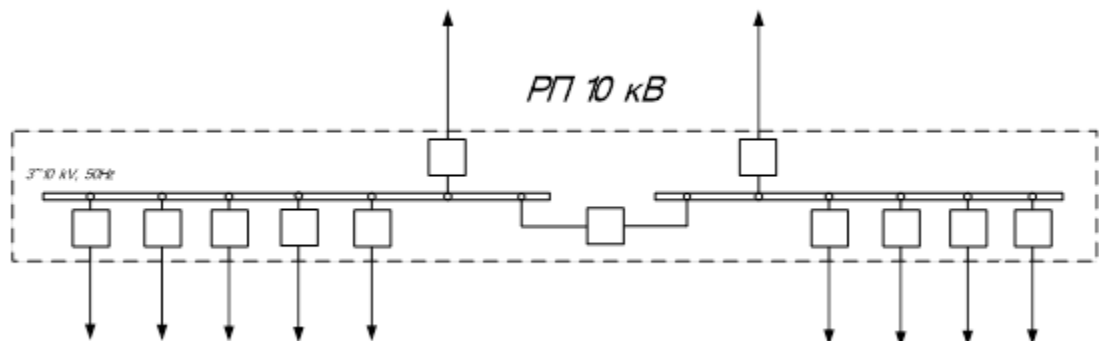


Рисунок 2 – Электрическая схема РП 10 кВ [18]

### 5.3 Выбор местоположения РП 10 кВ

Найдем центр электрических нагрузок, куда и определим место расположения РП.

ЦЭН найдется по формулам [13]:

$$X_{РП} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{S_i}, \quad (36)$$

$$Y_{РП} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot S_i}{S_i}, \quad (37)$$

где  $X_i, Y_i$  – координаты центров нагрузок потребителей, подключенных к РП, км;

$S_i$  – расчетная мощность на вводе  $i$ -го потребителя, кВА.

Картограмма нагрузок – это размещенные на генплане круги, которые соответствуют активным расчетным нагрузкам потребителей. Центр каждого круга совпадает с центром нагрузок потребителей [14]. Радиус круга будем определять по формуле [14]:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_i}{\pi \cdot m}}, \quad (38)$$

где  $r_i$  – радиус круга, м;

$m$  – масштаб для определения площади круга, 0,1 кВт/м.

В качестве потребителей, подключенных к РП, принимаем установленные ТП села.

Все необходимые данные для расчета ЦЭН, с помощью которых будет определяться окончательное расположение РП, сведены в таблицу 6.



Таблица 6 – Данные для расчета центра электрических нагрузок

№ Потребителя	$S_p$ , кВА	$X$ , км	$Y$ , км	$X_i \cdot S_i$	$Y_i \cdot S_i$	$r_i$ , м
1	398,662	0,38	1,19	151,49	474,41	35,62
2	334,015	0,56	1	187,05	334,015	32,61
3	317,312	1,63	1,17	517,22	371,26	31,78
4	439,024	1,75	1,09	768,29	478,54	37,38
5	482,954	1,74	0,37	840,34	178,69	39,21
6	347,79	1,48	0,35	514,73	121,73	33,27
7	510,873	0,95	0,2	485,33	102,17	40,33
8	372,399	0,56	0,08	208,54	29,79	34,43
9	864,28	0,28	0,34	242	293,86	52,45
Итого	4067,31			3914,99	2384,46	

По данным таблицы 6 определяем координаты центра электрических нагрузок:

$$X_{PI} = \frac{3914,99}{4067,31} = 0,96 \text{ км},$$

$$Y_{PI} = \frac{2384,46}{4067,31} = 0,59 \text{ км}.$$

Координаты расположения всех ТП и рассчитанного распределительного пункта указаны на рисунке 3.

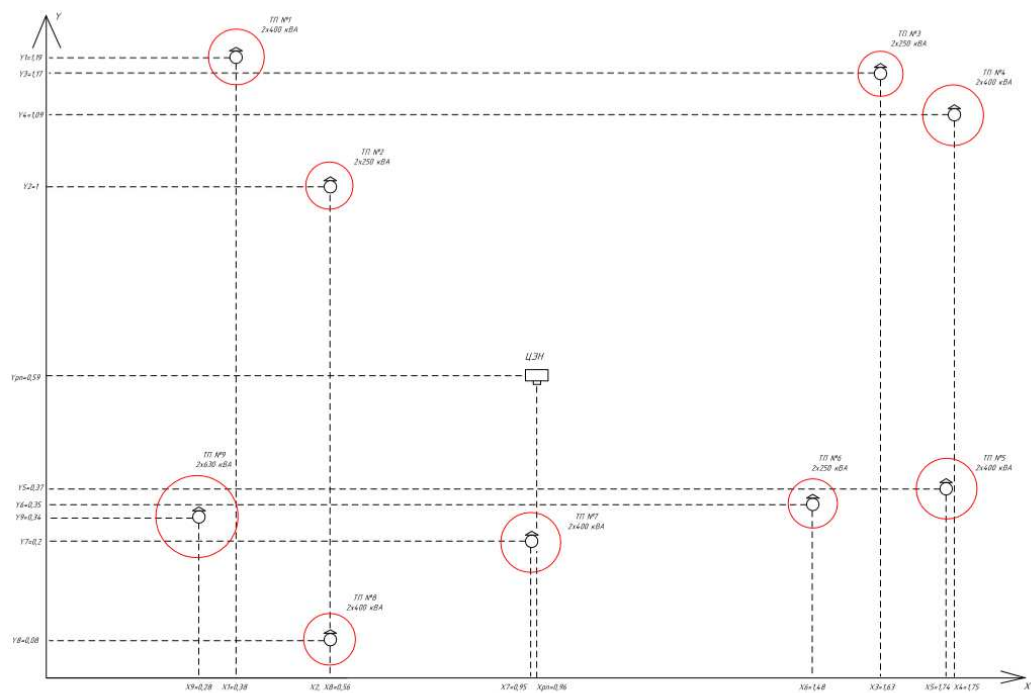


Рисунок 3 – Расчет ЦЭН потребителей РП

Центр электрических нагрузок села по расчетам расположен в следующей точке  $(0,96; 0,59)$ . Но так как установка распределительного пункта в этой точке невозможна из-за близкого расположения к дороге, перемещаем РП вверх относительно ЦЭН на свободное место.

#### 5.4 Выбор схемы распределительной сети 10 кВ

Состав потребителей электроэнергии района реконструкции состоит из электроприемников второй категории надежности.

В выпускной квалификационной работе предлагается петлевая схема электроснабжения для всех ТП.

Отличительная черта петлевой схемы – это наличие в точке потокораздела разъединителя, находящегося в нормальном режиме в разомкнутом состоянии. Следовательно, одна часть потребителей питается от одной секции шин, другая часть – от другой секции шин [10].

Для определения точки потокораздела петли рассчитаем потоки мощности на головных участках:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot l_i}{\sum l_i}, \quad (39)$$

где  $n$  – количество присоединенных ТП;

$S_i$  – мощность нагрузки, приведенная к высокой стороне ТП,  $\text{кВА}$ ;

$l_i$  – расстояние от ТП до РП,  $\text{км}$ .

Поток мощности на головном участке РП-ТП2:

$$S_{\text{РП-ТП2}} = \frac{S_{\text{ТП.ВН2}} \cdot (l_{2-1} + l_{1-9} + l_{9-8} + l_{8-7} + l_{7-6} + l_{6-5} + l_{5-4} + l_{4-3} + l_{3-РП}) + S_{\text{ТП.ВН1}} \cdot (l_{1-9} + l_{9-8} + l_{8-7} + l_{7-6} + l_{6-5} + l_{5-4} + l_{4-3} + l_{3-РП}) + S_{\text{ТП.ВН9}} \cdot (l_{9-8} + l_{8-7} + l_{7-6} + l_{6-5} + l_{5-4} + l_{4-3} + l_{3-РП}) + S_{\text{ТП.ВН8}} \cdot (l_{8-7} + l_{7-6} + l_{6-5} + l_{5-4} + l_{4-3} + l_{3-РП}) + S_{\text{ТП.ВН7}} \cdot (l_{7-6} + l_{6-5} + l_{5-4} + l_{4-3} + l_{3-РП}) + S_{\text{ТП.ВН6}} \cdot (l_{6-5} + l_{5-4} + l_{4-3} + l_{3-РП}) + S_{\text{ТП.ВН5}} \cdot (l_{5-4} + l_{4-3} + l_{3-РП}) + S_{\text{ТП.ВН4}} \cdot (l_{4-3} + l_{3-РП}) + S_{\text{ТП.ВН3}} \cdot (l_{3-РП})}{l_{\text{РП-2}} + l_{2-1} + l_{1-9} + l_{9-8} + l_{8-7} + l_{7-6} + l_{6-5} + l_{5-4} + l_{4-3} + l_{3-РП}}, \quad (40)$$

$$S_{\text{РП-ТП2}} = \frac{408,365 \cdot (4,46) + 483,031 \cdot (4,19) + 933,126 \cdot (3,33) + 394,395 \cdot (2,97) + 482,511 \cdot (2,56) + 372,781 \cdot (1,84) + 455,388 \cdot (1,57) + 533,356 \cdot (0,83) + 299,563 \cdot (0,69)}{0,32 + 0,27 + 0,86 + 0,36 + 0,41 + 0,72 + 0,27 + 0,74 + 0,14 + 0,69} = 2386,895 \text{ кВА}.$$

Необходимо по одной вычитать из мощности головного участка нагрузку, приведенную к стороне ВН каждой ТП, таким образом, мы рассчитаем поток мощности на остальных участках сети [11]:

$$S_{2-1} = S_{\text{РП-ТП2}} - S_{\text{ВН.ТП2}}, \quad (41)$$

$$S_{2-1} = 2386,895 - 483,031 = 1978,53 \text{ кВА}.$$

Точка потокораздела в петле – это участок, на котором значение потока мощности станет отрицательным, то есть на этом участке в нормальном режиме будет стоять разомкнутый разъединитель.

Точкой потококораздела будет участок 7-6, значит ТП №2, ТП №1, ТП №9, ТП №8, ТП №7 будут питаться от одной секции шин РП, а ТП №6, ТП №5, ТП №4, ТП №3 – от другой.

### 5.5 Выбор и проверка сечений распределительной сети 10 кВ

Произведем выбор сечения линии, рассматривая магистральную сеть, питающую ТП №2.

Производим расчет тока по полной мощности для выбора провода:

$$I_p = \frac{S_p}{U_{ном} \cdot \sqrt{3}}, \quad (42)$$

где  $S_p$  – полная мощность линии,  $кВА$  ;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение,  $кВ$  .

Длительно допустимый ток всегда должен превышать расчётный ток нагрузки, а он равен:

$$I_{p(PI-2)} = \frac{408,365}{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 2} = 11,788 \text{ А}.$$

Тогда выберем самонесущий изолированный провод СИП – 3 с длительно допустимым током  $I_{дл.доп} = 200$  А [30].

Расчет участков высоковольтной сети проведен в программе MathCad 14 и представлен в Приложении Б.

Основные данные по расчету и выбору воздушных линий 10 кВ сведены в таблицу 7.

То есть мы можем сделать небольшое заключение о том, что расчет сечений проводов на 10 кВ аналогичен расчету сечений на 0,4 кВ .

Таблица 7 – Расчет и выбор проводов воздушных линий 10 кВ

Линия	Максимальный рабочий ток $I_{p,max}$ , А	Длина линии, км	Тип провода	Сечение провода, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимый ток $I_{доп}$ , А
РП - ТП №2	11,788	0,32	СИП – 3	1x35	200
ТП №2 - ТП №1	13,944	0,27	СИП – 3	1x35	200
ТП №1–ТП №9	26,937	0,86	СИП – 3	1x35	200
ТП №9–ТП №8	11,385	0,36	СИП – 3	1x35	200
ТП №8–ТП №7	13,929	0,41	СИП – 3	1x35	200
РП - ТП №3	8,648	0,69	СИП – 3	1x35	200
ТП №3–ТП №4	15,397	0,14	СИП – 3	1x35	200
ТП №4–ТП №5	13,146	0,74	СИП – 3	1x35	200
ТП №5–ТП №6	10,761	0,27	СИП – 3	1x35	200
ТП №7–ТП №6	24,69	0,72	СИП – 3	1x35	200

Для всех участков высоковольтной сети выбирается провод СИП 3 с сечением жилы 35 мм<sup>2</sup> [30], который смонтирован на ж/б опорах СВ-10,5.

Провода всегда должны проверяться на потери напряжения, допустимая величина которых не должна превышать 5 % в самом тяжелом режиме – послеаварийном. Вывод из работы и отключение одного из головных участков являются самыми тяжелыми авариями, и при них напряжение должно всегда оставаться на допустимом уровне. Отклонение напряжения также не должно быть более чем на 5 %.

Расчет потерь напряжения в распределительной сети 10 кВ представлен в Приложении Б. Рассчитанные данные сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Потери напряжения в распределительной сети 10 кВ

Линия	Потеря напряжения $\Delta U$ , %
РП - ТП №2	0,439
ТП №2 - ТП №1	0,445
ТП №1–ТП №9	0,737
ТП №9–ТП №8	0,147
ТП №8–ТП №7	0,096
РП - ТП №3	0,267
ТП №3–ТП №4	0,297
ТП №4–ТП №5	0,223
ТП №5–ТП №6	0,049
ТП №7–ТП №6	0,298
РП - ТП №2(При отключенном головном участке РП-ТП №3)	0,809
РП - ТП №3(При отключенном головном участке РП–ТП №2)	0,647

Как и должно, отклонения напряжения не превышают допустимую величину 5 %. Значит, сечение проводов воздушных линий выбрано правильно.

### 5.6 Определение потерь мощности в сетях 10 кВ

Определение потерь мощности и энергии в сетях 10 кВ определяется по формулам [11]:

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (43)$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I^2 \cdot x_0 \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (44)$$

где  $I$  – расчетный ток участка, А ;

$r_0$  и  $x_0$  – активное и реактивное удельные сопротивления линии,

Ом / км ;

$l$  – длина линии, км .

Полный расчёт потерь в распределительных линиях 10 кВ произведён в программе MathCad 14, представлен в Приложении Б.

Результаты расчета потерь мощности в линиях 10 кВ приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Потери мощности в линиях 10 кВ

Линия	$l$ , км	$r_0$ , Ом / км	$x_0$ , Ом / км	$\Delta P$ , кВт	$\Delta Q$ , квар
РП - ТП №2	0,32	0,99	0,067	0,132	0,0089
ТП №2 - ТП №1	0,27	0,99	0,067	0,156	0,011
ТП №1–ТП №9	0,86	0,99	0,067	1,853	0,125
ТП №9–ТП №8	0,36	0,99	0,067	0,139	0,0094
ТП №8–ТП №7	0,41	0,99	0,067	0,236	0,016
РП - ТП №3	0,69	0,99	0,067	0,153	0,01
ТП №3–ТП №4	0,14	0,99	0,067	0,099	0,0067
ТП №4–ТП №5	0,74	0,99	0,067	0,38	0,026
ТП №5–ТП №6	0,27	0,99	0,067	0,093	0,0063
ТП №7–ТП №6	0,72	0,99	0,067	1,304	0,088

Требуется пересчитать расчетную нагрузку на шинах РП, теперь уже учитывая потери в линиях:

$$P_{РП} = P_{РП(ТП)} + \Delta P_{\Sigma}, \quad (45)$$

$$Q_{РП} = Q_{РП(ТП)} + \Delta Q_{\Sigma}, \quad (46)$$

где  $P_{PI(TP)}$  и  $Q_{PI(TP)}$  – активная и реактивная нагрузки на РП,  
учитывающие только нагрузку ТП, *кВт* и *квар* ;

$\Delta P_{\Sigma}$  и  $\Delta Q_{\Sigma}$  – суммарные потери в линиях *10 кВ*, *кВт* и *квар* .

$$\Delta P_{\Sigma} = \left( \begin{array}{l} 0,132 + 0,156 + 1,853 + 0,139 + 0,236 + \\ + 0,153 + 0,099 + 0,38 + 0,093 + 1,304 \end{array} \right) = 4,544 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\Sigma} = \left( \begin{array}{l} 0,0089 + 0,011 + 0,125 + 0,0094 + 0,016 + \\ 0,01 + 0,0067 + 0,026 + 0,0063 + 0,088 \end{array} \right) = 0,308 \text{ квар},$$

$$P_{PI} = 2593 + 4,544 = 2597,544 \text{ кВт},$$

$$Q_{PI} = 2094 + 0,308 = 2095 \text{ квар},$$

$$S_{PI} = \sqrt{(2597,544^2 + 2095^2)} = 3,336 \text{ МВА}.$$

### 5.7 Выбор и проверка сечений питающих линий 10 кВ

Распределительный пункт, питающий нагрузку села, будет запитан от ПС «Тамбовская» *110 / 35 / 10 кВ* двумя воздушными линиями.

Рассчитывать сечение провода будем тем же методом, что и для расчета распределительной сети *10 кВ* . Нагрузка на шинах РП равна *3,336 МВА* , а длина трассы от ПС «Тамбовская» до проектируемого РП – *4 км*.

$$I_{p.ПС-PI} = \frac{3336}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 96,3 \text{ А}.$$

Выбираем ближайшее стандартное сечение *120 мм<sup>2</sup>* [30]. Проверка на допустимый нагрев в послеаварийном режиме:

$$I_{n/a.p.ПС-PI} = \frac{3336}{\sqrt{3} \cdot 10} = 192,6 \text{ А}.$$

Длительный допустимый ток для провода *120 мм<sup>2</sup>* равен *430 А* :

$$430 \geq 192,6.$$

Условие выполняется, следовательно, сечение выбрано верно.

Проверим на допустимые потери напряжения:



$$\Delta U = \frac{(2597,544 \cdot 0,29 + 2095 \cdot 0,05)}{10} \cdot 4 = 343,215 \text{ В},$$

$$\delta U = \frac{343,215}{10000} \cdot 100\% = 3,432 \text{ \%}.$$

Потери не превышают 5 %, таким образом, сечение провода выбрано верно.

К установке принимаем два провода СИП – 3 сечением  $120 \text{ мм}^2$  с алюминиевыми жилами сплава в стальной оплетке и с изоляцией из светостабилизированного полиэтилена [30].

## 6 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Расчет токов КЗ при реконструкции системы электроснабжения очень важен. Так как он необходим для: проверки проводов по термической стойкости, выбора электрооборудования, выбора уставок автоматики и релейной защиты.

### 6.1 Расчет токов короткого замыкания в сети 10 кВ

При расчете токов короткого замыкания в сетях 10 кВ необходимо определить токи в нескольких точках, таких как: шины РП и шины расчетных ТП.

В соответствии с ГОСТ Р 52735-2007 [8], в электроустановках выше 1 кВ за расчетные сопротивления принимаются индуктивные сопротивления электрических машин, силовых трансформаторов и автотрансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий, а также токопроводов. Активное сопротивление учитывается для ВЛ с малыми сечениями и стальными проводами.

При расчете токов КЗ на 10 кВ будем использовать метод относительных единиц.

Расчетная схема замещения представлена на рисунке 4.

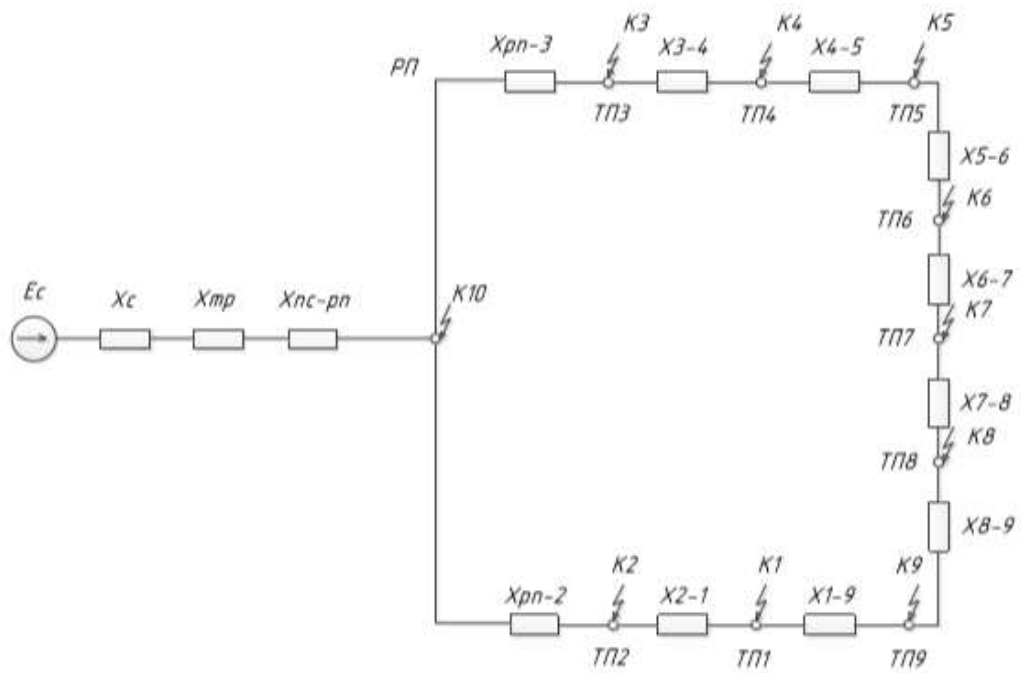


Рисунок 4 - Схема замещения для расчета токов КЗ 10 кВ

Сопротивления элементов схемы замещения находятся по формулам ГОСТ Р 52735-2007. «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ» [8]:

$$X_c = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.ном}} \cdot I_{\text{кз}}^{(3)}}, \quad (47)$$

где  $X_c$  – сопротивление системы, *о.е.*;

$I_{\text{кз}}^{(3)}$  – значение тока трехфазного КЗ системы, *кА*;

$U_{\text{ср.ном}}$  – среднее номинальное напряжение сети, *кВ*,

соответствующее ступени напряжения, в узле которой

известно значение  $I_{\text{кз}}^{(3)}$ , *кА*;

$S_{\sigma}$  – базисная мощность, *МВА*.

Базисную мощность принимаем равной 100 МВА.

$$X_{Л} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\text{ср.ном}}^2}, \quad (48)$$

$$R_{Л} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\text{ср.ном}}^2}, \quad (49)$$

где  $R_{Л}$  и  $X_{Л}$  – активное и индуктивное сопротивления линии, Ом;  
 $r_0$  и  $x_0$  – активное и индуктивное удельные сопротивления линии,  
Ом / км ;  
 $l$  – длина линии, км .

Сопротивление трансформатора найдем по формуле:

$$X_{ТР} = \frac{u_{\kappa}}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{ТР\text{ном}}}. \quad (50)$$

Изначальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{КЗ}^{(3)} = \frac{E_C}{Z_{КЗ}} \cdot I_{\sigma 1}, \quad (51)$$

где  $Z_{КЗ}$  – полное сопротивление до точки КЗ, Ом ;  
 $E_C$  – ЭДС системы, кВ ;  
 $I_{\sigma 1}$  – базисный ток, кА .

$$I_{\sigma 1} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.ном}}}. \quad (52)$$

Полное сопротивление до точки КЗ мы найдем следующим образом:

$$Z = \sqrt{(\sum X_{Л} + X_C + X_{TP})^2 + (\sum R_{Л})^2} . \quad (53)$$

Расчет ударного тока будем искать следующим образом:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{\text{ПО}}^{(3)}, \quad (54)$$

где  $k_{y\partial}$  – ударный коэффициент;

$$k_{y\partial} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}, \quad (55)$$

где  $T_a$  – постоянная времени затухания, с:

$$T_a = \frac{\sum X}{\omega \cdot \sum R}. \quad (56)$$

Теперь мы можем найти ток двухфазного КЗ по формуле:

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{ПО}}^{(3)}. \quad (57)$$

Для примера рассмотрим расчет токов КЗ для точки К1.

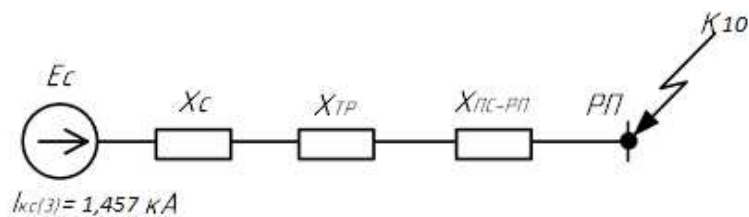


Рисунок 5 – Расчет токов КЗ на шинах РП

Ток трехфазного КЗ на шинах 110 кВ питающей подстанции «Тамбовская» 110/35/10 кВ, равен 1,457 кА. Рассчитаем сопротивления элементов схемы замещения.

На ПС установлены два трансформатора: ТДН-16000 и ТДН-25000. Рассчитаем сопротивления трансформаторов:

$$X_{TP1} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{16} = 0,656 \text{ о.е.},$$

$$X_{TP2} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{25} = 0,42 \text{ о.е.},$$

$$X_{TP_{экв}} = \frac{1}{\frac{1}{0,656} + \frac{1}{0,42}} = 0,256 \text{ о.е.}$$

Рассчитаем сопротивления линии:

$$X_{Л} = 0,05 \cdot 4 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,181 \text{ о.е.},$$

$$R_{Л} = 0,29 \cdot 4 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 1,052 \text{ о.е.}$$

Рассчитаем сопротивление системы:

$$X_c = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 1,457} = 3,774 \text{ о.е.}$$

Теперь найдем полное сопротивление:

$$Z = \sqrt{(0,181 + 3,774 + 0,256)^2 + (1,052)^2} = 4,341 \text{ о.е.}$$

Найдем базисный и трехфазный токи:

$$I_{\phi 1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА},$$

$$I_{КЗ}^{(3)} = \frac{1}{4,341} \cdot 5,5 = 1,267 \text{ кА},$$

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,267 = 1,097 \text{ кА},$$

$$k_{y\partial} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,01}} = 1,368,$$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 1,368 \cdot 1,267 = 2,451 \text{ кА}.$$

Расчет токов короткого замыкания остальных точек КЗ произведен в программе MathCad 14 и представлен в Приложении Б.

Результаты расчетов токов КЗ остальных точек сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты расчета токов КЗ на 10 кВ

Расчетная точка КЗ	$I_{\kappa}^{(3)}, \text{кА}$	$I_{\kappa}^{(2)}, \text{кА}$	$i_{y\partial}, \text{кА}$
1	2	3	4
К1	1,214	1,051	2,348
К2	1,239	1,073	2,397
К3	1,203	1,042	2,328
К4	1,189	1,03	2,3
К5	1,109	0,96	2,145
К6	1,079	0,934	2,086
К7	1,036	0,897	2,005
К8	1,082	0,937	2,093
К9	1,122	0,972	2,171
К10	1,267	1,097	2,451

## 6.2 Расчёт токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ

При расчете токов КЗ в сетях 0,4 кВ необходимо определить токи в нескольких точках: шины 0,4 кВ расчетной ТП, в конце линии самого большого потребителя.

Согласно ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ» [7] «при расчетах КЗ в сетях 0,4 кВ необходимо учитывать сопротивления трансформаторов тока, токовых катушек автоматических выключателей, сопротивления различных контактов и контактных сопротивлений. Также рекомендуется учитывать сопротивление электрической дуги в месте КЗ».

Рассчитаем токи КЗ для примера на стороне НН ТП №9, где установлены трансформаторы мощностью 630 кВА, с самым большим потребителем.

Формулы сопротивлений всех элементов схемы замещения взяты из ГОСТ 28249-93 [7].

Расчетная схема замещения представлена на рисунке 6.

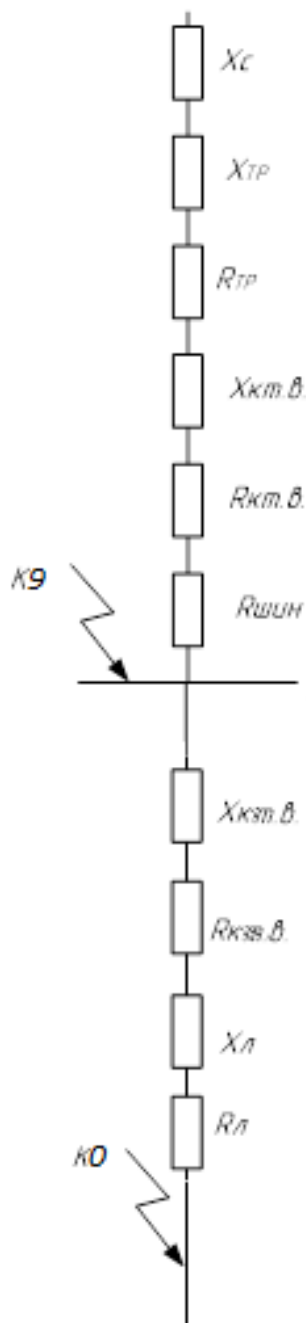


Рисунок 6 – Схема замещения для расчетов токов КЗ в сети 0,4 кВ



Во-первых, произведем расчет параметров схемы замещения. Во-вторых, по схеме замещения определим все сопротивления элементов.

Сопротивление системы рассчитывается по формуле:

$$X_C = \frac{U_{срнн}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{КЗ} \cdot U_{срвн}} \cdot 10^3, \quad (58)$$

где  $U_{срнн}$  и  $U_{срвн}$  – среднее номинальное напряжение сети, подключенное к обмотке низшего и высшего напряжений соответственно, В;

$I_{КЗ}$  – действующее значение трехфазного тока у выводов обмотки высшего напряжения, кА.

$$X_C = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 1,267 \cdot 10500} = 0,0069 \text{ мОм}.$$

Сопротивления силовых трансформаторов найдем по следующим формулам:

$$X_T = \sqrt{(u_K)^2 \cdot \left( \frac{100 \cdot \Delta P_K}{S_{T.ном}} \right)^2} \frac{U_{НН.ном}^2}{S_{T.ном}} \cdot 10^4, \quad (59)$$

$$R_T = \frac{\Delta P_K \cdot U_{НН.ном}^2}{S_{T.ном}^2} \cdot 10^6, \quad (60)$$

где  $S_{T.ном}$  – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$U_{НН.ном}$  – номинальное напряжение обмотки низшего напряжения трансформатора, кВ.

$$X_T = \sqrt{(4,5)^2 - \left( \frac{100 \cdot 3,6}{250} \right)^2} \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^4 = 27,286 \text{ мОм},$$

$$R_T = \frac{3,6 \cdot 0,4^2}{250^2} \cdot 10^6 = 9,216 \text{ мОм}.$$

Активные сопротивления контактов и контактных соединений приблизительно можно принять:  $R_k = 0,1 \text{ мОм}$  – для контактных соединений кабелей,  $R_k = 1,0 \text{ мОм}$  – для коммутационных аппаратов [7].

Сопротивления трансформаторов тока необходимо учитывать только на токи до  $500 \text{ А}$ .

Сопротивление катушек контактных выключателей принимаем  $R_{кв} = 0,14 \text{ мОм}$ ,  $X_{кв} = 0,08 \text{ мОм}$ ,  $R_{кв.конт} = 0,15 \text{ мОм}$  [7].

Сопротивления от выводов силового трансформатора до шин  $0,4 \text{ кВ}$  КТП следующие:  $R_{шин} = 0,1 \text{ мОм}$ ,  $X_{шин} = 0,06 \text{ мОм}$  [7].

Найдём общие активное и индуктивное сопротивления:

$$R_{I\Sigma} = R_{TP} + R_{шин} + R_{кв} + R_k + R_{пер}, \quad (61)$$

$$R_{I\Sigma} = 9,216 + 0,1 + 0,14 + 0,15 + 0,1 = 9,706 \text{ мОм},$$

$$X_{I\Sigma} = X_C + X_{TP} + X_{кв} + X_{шин}, \quad (62)$$

$$X_{I\Sigma} = 0,0069 + 27,286 + 0,08 + 0,06 = 27,433 \text{ мОм}.$$

Значение периодической составляющей трехфазного тока КЗ в т. К2:

$$I_{по9}^{(3)} = \frac{U_{срнн}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{I\Sigma}^2 + X_{I\Sigma}^2}}, \quad (63)$$

$$I_{по9}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{9,706^2 + 27,433^2}} = 7,936 \text{ кА}.$$

Найдем ударный ток в точке К1:

$$I_{y09} = \sqrt{2} \cdot 7,936 \cdot 1,368 = 15,353 \text{ кА}.$$

Ток двухфазного КЗ рассчитаем так же, как и для сети 10 кВ:

$$I_{\text{ПО9}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 7,936 = 6,873 \text{ кА}.$$

При нахождении однофазного КЗ требуется учитывать прямую, обратную и нулевую последовательности:

$$I_{\text{ПО9}}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{CPHH}}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}, \quad (64)$$

где  $R_{1\Sigma}$  и  $X_{1\Sigma}$  – суммарные активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности, Ом;

$R_{2\Sigma}$  и  $X_{2\Sigma}$  – суммарные активное и индуктивное сопротивления обратной последовательности, Ом;

$R_{0\Sigma}$  и  $X_{0\Sigma}$  – суммарные активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности, Ом.

Схема замещения обратной последовательности идентична схеме прямой последовательности, исключая ЭДС. Сопротивления элементов данных последовательностей равны [7]. Таким образом, сопротивления обратной последовательности найдем по формулам:

$$R_{2\Sigma} = R_{\text{TP}} + R_{\text{шин}} + R_{\text{кв}} + R_{\text{к}} + R_{\text{пер}}, \quad (65)$$

$$X_{2\Sigma} = X_{\text{TP}} + X_{\text{кв}} + X_{\text{шин}}. \quad (66)$$

Сопротивления нулевой последовательности по аналогии будут равняться сопротивлениям прямой последовательности для данной цепи:

$$R_{0\Sigma} = R_{TP} + R_{шин} + R_{кв} + R_{к} + R_{пер}, \quad (67)$$

$$X_{0\Sigma} = X_C + X_{TP} + X_{кв} + X_{шин}. \quad (68)$$

Следовательно, однофазный ток для точки К9 будет равен:

$$I_{П09}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{СРНН}}{\sqrt{(3R_{TP} + 3R_{шин} + 3R_{кв} + 3R_{к} + 3R_{пер})^2 + (2X_C + 3X_{TP} + 3X_{кв} + 3X_{шин})^2}}, \quad (69)$$

Тогда значения сопротивлений, учитывая то, что схема замещения обратной последовательности идентична схеме прямой последовательности, но исключая ЭДС, будут равны 29,118 Ом и 82,291 Ом. При этом однофазный ток будет следующим:

$$I_{П09}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{29,118^2 + 82,291^2}} = 7,937 \text{ кА}.$$

Подробный расчет токов для всех остальных точек выполнен в программе MathCad 14 и представлен в Приложении Б.

## 7 ПРОВЕРКА ВЫБРАННЫХ СЕЧЕНИЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ТОКОВ КЗ

Выбранные провода должны быть устойчивы к термическому действию токов КЗ. Чтобы это обеспечить, необходимо расчетную температуру провода при протекании тока КЗ сделать такой, чтобы она не превышала допустимую температуру для материала изоляции провода.

Рассчитаем тепловой импульс, благодаря которому производится проверка проводов на термическое действие токов КЗ:

$$B_{кз} = I_{н.о}^2 \cdot (t_{откл} + T_a), \quad (70)$$

где  $I_{н.о}$  – действующее значение периодической составляющей тока КЗ, кА;

$t_{откл}$  – время отключения тока КЗ, с;

$T_a$  – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания.

$$t_{откл} = t_в + t_{рз}, \quad (71)$$

где  $t_в$  – время отключения выключателя от момента возникновения КЗ до начала расхождения контактов, с;

$t_{рз}$  – время действия релейной защиты, с.

Термически стойкое сечение кабеля должно быть минимально допустимым, оно определяется по формуле:

$$F_{тер} = \frac{\sqrt{B_{кз}}}{C_m}, \quad (72)$$

где  $C_m$  – коэффициент, зависящий от материала проводника и допустимой

температуры нагрева, для алюминиевых жил проводов 10 кВ

принимается  $C_m = 100$ .

Верно выбранное сечение кабеля или воздушной линии должно удовлетворять следующему условию [8]:

$$F_{тер} \leq F_{выбр} \quad (73)$$

Проверим провод на термическое действие тока КЗ на примере линии РП-ТП №2. Параметры воздушной линии: действующее значение периодической составляющей тока КЗ –  $I_{н.о} = 1,239$  кА и постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ –  $T_a = 0,01$  с.

Тогда время отключения выключателя найдем следующим образом:

$$t_{откл} = 0,13 + 0,02 = 0,15 \text{ с.}$$

Определим тепловой импульс:

$$B_{кз} = 1,239^2 \cdot (0,15 + 0,01) = 0,246 \text{ .}$$

Минимально допустимое сечение рассчитается:

$$F_{min.РП-ТП№4} = \frac{\sqrt{0,246}}{100} = 0,005 \text{ мм}^2 \text{ .}$$

Сечением выбранного провода:  $F_{выбр} = 35 \text{ мм}^2$  .

Сравним выбранное и полученное сечения  $0,002 \leq 35$ , получаем, что условие выполняется. Значит сечение провода выбрано правильно.

Результаты проверки остальных проводов СИП представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Проверка выбранных сечений на воздействие токов КЗ

Линия	$I_{н.о}$ , кА	$B_{кз}$	$F_{min.}$	$F_{выбр}$	Условие выполнения
1	2	3	4	5	6
РП – ТП №2	1,239	0,246	0,005	35	Выполняется

## Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6
ТП №2–ТП №1	1,214	0,236	0,005	35	Выполняется
ТП №1–ТП №9	1,122	0,201	0,004	35	Выполняется
ТП №9–ТП №8	1,082	0,187	0,004	35	Выполняется
ТП №8–ТП №7	1,036	0,172	0,004	35	Выполняется
РП – ТП №3	1,203	0,232	0,005	35	Выполняется
ТП №3–ТП №4	1,189	0,226	0,005	35	Выполняется
ТП №4–ТП №5	1,109	0,197	0,004	35	Выполняется
ТП №5–ТП №6	1,079	0,186	0,004	35	Выполняется
ТП №7–ТП №6	1,036	0,172	0,004	35	Выполняется

По данным результатов проверки сечения по длительно допустимому току сечения были выбраны правильно.

## 8 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Мы должны произвести выбор аппаратов в выпускной квалификационной работе для реконструируемой схемы электроснабжения села Тамбовка. Это необходимо для надежной работы нашей схемы.

Следует выполнить проверку и выбор сборных шин и ячеек РП.

### 8.1 Выбор и проверка выключателей

Выключатель – это коммутационный аппарат, который предназначен для отключения и включения тока в электрической цепи в нормальном режиме и для автоматического отключения поврежденного участка сети при аварийном режиме.

Высоковольтные выключатели по методу гашения дуги разделяются на: масляные, воздушные, вакуумные, элегазовые и другие.

Выключатели должны быстро и надежно отключать любые токи, быть удобны, обладать взрывобезопасностью, пожаробезопасностью.

Установка высоковольтных выключателей производится в начале линии.

На РП принимаем к установке выключатели на вводах, на всех отходящих линиях, а также установим выключатель между секциями шин, то есть обеспечим секционную связь.

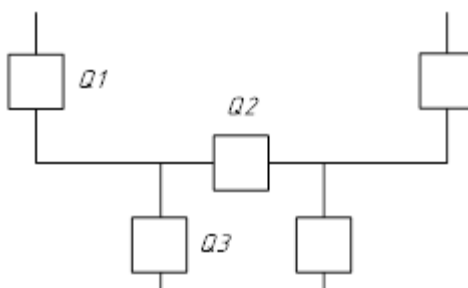


Рисунок 7 – Место установки выключателей в РП [18]

Условие для выбора выключателей [12]:

– при выборе выключателей номинальное напряжение установки должно быть меньше (или равно) номинальному напряжению выключателя:



$$U_{уст} \leq U_{ном}, \quad (74)$$

где  $U_{уст}$  – номинальное напряжение установки,  $кВ$ ;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение выключателя,  $кА$ ;

– максимальный рабочий ток электрической цепи не должен превышать номинальный ток из каталожных данных:

$$I_{раб.макс} \leq I_{ном}, \quad (75)$$

где  $I_{раб.макс}$  – максимальный рабочий ток,  $кА$ ;

$$I_{раб.макс} = \frac{\sqrt{P_p^2 + Q_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (76)$$

– ток отключения должен превышать или равняться периодической составляющей тока короткого замыкания:

$$I_{ПО} \leq I_{откл.ном}. \quad (77)$$

Для того чтобы проверить выключатель на термическую стойкость к токам КЗ необходимо рассчитать максимальную температуру нагрева электрических аппаратов, и для этого нужно знать длительность протекания КЗ, время срабатывания защиты и время отключения выключателя [23]. Еще посчитать тепловой импульс и сравнить его с тепловым импульсом короткого замыкания:

$$B_{к.в} = I_{терм}^2 \cdot t_{терм}, \quad (78)$$

где  $I_{терм}$  – ток термической стойкости,  $кА$ ;

$t_{терм}$  – время протекания КЗ,  $с$ .

Проведем проверку и выбор выключателей на примере отходящей линии к ТП №2. Устанавливаем вакуумный выключатель типа ВВ/TEL-10-20/630-У3. На рисунке 8 представлен внешний вид данного выключателя.



Рисунок 8 – Выключатель вакуумный типа ВВ/TEL-10-20/630-У3

Расчетные и каталожные данные выключателя представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Сопоставление расчетных и каталожных данных для выбора выключателя

Расчетные данные	Каталожные данные	Условие выбора
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.мах} = 11,788 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$	$I_{раб.мах} \leq I_{ном}$
$I_{п.0} = 1,239 \text{ кА}$	$I_{откл.ном} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{п.0} \leq I_{откл.ном}$
$I_{п.0} = 1,239 \text{ кА}$	$I_{вкл.ном} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{п.0} \leq I_{вкл.ном}$
$i_{уд} = 2,397 \text{ кА}$	$i_{скв} = 32 \text{ кА}$	$i_{уд} \leq i_{вкл}$
$B_k = 59 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 468,75 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$

Данные выключатели удовлетворяет условиям проверки. На всех оставшихся ячейках установим также выключатели типа ВВ/TEL-10.

Тип и марка всех выбранных выключателей указаны в следующей таблице 14.

Таблица 14 – Выбор высоковольтных выключателей

Место установки	Марка
РП-ТП №2	ВВ/TEL-10-12,5/630-У2
РП-ТП №3	ВВ/TEL-10-12,5/630-У2

## 8.2 Выбор и проверка трансформаторов тока

Для чего нужны трансформаторы тока? Для сокращения первичного тока до более комфортных значений при включении измерительных устройств и реле.

Класс точности для трансформатора тока будет равным 0,5, так как подключены счетчики электрической энергии.

Если первичный ток ТТ не превышает 4000 А, то номинальный вторичный ток ТТ равен 1 А. В случае превышения – 5 А.

Условия для выбора трансформатора тока:

– при выборе ТТ номинальное напряжение установки должно быть меньше (или равно) номинальному напряжению ТТ:

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (79)$$

– номинальный первичный ток ТТ должен быть ближе к максимальному рабочему току в цепи. Это нужно для того чтобы не было погрешностей измерений, вызванных недогрузкой первичной обмотки:

$$I_{раб.макс} \leq I_{ном}; \quad (80)$$

– расчетная вторичная нагрузка приборов должна быть меньше (или равна) номинальной допустимой нагрузке трансформатора для выбранного класса точности:

$$Z_2 \leq Z_{2ном}. \quad (81)$$

В нагрузку вторичной цепи входят сопротивления приборов  $Z_{приб}$ , контактов и соединительных проводов:

$$Z_2 = Z_{приб} + Z_{пров} + Z_{к}, \quad (82)$$

$$Z_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2}, \quad (83)$$

где  $S_{приб}$  – мощность приборов,  $ВА$ ;

$I_2$  – вторичный номинальный ток приборов,  $A$ .

$$Z_{пров} = \rho \cdot \frac{l}{S_{пров}}, \quad (84)$$

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление провода,  $Ом \cdot м$ ;

$l$  – длина провода,  $м$ ;

$S_{пров}$  – сечение провода,  $мм^2$ .

Длину проводов, которые соединяют ТТ и приборы, принимаем для КРУ 6–10  $кВ$  приблизительно равной 3–5  $м$ .

Условия для проверки трансформатора тока:

– проверка на термическое действие тока КЗ производится:

$$B_K \leq (K_m \cdot I_{1ном})^2 \cdot t_m, \quad (85)$$

где  $K_m$  – кратность термической стойкости;

$t_m$  – время термической стойкости, с ;

– проверка на динамическую стойкость:

$$i_{yд} = k_{yд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1ном}, \quad (86)$$

где  $k_{yд}$  – кратность электродинамической стойкости, величина

справочная;

$I_{1ном}$  – номинальный первичный ток трансформатора тока, А.

В ячейках РП установим трансформатор тока марки ТОЛ-СЭЦ-10, которые произвели «Электроцит Самара», представленный на рисунке 9.



Рисунок 9 – Трансформатор тока марки ТОЛ-СЭЦ-10

Состав вторичной нагрузки трансформатора тока приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Вторичная нагрузка трансформаторов тока 10 кВ

Прибор	Тип	Нагрузка, <i>ВА</i> по фазам		
		А	В	С
1	2	3	4	5
Амперметр	СА3021	5	0	
Ваттметр	СР3021	5	0	5
Варметр	СТ3021	7,5	-	7,5
Счетчик АЭ	Альфа-А1800	0,1	0	0,1
Счетчик РЭ				
Итого		17,6	0	17,6

Чтобы погрешность у ТТ не увеличивалась, и данное увеличение не влияло на измерения, нужно номинальную нагрузку приборов выполнить меньше, чем допустимые значения для ТТ данного класса точности.

Сейчас найдем допустимую нагрузку следующим образом:

$$Z_{2H} = \frac{S_{2H}}{I_{2H}^2}, \quad (87)$$

где  $S_{2H}$  – номинальная нагрузка вторичной цепи, справочная величина, *ВА*;

$I_{2H}$  – номинальный ток вторичной цепи, *А*.

Мощность вторичной обмотки  $S_{2H} = 25$  *ВА*.

Определяем номинальное сопротивление вторичной обмотки:

$$Z_{2H} = \frac{25}{5^2} = 1 \text{ Ом}.$$

Общее сопротивление приборов будет равным:

$$Z_{\text{приб}} = \frac{17,6}{5^2} = 0,704 \text{ Ом}.$$

Сопротивление контактов принимаем  $Z_{\kappa} = 0,01$  *Ом*.

Вторичная нагрузка тогда будет:

$$Z_2 = 0,704 + 0,07 + 0,01 = 0,784 \text{ Ом.}$$

Производим проверку на термическую стойкость к токам КЗ:

$$B_k \leq (5 \cdot 16)^2 \cdot 20,03 = 128,192 \text{ кА}^2\text{с}.$$

Сравнение каталожных и расчетных данных приведено в таблице 16.

Таблица 16 – Каталожные и расчетные данные ТОЛ-СЭЩ-10-01-0,5-25-300/5-У2

Расчетные данные	Каталожные данные	Условие выбора
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H \geq U_P$
$I_{p.\max} = 192,83 \text{ А}$	$I_H = 300 \text{ А}$	$I_H \geq I_{p.\max}$
$Z_{Hp} = 0,784 \text{ Ом}$	$Z_{2H} = 1 \text{ Ом}$	$Z_{2H} \geq Z_{Hp}$
$B_{kp} = 128,192 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{кн} = 992 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{кн} \geq B_{kp}$
$I_{y\delta} = 13,44 \text{ кА}$	$I_{дин} = 100 \text{ кА}$	$I_{дин} \geq I_{y\delta}$

### 8.3 Выбор и проверка трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения, класс точности которых равен 0,5 – это приборы, предназначенные для питания: подстанционной автоматики, обмоток напряжения приборов учета и контроля, аппаратов релейной защиты.

К установке примем ТН типа НАМИ, у которых обязательное заземление нулевой точки. Схема соединения в данном трансформаторе напряжения – «открытый треугольник» [17].

Выбирать трансформаторы напряжения будем, исходя из напряжения установки, схемы соединения и конструкции, класса точности и по вторичной нагрузке [12]:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{ном}, \tag{88}$$

где  $S_{ном}$  – номинальная мощность в выбранном классе точности;

$S_{2\Sigma}$  – нагрузка всех измерительных приборов и реле,

присоединенных к трансформатору напряжения указана в  
таблице 17.

Таблица 17 – Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения 10 кВ

Прибор	Тип	S прибора, ВА	Число обмоток	Число приборов	Полная потребляемая мощность
					S, ВА
Вольтметр	СВ3021	3	1	1	5
Ваттметр	СР3021	4	2	2	16
Варметр	СТ3021	4	2	2	16
Счетчик АЭ	Альфа- А1800	3,6	2	2	14,4
Счетчик РЭ					
Итого	-	-	-	7	47,4

Вторичная нагрузка трансформатора составляет  $S_{2\Sigma} = 47,4$  ВА.

Измерительные приборы за счет цифровых интерфейсов и телеметрических параметров выполняют также роль фиксирующих, контролирующих и регистрирующих приборов.

Установим на РП трансформаторы напряжения НАМИ–10-95 УХЛ2 [17].  
С внешним видом трансформатора можно на рисунке 10.





Рисунок 10 – Внешний вид трансформатора напряжения типа НАМИ-10-95 УХЛ2

Каталожные и расчетные данные приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнение каталожных и расчетных данных для проверки выбора трансформаторов напряжения

Расчетные данные	Каталожные данные	Условие выбора
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_{HT} = 10 \text{ кВ}$	$U_{HT} \geq U_H$
$S_p = 47,4 \text{ ВА}$	$S_H = 100 \text{ ВА}$	$S_H \geq S_p$

#### 8.4 Выбор и проверка сборных шин

В основном в РП 10 кВ сборные шины предполагается выполнять жесткими из алюминиевого сплава.

Выбираются сечения шин по нагреву (по допустимому току), учитывая нормальный и послеаварийный режимы.

Сечения шины выбираются по длительному допустимому току, для этого рассчитывается рабочий максимальный ток на шинах РП по формуле [12]:

$$I_{п/а} = \frac{S_{РП}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (89)$$

$$I_{н/а} = \frac{3336}{\sqrt{3} \cdot 10} = 192,83 \text{ А}.$$

К установке принимаем шины АДЗ1Т сечением  $60 \text{ мм}^2$ , с длительным допустимым током  $215 \text{ А}$ .

Проверка шины на термическую стойкость производится по данным для точки КЗ, например, точка К1 на шинах РП  $I_{ПО}^{(3)} = 1,267 \text{ кА}$ ;  $i_{y0} = 2,451 \text{ кА}$ .

Тепловой импульс тока КЗ находится по формуле:

$$B_k = I_{ПО}^2 \cdot (t_{откл} + T_a), \quad (90)$$

$$B_k = 1,267^2 \cdot (0,055 + 0,01) = 0,104 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Минимальное сечение по условию термической стойкости найдем следующим образом:

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_m}, \quad (91)$$

$$q_{min} = \frac{\sqrt{0,104 \cdot 10^3}}{82} = 0,124 \text{ мм}^2,$$

где  $C_m = 82 \text{ А} \cdot \text{с}^2 / \text{мм}^2$  – для алюминия.

$$q_{min} < q, \quad (92)$$

$$0,097 < 60 \text{ мм}^2.$$

Минимальное сечение, по условию термической стойкости, не должно превышать расчетное сечение, следовательно, термическая устойчивость шин обеспечена.

Произведем проверку шин теперь на механическую прочность.

Частота собственных колебаний алюминиевых полосовых шин будем искать по формуле:

$$f_c = \frac{173,2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{J}{q}}, \quad (93)$$

где  $l$  – длина пролета между изоляторами,  $м$ ;

$q$  – поперечное сечение шины,  $см^2$  ( $q = b \cdot h = 0,2 \cdot 3 = 0,6 \text{ см}^2$ );

$J$  – момент инерции поперечного сечения шины относительно оси, перпендикулярной направлению изгибающей силы:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (94)$$

$$J = \frac{0,2 \cdot 3^3}{12} = 0,45 \text{ см}^4,$$

$$f_c = \frac{173,2}{1,2^2} \cdot \sqrt{\frac{0,45}{0,6}} = 104 \text{ Гц}.$$

Механический резонанс не будет присутствовать, так как частота собственных колебаний шин меньше  $200 \text{ Гц}$ .

Определим наибольшее электродинамическое усилие, возникающее при трехфазном коротком замыкании:

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \cdot \frac{i_y^{(3)2}}{a} \cdot 10^{-7}, \quad (95)$$

где  $a = 0,8 \text{ м}$  – расстояние между фазами.

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \cdot \frac{2397^2}{0,8} \cdot 10^{-7} = 1,3 \text{ Н/м.}$$

Найдем изгибающий момент, который создается равномерно распределенной силой  $f$  :

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10}, \quad (96)$$

$$M = \frac{1,3 \cdot 1,2^2}{10} = 0,19 \text{ Н/м,}$$

где  $l$  – длина пролета между опорными изоляторами ( $l = 1,2 \text{ м}$ ).

Напряжение, которое появляется в материале шин при действии изгибающего момента, находится по формуле:

$$\sigma_{расч} = \frac{M}{W}, \quad (97)$$

где  $W$  – момент сопротивления при горизонтальном расположении шин. Для однополосных шин равен  $1,8 \text{ см}^3$ .

$$\sigma_{расч} = \frac{0,19}{1,8} = 0,11 \text{ МПа.}$$

Допустимое механическое напряжение в материале шин марки АДЗ1Т по справочнику составляет  $\sigma_{дон} = 89 \text{ МПа}$ .

Условие  $\sigma_{расч} \leq \sigma_{дон}$  выполняется, а, значит, выбранные шины механически прочны, и все условия выполняются.

Сравнение расчетных и паспортных данных шин сведено в таблицу 19.

Таблица 19 – Сравнение расчётных и каталожных данных шин

Расчётные данные	Каталожные данные	Условие выбора
1	2	3
$I_{\max} = 192,83 \text{ А}$	$I_{\text{дл.дон}} = 215 \text{ А}$	$I_{\text{дл.дон}} \geq I_{\max}$

1	2	3
$q_{\min} = 0,124 \text{ мм}^2$	$q = 60 \text{ мм}^2$	$q \geq q_{\min}$
$\sigma_{\text{расч}} = 0,11 \text{ МПа}$	$\sigma_{\text{доп}} = 89 \text{ МПа}$	$\sigma_{\text{доп}} \geq \sigma_{\text{расч}}$

Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах. Произведем выбор данных изоляторов. Выполним следующие условия для выбора опорных изоляторов [12]:

1. Номинальное напряжение установки должно быть меньше (или равно) номинальному напряжению изолятора:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}; \quad (98)$$

2. Выбор зависит от места установки;

3. Допустимая нагрузка должна быть больше (или равна) силы, действующей на изолятор:

$$F_{\text{расч}} \leq F_{\text{доп}}, \quad (99)$$

где  $F_{\text{расч}}$  – сила, действующая на изолятор,  $H$ ;

$F_{\text{доп}}$  – допустимая нагрузка на головку изолятора определяется по формуле:

$$F_{\text{доп}} = 0,6 \cdot F_{\text{разр}}, \quad (100)$$

где  $F_{\text{разр}}$  – разрушающая нагрузка на изгиб,  $H$ .

Максимальная сила, которая действует на изгиб, рассчитывается по формуле:

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot \frac{i_{y0}^2}{a} \cdot l \cdot 10^{-7}, \quad (101)$$

где  $a$  – расстояние между фазами, м;

$l$  – длина пролета между изоляторами, м.

К установке возьмем изоляторы ИО-10-3,75 с разрушающей нагрузкой на изгиб  $F_{разр} = 3750$  Н.

Допустимая нагрузка изолятора тогда будет следующей:

$$F_{доп} = 0,6 \cdot 3750 = 2250 \text{ Н}.$$

Максимальная сила, действующая на изгиб равна:

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot \frac{1734^2}{0,8} \cdot 6 \cdot 10^{-7} = 7,806 \text{ Н}.$$

Проверка:

$$7,806 \leq 3750 \text{ Н}.$$

Исходя из проверки можем сказать, что данный изолятор может быть принят к установке, так как он обладает большим запасом прочности.

### **8.5 Выбор комплектных распределительных устройств**

В РП 10 кВ принимаем к установке КРУ 10 кВ «Классика» серии D-12P производства «Таврида Электрик». Оно предназначено для распределения и приема электроэнергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц напряжением 6(10) кВ в сетях с изолированной или заземлённой через дугогасящий реактор (или резистор) нейтралью [17].

На рисунке 11 можно увидеть внешний вид шкафа КРУ «Классика» серии D-12P.



Рисунок 11 – Внешний вид шкафа КРУ «Классика» серии D-12P

Выдвижные элементы (выключатели, разъединители и другие) позволяют легко обслуживать и ремонтировать аппараты в процессе эксплуатации, что является немаловажным фактором для обслуживающего персонала.

Благодаря высокой стойкости ячейки КРУ легко переносят дуговые воздействия, а при их возникновении внутри шкафа ущерб минимизируется. Производится защита обслуживающего персонала от влияния электрической дуги.

Проверка КРУ проводится аналогично проверке выключателя.

### **8.6 Выбор и проверка предохранителей**

Защита распределительных линий  $0,4$  кВ выполняется предохранителем.

Выбор осуществляется по расчетному току. Установка осуществляется абсолютно на каждой ТП [17].

Условие выбора по расчетному току:

$$I_{расч} \leq I_B \leq I_{номПР}, \quad (102)$$

где  $I_B$  – номинальный ток плавкой вставки предохранителя, А;

$I_{номПР}$  – номинальный ток предохранителя, А.

Расчетный ток определяем по формуле:

$$I_{расч} = \frac{S / 2}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (103)$$

где  $S$  – максимальная мощность, которая может протекать через оборудование (с учётом аварийных ситуаций),  $кВА$ .

Проведем проверку предохранителя для линии РП-ТП №2:

$$I_{расч} = \frac{207,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 315,26 \text{ А}.$$

Установим предохранитель марки ПН2-400 с плавкой вставкой на номинальный ток  $400 \text{ А}$  [17].

Предохранители проверяют по следующим параметрам:

1. Согласование предохранителя с сечением проводника:

$$I_B \leq 3 \cdot I_{дл.дон}, \quad (104)$$

$$400 \leq 3 \cdot 335.$$

Таким образом, условие выполняется.

2. По чувствительности к токам КЗ:

$$I_{но}^{(1)} \geq 3 \cdot I_B, \quad (105)$$

$$9067 \geq 1200.$$

Мы видим, что условие выполняется.

## 8.7 Выбор и проверка автоматических выключателей

На двух трансформаторных ТП автоматические выключатели устанавливаются на вводах НН. Ими же и осуществляется секционная связь.



Автоматы серии ВА применяют при проектировании, так как они обладают повышенной способностью к коммутациям [4].

На каждой ТП выбираем автоматические выключатели по расчетному току:

$$I_{\text{ном.расц}} \geq I_p, \quad (106)$$

где  $I_{\text{ном.расц}}$  – номинальный ток расцепителя автоматического выключателя,  $A$ ;

$I_p$  – максимальный рабочий ток (в послеаварийном режиме),  $A$ .

Выберем автоматический выключатель для примера для ТП №2:

$$I_{\text{расч}} = \frac{483,031}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 733,889 \text{ A}.$$

Выбирается выключатель ВА53-41 с номинальным током  $1000 \text{ A}$ .

На рисунке 12 представлен внешний вид выключателя.



Рисунок 12 – Автоматический выключатель ВА53-41

Результаты расчета автоматических выключателей сведем в таблицу 20.

Таблица 20 – Результаты расчета автоматических выключателей

№ ТП	$S_{ТП}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{ном.расц}, \text{А}$	Марка выключателя
1	483,031	733,889	1000	ВА53-41
2	408,365	620,447	630	ВА53-41
3	299,563	455,139	630	ВА53-41
4	533,356	810,35	1000	ВА53-41
5	455,388	691,891	1000	ВА53-41
6	372,781	599,222	630	ВА53-41
7	482,511	733,1	1000	ВА53-41
8	394,395	599,222	630	ВА53-41
9	933,126	1418	1600	ВА55-43

Проверка автоматических выключателей производится, как и для предохранителей, но добавляется проверка по динамической стойкости:

$$i_{уд} \leq i_{дин}. \quad (107)$$

Но так как наименьшая предельная коммутационная способность выбранных автоматических выключателей составляет 135 кА и явно превышает максимальный ток трехфазного КЗ, следовательно, проверку проводить не обязательно.

## 9 ЗАЗЕМЛЕНИЕ И МОЛНИЕЗАЩИТА

### 9.1 Заземление РП 10 кВ

Заземление – это комплекс мероприятий проводимых с целью защиты людей и электроустановок, заключающийся в соединении различных частей электрооборудования с землей [12].

Защитное заземление снижает напряжение прикосновения до безопасных значений. Это происходит за счет стекания потенциала в землю. Такие защитные меры выполняют в электроустановках до и выше 1000 В.

Каким будет заземление зависит от нескольких факторов.

В данной работе для новой РП необходимо подобрать размеры и форму заземлителя и провести расчет его сопротивление.

В соответствии с ПУЭ, «вокруг площади, занимаемой подстанцией, на глубине не менее 0,5 м и на расстоянии не более 1 м от края фундамента здания подстанции или от края фундамента открытого установленного оборудования должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), присоединенный к заземляющему устройству».

Это происходит благодаря соединению горизонтальных и вертикальных заземлителей между собой, вбитых на определенной глубине в землю. Все это соединяется проводником с корпусом электрооборудования.

Ознакомиться с планом заземляющего устройства РП на 10 кВ можно на рисунке 13.

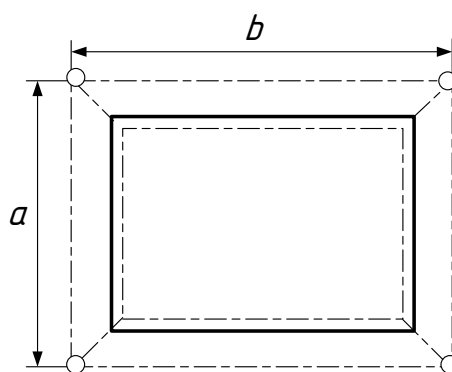


Рисунок 13 – План заземляющего устройства РП

Сопrotивление заземлителя – это значимая величина, необходимая для работы заземляющего устройства. Эффективность работы заземлителя прямо пропорционально зависит от сопротивления.

Заземляющее устройство в РП будет защищать сеть выше 1 кВ с изолированной нейтралью или до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, то сопротивление заземлителя должно быть не больше 4 Ом.

Горизонтальный заземлитель из стальной полосы укладывается в траншею на глубине 0,7 м.

Для вертикальных заземлителей будем использовать угловую сталь с размерами 50×50 и длиной 3 м.

Для горизонтального заземлителя примем полосовую сталь 4×40.

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя находится по формуле [12]:

$$R_{\text{верт}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot L}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4t + L}{4t - L} \right), \quad (108)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$L$  – длина вертикального электрода, м;

$t$  – расстояние от поверхности земли до середины стержня, м;

$d$  – диаметр принимаемого заземлителя, м.

Если используется угловая сталь в качестве заземлителя, то диаметр найдется по формуле:

$$d = 0,95 \cdot b, \quad (109)$$

где  $b$  – ширина стенки уголка, м.

$$d = 0,95 \cdot 0,05 = 0,0475 \text{ м.}$$

Расстояние от поверхности земли до середины стержня:

$$t = \frac{L}{2} + t_{\text{зоп}}, \quad (110)$$

$$t = \frac{3}{2} + 0,7 = 1,5 + 0,7 = 2,2 \text{ м.}$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя составит:

$$R_{\text{верт}} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left( \lg \frac{2 \cdot 3}{0,047} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right) = 27,62 \text{ Ом.}$$

Сопротивление одиночного горизонтального заземлителя:

$$R_{\text{зоп}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_{\text{зоп}}} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot L_{\text{зоп}}^2}{b \cdot t} \right), \quad (111)$$

где  $b$  – ширина полосы горизонтального электрода, м;

$t_{\text{зоп}}$  – глубина заложения горизонтальной сетки, м;

$L_{\text{зоп}}$  – длина горизонтального заземлителя, м.

Длина горизонтального заземлителя зависит от периметра заземляющего устройства. Зависимость прямо пропорциональная:

$$P = 2 \cdot ((a + 2) + (b + 2)), \quad (112)$$

где  $a$  и  $b$  – длина и ширина устанавливаемой КТП, м.

Согласно проекту завода-изготовителя:  $a = 4,92$  м,  $b = 4,97$  м.

$$P = 2 \cdot ((4,92 + 2) + (4,97 + 2)) = 27,78 \text{ м,}$$

$$R_{\text{гор}} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 27,78} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot 27,78^2}{0,04 \cdot 0,7} \right) = 6,25 \text{ Ом}.$$

Число вертикальных электродов примерное найдем по следующей формуле:

$$n = \frac{R_{\text{верт}}}{R_3 \cdot k_e}, \quad (113)$$

где  $R_3$  – требуемое сопротивление заземлителя, Ом;

$k_e$  – коэффициент экранирования.

$$n = \frac{27,62}{4 \cdot 0,65} = 10,62.$$

Примем 11 штук.

Сопротивление всей горизонтальной полосы определяется по формуле:

$$R_{\text{гор.пол.}} = \frac{R_{\text{гор}}}{k_{\text{гор}}}, \quad (114)$$

$$R_{\text{гор.пол.}} = \frac{6,25}{0,45} = 13,89 \text{ Ом}.$$

Необходимо произвести уточняющий расчет сопротивления вертикальных заземлителей с учетом сопротивления горизонтальных заземлителей:

$$R'_{\text{верт}} = \frac{(R_{\text{гор}} \cdot R_3)}{(R_{\text{гор}} - R_3)}, \quad (115)$$

$$R'_{\text{верт}} = \frac{(13,89 \cdot 4)}{(13,89 - 4)} = 5,62 \text{ Ом}.$$

Теперь пересчитаем число вертикальных стержней, но уже с учетом соединительной полосы:

$$n' = \frac{27,62}{5,62 \cdot 0,65} = 7,56.$$

Примем 8 штук.

Найдем действительное сопротивление вертикальных заземлителей:

$$R_{\text{верт.д}} = \frac{R_{\text{верт}}}{n' \cdot k_{\text{г}}}, \quad (116)$$

$$R_{\text{верт.д}} = \frac{27,62}{7,56 \cdot 0,65} = 5,6 \text{ Ом.}$$

Сопротивление всего заземляющего контура:

$$R_{\text{з.д}} = \frac{R_{\text{верт.д}} \cdot R_{\text{гор.пол}}}{R_{\text{верт.д}} + R_{\text{гор.пол}}}, \quad (117)$$

$$R_{\text{з.д}} = \frac{5,6 \cdot 13,89}{5,6 + 13,89} = 3,99 \text{ Ом.}$$

Полученное сопротивление всего заземляющего контура не превышает допустимого значения 4 Ом.

Для КТП расчет сопротивления заземлителя ведется аналогично.

## 9.2 Молниезащита РП 10 кВ

В соответствии с ПУЭ необходимо на территории РП расставить молниеотводы для защиты электрооборудования от прямых ударов молнии. Определить число молниеотводов и рассчитать их высоту.

Найдем высоту молниеотводов:

$$h = \frac{D}{8} + h_{\text{х}}, \quad (118)$$

где  $D$  – диагональ прямоугольника, образуемого молниеотводами, м.  
 Найдем ее по формуле:

$$D = \sqrt{(n \cdot D)^2 + \left(\frac{B+B+Г}{2}\right)^2}, \quad (119)$$

где  $n$  – количество ячеек между молниеотводами. Так как ячеек 11, то между молниеотводами возьмем 3 ячейки;

$A, B, B, Г, Д, E, Ж, З, И, К$  – размеры типового РП на номинальное напряжение 10 кВ. Все размеры указаны в таблице 21.

Найдем радиус зоны защиты на уровне земли:

$$r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot h. \quad (120)$$

Таблица 21 – Размеры типового РП

Обозначение	Размеры, м
А	7
Б	8,5
В	7,5
Г	2,5
Д	5
Е	1,5
Ж	1
З	6,5
И	7
К	1,5

Рассчитаем зону защиты на уровне порталов:



$$r_{0,x} = 1,6 \cdot p \cdot \frac{h - h_x}{1 + \frac{h_x}{h}}. \quad (121)$$

Тогда высота молниеотводов составит:

$$h_{0,2} = \frac{(h_x + 0,625 \cdot r_{0,x}) \pm \sqrt{(h_x + 0,625 \cdot r_{0,x})^2 + 2,5 \cdot r_{0,x} \cdot h_x}}{2}. \quad (122)$$

Минимальная высота:

$$h_1 = h_0 + \frac{A}{7 \cdot p}, \quad (123)$$

где  $A$  – расстояние всех ячеек, находящихся между молниеотводами, м.

Так как таких ячеек 3, а ширина одной ячейки 15,4 м, то  $A = 3 \cdot 15,4 = 46,2$  м.

Зона защиты одиночного молниеотвода определяется на уровне шинных и линейных порталов:

$$r_x = 1,6 \cdot p \cdot \frac{h_1 - h_x}{1 + \frac{h_x}{h_1}}. \quad (124)$$

Рассчитаем зону защиты группы молниеотводов по формуле:

$$h_r = h + \frac{A}{7 \cdot p}. \quad (125)$$

Зона защиты группы молниеотводов определяется на уровне шинных и линейных порталов:

$$r_{ГХ} = 1,6 \cdot p \cdot \frac{h_0 - h_X}{1 + \frac{h_X}{h_0}}. \quad (126)$$

Радиус внутренней зоны:

$$r_{Хвн} = r_{ГХ} \cdot \left(1 - \frac{h_X}{h_Г}\right). \quad (127)$$

Произведем расчет молниезащиты для линейного портала, если его высота ( $h_X = 6,5$  м):

$$D = \sqrt{(3 \cdot 5)^2 + \left(\frac{8,5 + 7,5 + 2,5}{2}\right)^2} = 17,623 \text{ м},$$

$$h = \frac{17,623}{8} + 6,5 = 8,703 \text{ м},$$

$$r_{0X} = 1,6 \cdot 1 \cdot \frac{8,703 - 6,5}{1 + \frac{6,5}{8,703}} = 2,018 \text{ м},$$

$$h_{0,2} = \frac{(6,5 + 0,625 \cdot 2,018) \pm \sqrt{(6,5 + 0,625 \cdot 2,018)^2 + 2,5 \cdot 2,018 \cdot 6,5}}{2},$$

$$h_{0_1} = 8,703 \text{ м}; h_{0_2} = -0,942 \text{ м},$$

$$h_1 = 8,703 + \frac{46,2}{7 \cdot 1} = 15,303 \text{ м}.$$

Округляем до 16 метров.

$$r_X = 1,6 \cdot 1 \cdot \frac{16 - 6,5}{1 + \frac{6,5}{16}} = 10,809 \text{ м}.$$

Произведем расчет молниезащиты для шинного портала, если его высота ( $h_X = 2$  м):

$$h = \frac{17,623}{8} + 2 = 4,203 \text{ м},$$

$$r_{0X} = 1,6 \cdot 1 \cdot \frac{4,203 - 2}{1 + \frac{2}{8,703}} = 2,388 \text{ м},$$

$$h_{0,2} = \frac{(2+0,625 \cdot 2,388) \pm \sqrt{(2+0,625 \cdot 2,388)^2 + 2,5 \cdot 2,388 \cdot 2}}{2},$$

$$h_{0_1} = 4,203 \text{ м}; h_{0_2} = -0,71 \text{ м},$$

$$h_1 = 4,203 + \frac{46,2}{7 \cdot 1} = 10,803 \text{ м}.$$

Округляем до 11 метров.

$$r_X = 1,6 \cdot 1 \cdot \frac{11-2}{1+\frac{2}{11}} = 12,185 \text{ м}.$$

Произведем расчет молниезащиты для группы молниеотводов на уровне линейного портала:

$$h_r = 16 + \frac{46,2}{7 \cdot 1} = 22,6 \text{ м},$$

$$r_{GX} = 1,6 \cdot 1 \cdot \frac{22,6-6,5}{1+\frac{6,5}{22,6}} = 20,006 \text{ м},$$

$$r_{Xвн} = 20,006 \cdot \left(1 - \frac{6,5}{22,6}\right) = 14,252 \text{ м}.$$

Произведем расчет молниезащиты для группы молниеотводов на уровне шинного портала:

$$h_r = 11 + \frac{46,2}{7 \cdot 1} = 17,6 \text{ м},$$

$$r_{GX} = 1,6 \cdot 1 \cdot \frac{17,6-2}{1+\frac{2}{17,6}} = 22,413 \text{ м},$$

$$r_{Xвн} = 22,413 \cdot \left(1 - \frac{2}{17,6}\right) = 19,866 \text{ м}.$$

Найдем радиус зоны защиты на уровне земли:

$$h = \frac{17,623}{8} + 15,5 = 17,703 \text{ м},$$

$$r_0 = (1 - 0,002 \cdot 17,703) \cdot 17,703 = 18,847 \text{ м},$$

$$r_{Xвн} = 18,847 \cdot \left(1 - \frac{15,5}{17,703}\right) = 2,345 \text{ м}.$$

## 10 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

### 10.1 Защита воздушных линий 10 кВ

Для линий 10 кВ необходимо учесть защиту от многофазных и однофазных замыканий на землю.

Защита от многофазных замыканий в сетях 10 кВ производится двухступенчатой. То есть содержит в себе максимальную токовую защиту (МТЗ) и токовую отсечку без выдержки времени (ТО).

Рассчитаем защиту для линии РП-ТП №2:

Ток срабатывания защиты найдем по формуле:

$$I_{с.з} = \frac{k_H \cdot k_{с/з}}{k_{в}} \cdot I_{раб}, \quad (128)$$

где  $I_{раб}$  – максимальный рабочий ток линии, А;

$k_H$  – коэффициент надежности микропроцессорной защиты, принимается равным 1,05;

$k_{с/з}$  – коэффициент, учитывающий толчки тока от самозапуска электродвигателей, принимается равным 1;

$k_{в}$  – коэффициент возврата, принимается равным 0,95.

$$I_{с.з} = \frac{1,05 \cdot 1}{0,95} \cdot 9,16 = 10,124 \text{ А}.$$

А вот ток надежного срабатывания защиты уже по следующей формуле:

$$I_{с.п} = I_{с.з} \cdot \left( \frac{k_{сх}}{k_{Т.Т}} \right), \quad (129)$$

где  $k_{сх}$  – коэффициент схемы трансформатора тока ( $k_{Т.Т} = 1$ , если

вторичная обмотка соединена в звезду и  $\sqrt{3}$ , если в треугольник);

$k_{T.T}$  – установленный коэффициент трансформации трансформатора тока [10].

Чтобы определить  $k_{T.T}$ , нам нужно найти расчетный коэффициент трансформации по формуле:

$$n_{TAp} = \frac{k_{cx} \cdot I_{ном}}{5}, \quad (130)$$

$$n_{TAp} = \frac{1 \cdot 8,648}{5} = \frac{8,648}{5}.$$

Тогда возьмем коэффициент трансформации равным  $\frac{150}{5}$ .

$$I_{c.p} = 10,124 \cdot \frac{1}{150/5} = 0,337 \text{ A}.$$

Рассчитаем по следующей формуле коэффициент чувствительности:

$$k_{\psi} = \frac{I_{кз}^{(2)}}{I_{c.p}} \geq 1,5, \quad (131)$$

где  $I_{кз}^{(2)}$  – двухфазный минимальный ток КЗ, *кА*.

Коэффициент чувствительности будет равен:

$$k_{\psi} = \frac{0,609}{0,337} = 1,807.$$

Коэффициент чувствительности должен быть больше приемлимого значения для этого вида защиты (для МТЗ это будет 1,5):

$$1,64 \geq 1,5.$$

Видим, что условие выполняется.

К установке принимается максимальная токовая защита типа «Сириус».

Из за того что максимальная токовая защита имеет выдержку времени и она не может обеспечить мгновенное отключение линии при токах КЗ для этого устанавливают еще токовую отсечку без выдержки времени.

Принцип действия для токовой отсечки представлен на рисунке 14.

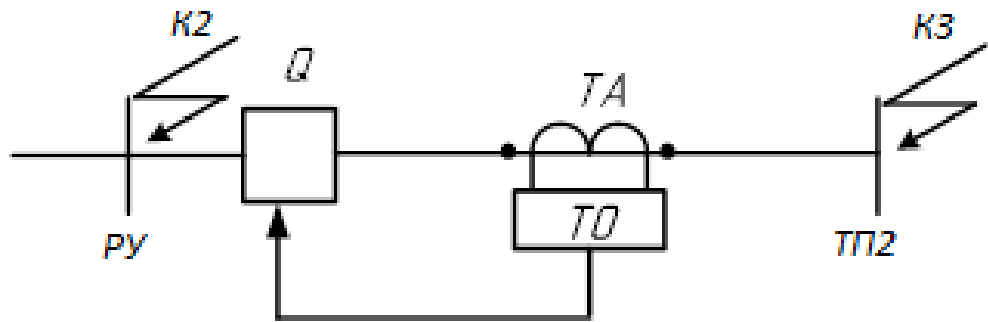


Рисунок 14 – Расчетная схема

Ток срабатывания отсечки находится по большему току КЗ в конце защищаемого участка, то есть по трехфазному току короткого замыкания по формуле:

$$I_{с.з.}^{TO} = k_n \cdot I_{кmax}^{(3)}, \quad (132)$$

где  $k_n$  – коэффициент надежности защиты принимается равным 1,1.

Коэффициент надежность или отстройки необходим для повышения надежности защиты, а также он учитывает погрешности при расчете токов КЗ.

$I_{кmax}^{(3)}$  – максимальный ток КЗ, протекающий по линии.

Находим ток срабатывания отсечки:

$$I_{с.з.}^{TO} = 1,1 \cdot 974 = 1071,4 \text{ А.}$$

Как правило, от бросков токов намагничивания силовых трансформаторов отстраивается ток срабатывания отсечки [10].

$$I_{с.з}^{TO} \geq k_{нам} \cdot \Sigma I_{т.ном}, \quad (133)$$

где  $k_{нам}$  – коэффициент намагничивания равный 3 – 5;

$\Sigma I_{т.ном}$  – номинальный ток силового трансформатора или, как в нашем случае, нескольких трансформаторов, питаемых по цепи, который можно рассчитать по формуле:

$$\Sigma I_{т.ном} = \Sigma \frac{S_{mpi}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (134)$$

$$\Sigma I_{т.ном} = \frac{483,031 + 408,365 + 299,563 + 533,356 + 455,388 + 372,781 + 482,511 + 394,395 + 933,126}{\sqrt{3} \cdot 10} = 252,169 \text{ А},$$

$$I_{с.з}^{TO} \geq 3 \cdot 252,169,$$

$$1071,4 \geq 756,507.$$

Для токовой отсечки из рассчитанных уставок выбирается большая, то есть принимаем ток уставки 1072 А .

Защита от однофазных замыканий на землю будет выполняться благодаря трансформаторам тока нулевой последовательности. Эта защита должна, первым делом, сработать на установившиеся замыкания на землю. Также допускается использование устройств, регистрирующих кратковременные замыкания без выполнения повторности действия.

## 10.2 Защита трансформаторов

Мы знаем, что установка газового реле проходит на трансформаторах с масляным охлаждением и с расширителем масла. Газовая защита более универсальная и чувствительная от внутренних повреждений, чем другие существующие защиты трансформаторов. Целесообразней всего устанавливать

ее на трансформаторах мощностью большей, чем  $6,3 \text{ MVA}$ . Но так как установленные ТП имеют мощность меньше чем  $1000 \text{ MVA}$ , то установка газовой защиты не является обязательной [10].

### 10.3 Автоматика

В чем заключаются принцип действия, требования, назначения, предъявляемые к средствам автоматики?

Существует такое понятие, как автоматический ввод резерва. Это устройство, созданное для переключений защищаемого элемента при авариях на резервный источник питания.

Если приборы зафиксировали исчезновение напряжения, то происходит пуск АВР. Исчезновение сигнала напряжения возникают при переключениях в вышестоящей сети, КЗ, обрыве цепи трансформатора и ряду других причин.

Автоматический ввод резерва должен контролировать встречное напряжение. С помощью этого напряжения АВР получает сигнал от ТН резервной системы шин. Данный сигнал несет в себе информацию о наличии на ней напряжения.

Последний этап – срабатывание с выдержкой времени.

В данном случае, устройство АВР устанавливаем на шинах НН КТП и на РП. Шкаф АВР можно увидеть на рисунке 15.



Рисунок 15 – Шкаф АВР



Еще существует автоматически повторное включение, которое срабатывает в случае отключения питающей линии. Оно также принимается к установке. Отключения могут происходить из-за устройств релейной защиты. АПВ может восстанавливать подачу электрической энергии, если КЗ либо иной вид аварии окажется неустойчивыми.

Установим АПВ на выключателях линий  $10\text{ кВ}$ . Рассмотреть устройство АПВ можно на рисунке 16.

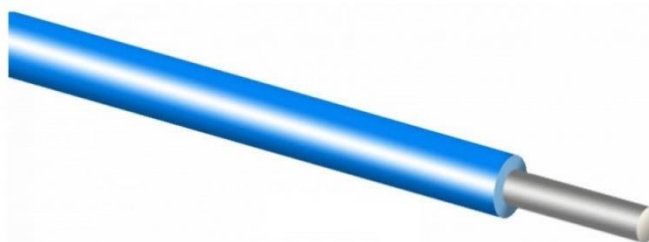


Рисунок 16 – Устройство АПВ

Теперь рассмотрим такое устройство, как автоматическая частотная разгрузка. Она будет использоваться в качестве противоаварийной автоматики в сети  $10\text{ кВ}$ . АЧР может отключать часть менее важных потребителей в целях снижения дефицита активной мощности. Данные снижения могут возникнуть в результате аварии на генерирующих источниках. Основная функция АЧР – это сохранение электроснабжения для наиболее важных потребителей [10].

## 11 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Большая часть электрического оборудования является источниками повышенной опасности для персонала и окружающей среды. Нам необходимо теперь рассмотреть несколько важных вопросов.

### 11.1 Безопасность

Чтобы здоровье обслуживающего персонала не пострадало, необходимо соблюдать безопасность условий труда. Она может обеспечиваться соблюдением научно обоснованных правил и норм, которые применяются при проектировании, монтаже и эксплуатации электрооборудования.

Требования Правил распространяются на работодателей - юридических и физических лиц независимо от их организационно-правовых форм и работников из числа электротехнического, электро-технологического и неэлектротехнического персонала организаций занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения, а также осуществляющих управление технологическими режимами работы объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей [19].

К работе в электроустановках должны допускаться лица прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, а также проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии занимаемой должности применительно выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификации группе по технике безопасности не имеющих медицинских противопоказаний.

В правилах по охране труда при эксплуатации электроустановок строго прописаны действия электротехнического и электротехнологического персонала при различных видах работ [19].

### 11.1.1 Охрана труда при выполнении работ на КТП

Для обеспечения нормальных условий труда при эксплуатации и обслуживании электроустановок персонал пользуется защитными средствами.

К основным электроразличительным средствам в электроустановках выше 1000 В относятся [1]:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения;
- сигнализаторы наличия напряжения, индивидуальные и стационарные;
- дистанционные индикаторы наличия напряжения;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках;
- диэлектрические перчатки, галоши, боты;
- диэлектрические коврики и изолирующие подставки;
- защитные ограждения (щиты и ширмы);
- изолирующие накладки и колпаки;
- ручные инструменты для работ под напряжением до 1 кВ;
- гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ под напряжением в электроустановках напряжением до 1 кВ [26].

Некоторые электроразличительные средства показаны на рисунке 17.

Таблица 22 – Допустимые расстояния до токоведущих частей электроустановок, находящихся под напряжением

Напряжение ЭУ	Расстояние от работников и применяемых ими инструментов и приспособлений, от временных ограждений, м	Расстояния от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
ВЛ до 1 кВ	0,6	1,0
Остальные ЭУ до 1 кВ	не нормируются (без прикосновения)	1,0
1-35 кВ	0,6	1,0
110 кВ	1,0	1,5



Рисунок 17 – Элетрозащитные средства, применяемые в электроустановках:

1 – клещи для вставки предохранителей; 2 – гаечный ключ; 3 – отвертка; 4, 6, 10 – указатель напряжения; 5 – пассатижи; 7 – резиновый коврик и дорожка; 8 – изолирующая подставка; 9 – токоизмерительные клещи; 11 – перчатки резиновые диэлектрические; 12 и 13 – галоши и боты диэлектрические; 14 – сапоги диэлектрические [1]

Если подача напряжения не отключена со стороны НН, то линии должны быть отключены с противоположенной питающей стороны, приняты меры против их ошибочного или самопроизвольного включения, а на подстанции на эти линии до коммутационных аппаратов наложены заземления.

#### 11.1.2 Охрана труда при выполнении работ на ВЛ

Строительные, монтажные и наладочные работы должны производиться в соответствии с Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок [19].

Работы по замене и перетяжке проводов на ВЛ напряжением до  $1000\text{ В}$ , на линиях уличного освещения или подвешенных на опорах линий напряжением выше  $1000\text{ В}$ , выполняются с отключением всех линий

напряжением до и выше  $1000 \text{ В}$  и, естественно, заземлением их с обеих сторон участка работ [19].

Работы допускаются при изоляции работающего персонала от земли специальными устройствами соответствующего напряжения, применением экранирующего комплекта и выравниванием потенциалов экранирующего комплекта, рабочей площадки и провода специальной штангой для переноса потенциала [1].

## **11.2 Экологичность**

При выполнении анализа защитная деятельность должна выделять следующие совокупности систем: природа-человека, техносфера-человек и техносфера-природа.

В соответствии СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [24] при размещении отдельно стоящих распределительных пунктов и трансформаторных подстанций напряжением 6-20 кВ при числе трансформаторов не более двух мощностью каждого до 1000 кВА и выполнении мер по шумозащите расстояние от них до окон жилых и общественных зданий следует принимать не менее 10 м [25].

Электромагнитное поле может оказывать отрицательное воздействие на организм человека несколькими путями:

- непосредственное воздействие, проявляющееся при пребывании в электрическом поле (эффект этого воздействия усиливается с увеличением напряженности поля и времени пребывания в нем);

- воздействие электрических разрядов (импульсного тока), возникающих при прикосновении человека к изолированным от земли конструкциям, корпусам машин и механизмов на пневматическом ходу и протяженным проводникам или при прикосновении человека, изолированного от земли, к растениям, заземленным конструкциям и другим заземленным объектам;

- воздействие тока, проходящего через человека, находящегося в контакте с изолированными от земли объектами - крупногабаритными

предметами, машинами и механизмами, протяженными проводниками (тока стекания).

Согласно Правилам устройства электроустановок токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током в нормальном режиме работы электроустановки, а также при повреждении изоляции [20].

Для защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ используют защитное автоматическое отключение питания – устройства защитного отключения с отключающим током не более 30 мА. Защита от прямого прикосновения не устанавливается то в том случае, если оборудование находится в зоне уравнивания потенциалов [1].

#### 11.2.1 Расчет шума, создаваемого трансформаторами

При проектировании новой КТП необходимо определить ее расположение относительно прилегающей к трансформаторной подстанции территории.

Таблица 23 - Данные к расчету шума, создаваемого трансформаторами

№	Количество тр-ров	Вид системы охлаждения	Типовая мощность тр-ра, кВА	Класс напряжения, кВ	Тип территории
1	2	Трансформатор с принудительной циркуляцией воздуха и масла (системы охлаждения видов ДЦ, НДЦ)	400	10	Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам

Рассмотрим случай, когда ТМ установлены на открытой территории ПС. Данная задача часто встречается при размещении ПС в сельской местности, когда ее необходимо разместить рядом с сельским населенным пунктом.

1. По таблице 3 колонка № 13 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, зданиям амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек» найдем максимальный уровень шума. Можно не принимать во внимание время суток. Допустимый уровень шума для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам составляет  $DU_{L_A} = 45$  дБА [24].

2. Определяем шумовые характеристики источника шума (модель ТМ известна из расчетной части ВКР).

Если трансформатор с естественной циркуляцией воздуха и масла, то уровень звуковой мощности составляет ( $S_{ном} = 400$  МВА,  $U_{ном} = 10$  кВ)  $L_{WA} = 68$  дБА.

3. Определим наименьшее расстояние от КТП до границы жилой застройки.

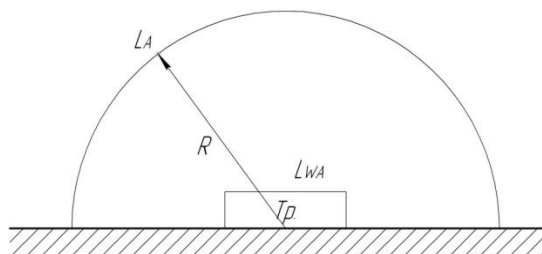


Рисунок 18 – Излучение шума трансформатором

Тогда, согласуемся с ГОСТ 12.2.024-87, и найдем следующее справедливое соотношение [5]:

$$L_{WA} = L_A + 10 \lg \frac{S}{S_0}, \quad (135)$$

где  $S$  – площадь поверхности полусферы,  $m^2$ ;

$$S_0 = 1 \text{ м}^2.$$

Будем исходить из формулы (138). Тогда уровень звука на расстоянии  $R$  от трансформатора ( $R > 30$  м) можно найти по следующей формуле [2]:

$$L_A(R) = L_{WA} - 10 \lg \frac{S}{S_0}, \quad (136)$$

где  $S = 2\pi R^2$ .

Пусть на ТП расположены 2 ТМ.

Чтобы определить минимальное расстояние до источников от границы жилой застройки по формуле необходимо учесть следующие пункты:

1) если расстояние между установленными трансформаторами небольшое  $R_1 \gg l, R_2 \gg l$  (а это соответствует действительности), то необходимо источники заменить лишь одним. Тогда скорректированный уровень звуковой мощности мы сможем найти по следующей формуле [2]:

$$L_{WA\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{WAi}}. \quad (137)$$

Комплектная ТП – конструкция типа павильон. Или трансформаторы находятся на улице. Если первый случай необходимо учитывать, звукоизоляцию стен, потолка этого павильона, если на открытой территории, то рассчитываем, как и в задаче на практике по БЖД. У нас ТП на открытой территории, следовательно:

$$L_{WA\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^2 10^{0,1 \cdot 68} = 71 \text{ дБ},$$

где  $N$  – количество источников шума ;

$L_{WAi}$  – скорректированный уровень звуковой мощности  $i$ -го источника шума, дБА;

2) на границе жилой застройки уровень звука должен равен допустимому уровню звука  $L_A(R) = DV_{L_A}$ . Тогда  $R = R_{\min}$ .



Исходя из принятых допущений выражение можно переписать в следующем виде [2]:

$$DV_{L_A} = L_{WAS} - 10 \lg \frac{2\pi R_{\min}}{S_0} . \quad (138)$$

Решив последнее уравнение относительно  $R_{\min}$ , [2] получим минимальное расстояние от источников шума на ПС до границы прилегающей территории:

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{10^{0,1(L_{WAS} - DV_{L_A})}}{2\pi}} , \quad (139)$$

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{10^{0,1(71-45)}}{2 \cdot 3,14}} = 7,96 \text{ м}$$

Вывод: Любое  $R \geq R_{\min}$  будет обеспечивать соблюдение санитарных норм по шуму на прилегающей к ТП территории. В данном случае реализуется принцип «защита расстоянием», а  $R_{\min} = L_{CЗ}$  санитарно-защитная зона (СЗЗ) по шуму.

### 11.3 Пожарная безопасность

Рассмотрим, что нам указывает федеральный закон от 22.07.2009 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [28]:

1. Все здания и сооружения, а также их электроустановки должны соответствовать классу пожароопасной и взрывоопасной зонам и группе горючей смеси. Для обеспечения бесперебойного энергоснабжения систем противопожарной защиты, установленных в зданиях класса функциональной пожарной опасности Ф1.1 с круглосуточным пребыванием людей, должны предусматриваться автономные резервные источники электроснабжения;

2. КЛ и ВЛ всех систем противопожарной защиты должны обеспечивать работоспособность в случае пожара в течение времени, которое необходимо для выполнения функций всех КЛ и ВЛ;

3. Кабели от ТП резервных источников питания до вводно-распределительных устройств обязать быть с огнезащитой;

4. ЛЭП помещений, зданий, сооружений должны быть оснащены устройствами защитного отключения [1].

#### **11.4 Чрезвычайные ситуации**

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Чрезвычайные опасности являются наиболее значимыми в проблеме обеспечения БЖД человека и защите природной среды.

Природная ЧС – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью и/или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [3].

Во время сильного урагана дерево, находящееся рядом с домом, упало и сорвало ЛЭП. Электроснабжение обрывается, нарушается комфортное условие жизнедеятельности людей. Данную ситуацию можно увидеть на рисунке 19.



Рисунок 19 – Природная ЧС

Техногенная ЧС – состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде [3].

Рассмотрим пожар в здании. Данный вид ЧС не только повреждает систему электроснабжения здания, но и создает угрозу жизни людей.



Рисунок 20 – Пожар на ЛЭП

Биолого-социальная ЧС – состояние, при котором в результате возникновения источника биолого-социальной чрезвычайной ситуации на территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, существования сельскохозяйственных животных и произрастания растений, возникает угроза жизни и здоровью людей, распространения инфекционных болезней, потерь сельскохозяйственных животных и растений [3].

## 12 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ СЕТИ

Чтобы понять, насколько эффективнее и экономичнее созданная система электроснабжения, произведем сравнение двух вариантов сети: существующий вариант и проектируемый вариант.

Капиталовложения – это денежные средства, которые вкладываются в строительство новых объектов. Данные капиталовложения можем найти по формуле:

$$K_{\Sigma TP} = K_{TP} + K_{CMP} + K_{IP} , \quad (140)$$

где  $K_{TP}$  – это стоимость трансформаторов;

$K_{CMP}$  – капиталовложения в строительные работы (50%);

$K_{IP}$  – прочие затраты, 5 % от общих капиталовложений.

Стоимость КТП, которая актуальна и по сей день, сведем в таблицу 24.

Таблица 24 – Средняя стоимость КТП 10/0,4

2 КТП-630 10/0,4	2 КТП-400 10/0,4	2 КТП-250 10/0,4	2 КТП-160 10/0,4	2 КТП-100 10/0,4	2 КТП-40 10/0,4
438000 руб.	390000 руб.	364900 руб.	320700 руб.	290500 руб.	150000 руб.

Произведем расчет капиталовложения для вариантов сети:

$$K_{TP1} = 4 \cdot 438000 + 2 \cdot 390000 + 3 \cdot 364900 = 3626700 \text{ руб.},$$

$$K_{TP2} = 1 \cdot 438000 + 5 \cdot 390000 + 3 \cdot 364900 = 3482700 \text{ руб.},$$

$$K_{\Sigma TP1} = 3626700 + 0,5 \cdot 3626700 + 0,05 \cdot 3626700 = 5621385 \text{ руб.},$$

$$K_{\Sigma TP2} = 3482700 + 0,5 \cdot 3482700 + 0,05 \cdot 3482700 = 5398185 \text{ руб.}.$$

Затраты, которые определены расходом экономических ресурсов, в процессе обращения продукции и производства будем называть издержками [29].

Определим часть стоимости основных фондов, которые ежегодно переводятся для возмещения износа:

$$I_{ам} = K_{\Sigma ТР} \cdot \alpha_{ам}, \quad (141)$$

где  $K_{\Sigma ТР}$  – это суммарные капитальные вложения, руб.;

$\alpha_{ам}$  – нормы амортизационных отчислений, о.е..

Амортизационные отчисления найдет по формуле [23]:

$$\alpha_{ам} = \frac{1}{T_{СЛ}}. \quad (142)$$

А вот издержки на техническое обслуживание и ремонт можно определить следующим образом:

$$I_{экс} = K_{\Sigma ТР} \cdot \alpha_{экс}, \quad (143)$$

где  $\alpha_{экс}$  – нормы отчислений на обслуживание трансформаторов, о.е..

Произведем расчет издержек для двух вариантов сети:

$$I_{ам1} = \frac{5621385}{20} = 281069,25 \text{ руб.},$$

$$I_{ам2} = \frac{5398185}{20} = 269909,25 \text{ руб.},$$

$$I_{экс1} = 281069,25 \cdot 0,037 = 10399,562 \text{ руб.},$$

$$I_{экс2} = 269909,25 \cdot 0,037 = 9986,642 \text{ руб.}.$$

После всего необходимо найти затраты на потерю электроэнергии, включающие в себя их стоимость.

В трансформаторах необходимо найти потери. Их находят по следующей формуле:

$$\Delta W_{TP} = \frac{P_{ТП}^2 + Q_{ТП}^2}{U_H^2} \cdot R_{TP} \cdot T_r, \quad (144)$$

где  $T_r$  – количество часов в году (8760 ч);

$P_{ТП}$  и  $Q_{ТП}$  – активная и реактивная нагрузка ТП, кВт и квар ;

$R_{TP}$  – активное сопротивление трансформатора.

Потери для трансформатора мощностью 250 кВт составят:

$$\Delta W_{TP} = \left( \frac{238,582^2}{10^2} \cdot 9,216 \right) \cdot 8760 = 45,95 \text{ МВт} \cdot \text{ч} / \text{год}.$$

Расчет потерь для остальных трансформаторов выполнен в программе MathCad 14 в Приложении Б.

Определим стоимость потерь электроэнергии в трансформаторах:

$$I_{\Delta W-1} = \Delta W_{TP-1} \cdot C_{\Delta W}, \quad (145)$$

где  $C_{\Delta W}$  – стоимость потерь электроэнергии, руб. (1,6 руб./кВт·ч).

$$I_{\Delta W-1} = 677480 \cdot 1,6 = 1083968 \text{ руб.},$$

$$I_{\Delta W-2} = 451610 \cdot 1,6 = 722576 \text{ руб.}.$$

Расчет потерь и издержек в трансформаторе представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет потерь и издержек в трансформаторе

Схема	$\Delta W_{TP}, \text{ МВт} \cdot \text{ч}$	$I_{\Delta W-1}, \text{ руб.}$
Существующая	677,48	1083968
Проектируемая	451,61	722576

Суммарные издержки будут следующими:

$$I = I_{ам} + I_{экс} + I_{\Delta W}, \quad (146)$$

$$I_1 = 281069,25 + 10399,562 + 1083968 = 1375436,812 \text{ руб.},$$

$$I_2 = 269909,25 + 9986,642 + 722576 = 1002471,892 \text{ руб.}$$

Определяем приведенные затраты на сооружение вариантов сети:

$$З = E \cdot K + I, \quad (147)$$

где  $E$  – норматив дисконтирования (принимается равным  $E = 0,1$ );

$$З_1 = 0,1 \cdot 5621385 + 1375436,812 = 1937575,312 \text{ руб.},$$

$$З_2 = 0,1 \cdot 5398185 + 1002471,892 = 1542290,392 \text{ руб.}$$

Рассчитаем разницу:

$$\delta = \frac{З_2 - З_1}{З_2} \cdot 100 \%, \quad (148)$$

$$\delta = \frac{1542290,392 - 1937575,312}{1542290,392} \cdot 100 \% = 26 \%$$

Разница в процентах между затратами двух систем составляет 26 %.

Теперь мы ясно видим, что проектируемая система более экономична, эффективна, и реконструкция данной системы электроснабжения имеет место быть.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, темой которой является реконструкция системы электроснабжения центральных кварталов села Тамбовка Тамбовского района Амурской области, были рассчитаны задачи, поставленные мной выше.

Мы рассчитали дневные и вечерние электрические нагрузки, выбрали количество и мощности всех трансформаторных пунктов напряжением  $10/0,4$  кВ, спроектировали систему электроснабжения по всем стандартам и требованиям, необходимыми для создания систем электроснабжения сельских районов.

При проектировки сети на  $10$  кВ выяснилось, что необходима новая РП  $10$  кВ, которая и стала центром электрических нагрузок и питания всех ТП  $10/0,4$  кВ. Также в процессе расчетов были выбраны и проверены согласно токам короткого замыкания кабельные и воздушные линии, оборудования и аппараты для их дальнейшей установки на РП  $10$  кВ и на КТП  $10/0,4$  кВ.

Для защиты линий  $10$  кВ и силовых трансформатор были выбраны устройства релейной защиты и автоматики. Благодаря этому мы обеспечили необходимую надежность, чувствительность и безопасность эксплуатации системы электроснабжения.

А вот для безопасности РП  $10$  кВ и ТП  $10/0,4$  кВ были произведены расчеты заземления и молниезащиты, надежно защищающими от прямых ударов молнии.

Также рассмотрели вопросы безопасности, экологичности, пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций в рамках проекта.

А методом технико-экономического расчета мы сравнили оба варианта систем и доказали необходимость реконструкции.



Все проведенные расчеты выполнялись в соответствии с общепринятыми методиками, применяемыми на практике, и подкреплялись выдержками из нормативно-технической документации.

На листе №1 графической части ВКР приведен генеральный план центральных кварталов села Тамбовка, с указанным на нем расположением КЛ и ВЛ – 0,38 кВ. Проект предусматривает размещение в центре электрических нагрузок распределительного пункта 10 кВ, питающей трансформаторные подстанции в количестве 9 штук. Также на листе указаны номера по экспликации, количество и мощность силовых ТП.

На листе №2 графической части ВКР приведены схемы электроснабжения до и после реконструкции на 10 кВ с таблицей электрических нагрузок на стороне ВН ТП и рисунком, на котором представлен ЦЭН.

На листе №3 графической части ВКР приведена принципиальная однолинейная схема электроснабжения центральных кварталов села Тамбовка. На данном листе можно увидеть аппаратуру на ТП и часть аппаратуры РП.

На листе №4 графической части ВКР приведена принципиальная однолинейная схема РП 10 кВ. Схема предусматривает 2 линии от ПС «Тамбовская» 110/35/10 кВ и 11 ячеек.

На листе №5 графической части ВКР приведен план молниезащиты 11 ячеек РП 10 кВ с тремя контурами молниезащиты на уровне: линейного портала, шинного портала и земли.

На листе №6 графической части ВКР приведена защита линии 10 кВ на базе СИРИУС-Т.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник / С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2011. – 680 с.
- 2 Булгаков, А.Б. Безопасность жизнедеятельности: методические указания к практическим занятиям / А.Б. Булгаков. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014. – 101 с.
- 3 Булгаков, А.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / А.Б. Булгаков. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. – 627 с.
- 4 Герасимов, В.Г. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. – М. : Изд-во МЭИ, 2004. – 964 с.
- 5 ГОСТ 12.2.024-87. ССБТ. Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля, 1987. – 16 с.
- 6 ГОСТ 21.406-88. Система проектной документации для строительства. Проводные средства связи. Обозначения условные графические на схемах и планах, 2010. – 48 с.
- 7 ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 47 с.
- 8 ГОСТ Р 52735-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – М.: Стандартинформ, 2007. – 39 с.
- 9 Козлов, А.А. Графическая часть курсовых проектов и выпускных квалификационных работ: Учебно-методическое пособие. Часть 2 / сост.: В.А. Козлов, А.Н. Козлов. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2017. – 168 с.
- 10 Козлов, В.А. Электроснабжение городов / В.А. Козлов, Г.З. Зайцев. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 264 с.

11 Лопухова, Т.В. Изоляция и перенапряжения на электрических станциях и подстанциях: Методические указания / Т.В. Лопухова. – Казань., 2003. – 22 с.

12 Мясоедов, Ю.В. Электрическая часть станций и подстанций / сост.: Ю.В. Мясоедов, Н.В. Савина, А.Г. Ротачева. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2007. – 192 с.

13 Мясоедов, Ю.В. Электроснабжение городов. Методические указания к курсовому проектированию / Ю.В. Мясоедов. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. – 100 с.

14 Мясоедов Ю.В. Электроснабжение городов: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 13.03.02. / сост.: Ю.В. Мясоедов, Л.А. Мясоедова, И.Г. Подгурская. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2017. – 181 с.

15 Наумов, И.В. Проектирование систем электроснабжения: межвузовское учебное пособие для самостоятельной работы студентов / И.В. Наумов, Т. Б. Лещинская – И: ИрГСХА, 2011. – 327 с.

16 Наумов, И.В. Электроснабжение: учебное пособие. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014. – 381 с.

17 Неклепаев, Б.И. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования : учеб. пособие для вузов / сост.: Б.И. Неклепаев, И.П. Крючков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2012. – 608 с.

18 Ополева, Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Г.Н. Ополева. – М.: ФОРУМ, 2006. – 480 с.

19 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н. Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

- 20 Правила устройства электроустановок. 7 издание: ПУЭ. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 330 с.
- 21 РД 153-34.0-03.301-00. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 128 с.
- 22 РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. Министерство топлива и энергетики Российской Федерации. – М., 1999. – 32 с.
- 23 Савина, Н.В. Электрические сети в примерах и расчетах: Учебное пособие / сост.: Н.В. Савина, Ю.В. Мясоедов, Л.Н. Дудченко. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 1999. – 238с.
- 24 СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996.
- 25 СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – М.: ФГУП ЦПП, 2007. – 56 с.
- 26 СО 153-34.03.603-2003. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 112 с.
- 27 СТО СМК 4.2.3.21-2018. Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов) / сост.: Л.А. Проказина, Н.А. Чалкина, С.Г. Самохвалова. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2018. – 75 с.
- 28 Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
- 29 Фёдоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования / А.А. Фёдоров, Л.Е. Старкова. – М.: Энергоатомиздат, 1987 – 368 с.
- 30 <https://k-ps.ru/> (02.06.2020)

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.

### Расчет электрических нагрузок

Таблица А1 – Расчет электрических нагрузок, ограниченных улицами  
Пионерская – Ленинская – Комсомольская – Северная

№ на плане	№	Объект	Руд	$n$	$P, \text{ кВт}$	$\text{tg}\varphi$	$Q, \text{ квар}$	$P_{\text{зд max}}, \text{ кВт}$	$Q_{\text{зд max}}, \text{ квар}$	$S, \text{ кВА}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПН 26А	1	Жилой дом	14,5 <i>кВт / кол – во коттеджей</i>	2 <i>коттеджа</i>	29	0,2	5,8	29	5,8	29,57
ПН 26	2	Жилой дом	14,5 <i>кВт / кол – во коттеджей</i>	2 <i>коттеджа</i>	29	0,2	5,8	29	5,8	29,57
ПН 24	3	Жилой дом	14,5 <i>кВт / кол – во коттеджей</i>	1 <i>коттедж</i>	14,5	0,2	2,9	14,5	2,9	14,79
ПН 22	4	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
ЛН 104	5	Школа	0,25 <i>кВт / учащ.</i>	1200 учащ.	300	0,33	99	300	99	315,91
ЛН 92	6	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
КМ 17	7	Киоск «РОРУБАЙ»	0,23 кВт / м <sup>2</sup>	10 м <sup>2</sup>	2,3	0,7	1,61	2,3	1,61	2,81
КМ 19	8	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	80 м <sup>2</sup>	1,66	0,98	1,63	1,66	1,63	2,33
КМ 21	9	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
КМ 23	10	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	65 м <sup>2</sup>	1,35	0,98	1,32	1,35	1,32	1,89
С 81	11	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
С 83	12	Магазин «Ритуальные услуги»	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	108 м <sup>2</sup>	17,28	0,48	8,29	17,28	8,29	19,17
С 85	13	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	50 м <sup>2</sup>	1,03	0,98	1,01	1,03	1,01	1,44
С 87	14	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	30 м <sup>2</sup>	0,62	0,98	0,61	0,62	0,61	0,87
С 89	15	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
Б/н	16	Гаражи	0,25 кВт / шт.	2 штуки	0,5	0,25	0,125	0,5	0,125	0,51

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

Таблица А2 – Расчет электрических нагрузок, ограниченных улицами Ленинская – 50-летия Октября – Северная – Комсомольская

№ на плане	№	Объект	Руд	$n$	$P, \text{кВт}$	$\text{tg}\varphi$	$Q, \text{квар}$	$P_{\text{зд max}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{зд max}}, \text{квар}$	$S, \text{кВА}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛН 90	17	Администрация Тамбовского р-на	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	200 <i>м<sup>2</sup></i>	10,8	0,57	6,16	23,76	13,55	27,35
		Финансовое управление Администрации Тамбовского р-на	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	5,4	0,57	3,08			
		Комитет по управлению Муниципальным Имуществом Тамбовского р-на	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	5,4	0,57	3,08			
		Тамбовский Районный Совет Народных Депутатов	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	5,4	0,57	3,08			
ЛН 88	18	Отдел сельского хозяйства Администрации Тамбовского р-на	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	80 <i>м<sup>2</sup></i>	4,32	0,57	2,46	14,69	8,36	16,9
		Дирекция по Обслуживанию Зданий и Автом-го Транспорта	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	80 <i>м<sup>2</sup></i>	4,32	0,57	2,46			

Продолжение таблицы А2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Контрольно-счетный орган Тамбовского р-на	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	80 <i>м<sup>2</sup></i>	4,32	0,57	2,46			
		Отделение АО Федеральное БТИ в с. Тамбовка	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	80 <i>м<sup>2</sup></i>	4,32	0,57	2,46			
ЛН 86	19	Магазин «Уют»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	350 <i>м<sup>2</sup></i>	56	0,48	26,88	86	49,62	99,29
		Семейный центр «Смайл»	0,25 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	150 <i>м<sup>2</sup></i>	37,5	0,75	28,12			
ЛН 84	20	МБУ Тамбовская МЦБ	0,14 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	250 <i>м<sup>2</sup></i>	35	0,43	15,05	35	15,05	38,1
ЛН 80	21	Отделение почтовой связи Тамбовка 676950	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	200 <i>м<sup>2</sup></i>	10,8	0,57	6,16	19,44	11,09	22,38
		Почта банк	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	200 <i>м<sup>2</sup></i>	10,8	0,57	6,16			
ЛН 80А	22	Склад	0,25 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	300 <i>м<sup>2</sup></i>	75	0,25	18,75	75	18,75	77,31
ЛН 78	23	Студия дизайна ногтей	1,5 <i>кВт / раб. место</i>	2 <i>места</i>	3	0,25	0,75	18,4	8,28	20,18
		Магазин «Светлый»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	16	0,48	7,68			
ЛТ 21	24	Займы	0,043 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	35 <i>м<sup>2</sup></i>	1,5	0,48	0,72	30,29	15,08	33,84
		Магазин «Nota bene!»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	30 <i>м<sup>2</sup></i>	4,8	0,48	2,3			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Отдел ЗАГС	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	35 <i>м<sup>2</sup></i>	1,89	0,57	1,08			
		ООО «Амурская недвижимость »	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	35 <i>м<sup>2</sup></i>	1,89	0,57	1,08			
		Магазин «Мир промышленн ых и хозяйственны х товаров»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	30 <i>м<sup>2</sup></i>	4,8	0,48	2,3			
		Автострахова ние «Уралсиб»	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	35 <i>м<sup>2</sup></i>	1,89	0,57	1,08			
		Магазин «Мир Детства»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	30 <i>м<sup>2</sup></i>	4,8	0,48	2,3			
		Магазин «Рассада»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	40 <i>м<sup>2</sup></i>	6,4	0,48	3,07			
		Магазин «Одежда и обувь»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	40 <i>м<sup>2</sup></i>	6,4	0,48	3,07			
		Единый расчетно- кассовый центр по Тамбовскому р-ну	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	35 <i>м<sup>2</sup></i>	1,89	0,57	1,08			
ЛТ 23	25	Магазин «Бавария»	0,25 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	95 <i>м<sup>2</sup></i>	23,75	0,75	17,81	23,75	17,81	29,69
ЛТ 23Г	26	Супермаркет	0,25 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	400 <i>м<sup>2</sup></i>	100	0,75	75	100	75	125
ЛТ 23А	27	Магазин «Анастасия»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	150 <i>м<sup>2</sup></i>	24	0,48	11,52	24	11,52	26,62
ЛТ 23Б	28	Пошив одежды	1,5 <i>кВт / раб. место</i>	2 <i>места</i>	3	0,25	0,75	56,49	23,46	61,17



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Ремонт обуви	1,5 <i>кВт / раб. место</i>	1 <i>место</i>	1,5	0,25	0,37			
		Ремонт бытовой техники «РемБытТехника»	1,5 <i>кВт / раб. место</i>	8 <i>мест</i>	12	0,25	3			
		Магазин «Бытовик»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	50 <i>м<sup>2</sup></i>	8	0,48	3,84			
		Магазин «Натали»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	40 <i>м<sup>2</sup></i>	6,4	0,48	3,07			
		Магазин «Багира»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	40 <i>м<sup>2</sup></i>	6,4	0,48	3,07			
		Ветаптека	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	20 <i>м<sup>2</sup></i>	3,2	0,48	1,54			
		Магазин «Люкс»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	30 <i>м<sup>2</sup></i>	4,8	0,48	2,3			
		Магазин «Семена»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	20 <i>м<sup>2</sup></i>	3,2	0,48	1,54			
		Магазин «Полина»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	4	0,48	1,92			
		Мебельный салон	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	45 <i>м<sup>2</sup></i>	7,2	0,48	3,45			
		Ростелеком	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	15 <i>м<sup>2</sup></i>	0,81	0,57	0,46			
		ФотоЭкспресс	1,5 <i>кВт / раб. место</i>	1 <i>место</i>	1,5	0,25	0,37			
		Магазин «Барышня»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	35 <i>м<sup>2</sup></i>	5,6	0,48	2,69			

## Продолжение таблицы А2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛТ 23В	29	Магазин «Головные уборы»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	60 <i>м<sup>2</sup></i>	9,6	0,48	4,61	9,6	4,61	10,65
ЛТ 25	30	Магазин «Каприз»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	60 <i>м<sup>2</sup></i>	9,6	0,48	4,61	9,6	4,61	10,65
ЛТ 27	31	Магазин «Орион»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	30 <i>м<sup>2</sup></i>	4,8	0,48	2,3	4,8	2,3	5,32
ЛТ 29	32	Магазин «Меркурий»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	4	0,48	1,92	4	1,92	4,44
ЛТ 27А	33	Киоск «Цветочный »	0,14 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	15 <i>м<sup>2</sup></i>	2,1	0,43	0,9	2,1	0,9	2,28
С 77А	34	Комитет по физической культуре, спорту и молодежной политике Администра ции Тамбовского р-на	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	120 <i>м<sup>2</sup></i>	6,48	0,57	3,69	14,26	8,12	16,41
		Паспортный стол	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	80 <i>м<sup>2</sup></i>	4,32	0,57	2,46			
		Администра ция стадиона	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	5,4	0,57	3,08			
С 79	35	Боулинг	0,46 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	280 <i>м<sup>2</sup></i>	128,8	0,43	55,38	128,8	55,38	140,2
С 77	36	Магазин «Шанс»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	120 <i>м<sup>2</sup></i>	19,2	0,48	9,22	19,2	9,22	21,3
Б/н	37	Гаражи	0,25 <i>кВт / шт.</i>	12 <i>штук</i>	3	0,25	0,75	3	0,75	3,09

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

Таблица А3 – Расчет электрических нагрузок, ограниченных улицами Ленинская – Комсомольская – Калининская – Пионерская

№ на плане	№	Объект	Руд	<i>n</i>	<i>P</i> , <i>кВт</i>	<i>tgφ</i>	<i>Q</i> , <i>квар</i>	<i>P</i> <sub>зд max</sub> , <i>кВт</i>	<i>Q</i> <sub>зд max</sub> , <i>квар</i>	<i>S</i> , <i>кВА</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛН 105	38	Жилой дом (3 подъезда по 12 квартир)	3,5 <i>кВт / кв.</i>	36 кв.	126	0,2	25,2	129,2	26,73	131,9 4
		Магазин «Чистый мир»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	40 м <sup>2</sup>	6,4	0,48	3,07			
КМ 15	39	Парикмахерская	1,5 <i>кВт / раб. место</i>	1 место	1,5	0,25	0,37	90,28	50,88	103,6 3
		Амурфармация	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	80 м <sup>2</sup>	12,8	0,48	6,14			
		Согаз. Мед	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	9 м <sup>2</sup>	0,49	0,57	0,28			
		Частная медицина ИП «Колесникова»	0,85 <i>кВт / кол-во мед.аппаратов</i>	11 мед.аппаратов	9,35	0,59	5,52			
		Стом. Клиника «Светлана»	0,85 <i>кВт / кол-во мед.аппаратов</i>	67 мед.аппаратов	56,95	0,59	33,6			
		Рос. Охрана	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	9 м <sup>2</sup>	0,49	0,57	0,28			
		ООО «Сталкер»	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	8 м <sup>2</sup>	0,43	0,57	0,25			
		Ногтевой центр ИП «Полунина»	1,5 <i>кВт / раб. место</i>	1 место	1,5	0,25	0,37			
		Швея-трактористка	1,5 <i>кВт / раб. место</i>	1 место	1,5	0,25	0,37			

Продолжение таблицы А3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Частная медицина ИП «Гунин»	0,85 <i>кВт / кол-во мед.аппаратов</i>	16 <i>мед.аппаратов</i>	13,6	0,59	8,02			
КМ 13	40	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
КМ 11	41	Магазин «Домашний»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	45 м <sup>2</sup>	7,2	0,48	3,46	7,2	3,46	7,99
КМ 9	42	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	80 м <sup>2</sup>	1,66	0,98	1,63	1,66	1,63	2,33
КЛ 88	43	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	50 м <sup>2</sup>	1,03	0,98	1,01	1,03	1,01	1,44
КЛ 90	44	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	30 м <sup>2</sup>	0,62	0,98	0,61	0,62	0,61	0,87
КЛ 92	45	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	60 м <sup>2</sup>	1,24	0,98	1,22	1,24	1,22	1,74
КЛ 94	46	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	70 м <sup>2</sup>	1,45	0,98	1,42	1,45	1,42	2,03
КЛ 96	47	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	80 м <sup>2</sup>	1,66	0,98	1,63	1,66	1,63	2,33
КЛ 98	48	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	60 м <sup>2</sup>	1,24	0,98	1,22	1,24	1,22	1,74
КЛ 100	49	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
КЛ 102	50	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
ПН 12	51	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	36 м <sup>2</sup>	0,75	0,98	0,73	0,75	0,73	1,05
ПН 14	52	Жилой дом (3 подъезда по 9 кв.)	4,03 <i>кВт / кв.</i>	27 кв.	108,81	0,2	21,76	108,81	21,76	110,96

Продолжение таблицы А3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛН 113	53	Жилой дом (3 подъезда по 15 квартир)	3,17 <i>кВт / кв.</i>	45 <i>кв.</i>	142, 65	0,2	28,53	142,6 5	28,53	145,4 7
ЛН 111	54	Жилой дом (3 подъезда по 9 квартир)	4,03 <i>кВт / кв.</i>	27 <i>кв.</i>	108, 81	0,2	21,76	108,8 1	21,76	110,9 6
ЛН 109	55	Жилой дом (3 подъезда по 9 квартир)	4,03 <i>кВт / кв.</i>	27 <i>кв.</i>	108, 81	0,2	21,76	108,8 1	21,76	110,9 6
ЛН 107	56	Жилой дом (3 подъезда по 12 квартир)	3,5 <i>кВт / кв.</i>	36 <i>кв.</i>	126	0,2	25,2	126	25,2	128,4 9
Б/н	57	Гаражи	0,25 <i>кВт / шт.</i>	38 <i>штук</i>	9,5	0,25	2,37	9,5	2,37	9,79

Таблица А4 – Расчет электрических нагрузок, ограниченных улицами Ленинская – Первомайская – Калининская – Комсомольская

№ на план е	№	Объект	Руд	<i>n</i>	<i>P</i> , <i>кВт</i>	<i>tgφ</i>	<i>Q</i> , <i>квар</i>	<i>P</i> <sub>зд max</sub> <i>, кВт</i>	<i>Q</i> <sub>зд max</sub> <i>, квар</i>	<i>S</i> , <i>кВА</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛН 101	58	Магазин «Винный мир»	0,25 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	30 <i>м<sup>2</sup></i>	7,5	0,75	5,62	83,25	18,71	85,33
		Жилой дом (1 подъезд – 8 квартир; 2 подъезд – 7 квартир)	5,3 <i>кВт / кв.</i>	15 <i>кв.</i>	79,5	0,2	15,9			
ЛН 99	59	Жилой дом (2 подъезда по 8 квартир)	5,17 <i>кВт / кв.</i>	16 <i>кв.</i>	82,7 2	0,2	16,54	82,72	16,54	84,36
ЛН 97	60	Суд	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	360 <i>м<sup>2</sup></i>	19,4 4	0,57	11,08	19,44	11,08	22,38
ЛН 95	61	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	130 <i>м<sup>2</sup></i>	2,69	0,98	2,64	2,69	2,64	3,77
ЛН 93	62	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	130 <i>м<sup>2</sup></i>	2,69	0,98	2,64	2,69	2,64	3,77

Продолжение таблицы А4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПМ 19	63	Магазин «Міх»	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	50 м <sup>2</sup>	8	0,48	3,84	14,4	6,91	15,97
		Магазин «Четыре Лапы»	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	50 м <sup>2</sup>	8	0,48	3,84			
ПМ 17	64	Магазин «Курносики»	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	6,4	0,48	3,07	30,48	17,32	35,06
		Магазин «Детки- Конфетки»	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	6,4	0,48	3,07			
		Магазин «Славянка»	0,25 кВт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	10	0,75	7,5			
		Магазин «Спецодежда »	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	6,4	0,48	3,07			
		Магазин «Трикотаж»	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	6,4	0,48	3,07			
ПМ 15	65	Жилой дом (2 подъезда по 8 квартир)	5,17 кВт / кв.	16 кв.	82,7 2	0,2	16,54	82,72	16,54	84,36
ПМ 13	66	Жилой дом (2 подъезда по 8 квартир)	5,17 кВт / кв.	16 кв.	82,7 2	0,2	16,54	82,72	16,54	84,36
КЛ 76	67	Жилой дом (9 подъездов по 9 квартир)	2, 35 кВт / кв.	81 кв.	190, 35	0,2	38,07	190,35	38,07	194,12
КЛ 76Б	68	Стом. Кабинет	0,85 кВт / кол- мед.аппаратов	27 мед.аппаратов	22,9 5	0,59	13,54	34,33	17,88	38,71
		Языковые курсы «I know!»	0,15 кВт / учащ. .	50 учащ.	7,5	0,43	3,22			
		Салон красоты «Карамель»	1,5 кВт / раб. место	4 места	6	0,25	1,5			
		Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81			

Продолжение таблицы А4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КМ 14	69	Жилой дом (2 подъезда по 8 квартир)	5,17 <i>кВт / кв.</i>	16 кв.	82,7 2	0,2	16,54	82,72	16,54	84,36
КМ 16	70	Жилой дом (2 подъезда по 8 квартир)	5,17 <i>кВт / кв.</i>	16 кв.	82,7 2	0,2	16,54	82,72	16,54	84,36
КМ 16А	71	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	30 м <sup>2</sup>	0,62	0,98	0,61	0,62	0,61	0,87
КМ 16Б	72	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	30 м <sup>2</sup>	0,62	0,98	0,61	0,62	0,61	0,87
КМ 16В	73	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	45 м <sup>2</sup>	0,93	0,98	0,91	0,93	0,91	1,3
Б/н	74	Гаражи	0,25 <i>кВт / шт.</i>	99 <i>штук</i>	24,7 5	0,25	6,19	24,75	6,19	25,51

Таблица А5 – Расчет электрических нагрузок, ограниченных улицами Ленинская – Первомайская – Калининская – 50-летия Октября

№ на пла не	№	Объект	Руд	<i>n</i>	Р, <i>кВт</i>	<i>tg φ</i>	Q, <i>квар</i>	<i>P<sub>зд max</sub></i> <i>, кВт</i>	<i>Q<sub>зд max</sub></i> <i>, квар</i>	S, <i>кВА</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛН 87	75	Дом Культуры	0,46 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	300 <i>м<sup>2</sup></i>	138	0,43	59,34	481,1	207,25	523,84
		МБУ ДО ДШИ с. Тамбовка	0,46 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	800 <i>м<sup>2</sup></i>	368	0,43	158,24			
		Отдел культуры Администрации и Тамбовского р-на Амурской области	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	5,4	0,57	3,08			
ПМ 6	76	Жилой дом	20,7 <i>Вт / м<sup>2</sup></i>	35 <i>м<sup>2</sup></i>	0,72	0,98	0,71	0,72	0,71	1,01

Продолжение таблицы А5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПМ 6А	77	Прокуратура Тамбовского р- на	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	5,4	0,57	3,08	9,72	5,54	11,19
		След-ный отдел по Тамбовскому р-ну СУ СК РФ по Амурской области	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	5,4	0,57	3,08			
КЛ 70	78	Тер-ный отдел УФК по Амурской области	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	140 <i>м<sup>2</sup></i>	7,56	0,57	4,31	27,76	15,82	31,95
		Межрайонная инспекция ФНС России №6 по Амурской области	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	250 <i>м<sup>2</sup></i>	13,5	0,57	7,69			
		Гос. Пош. Надзор	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	20 <i>м<sup>2</sup></i>	1,08	0,57	0,62			
		Управление ФССП по Тамбовскому р-ну	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	170 <i>м<sup>2</sup></i>	9,18	0,57	5,23			
КЛ 68	79	Межрайонная инспекция ФНС России №6 по Амурской области	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	5,4	0,57	3,08	11,88	6,77	13,67
		Сбербанк России	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	140 <i>м<sup>2</sup></i>	7,56	0,57	4,31			
		Управление Пенсионного фонда России в Тамбовском р- не Амурской области	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	300 <i>м<sup>2</sup></i>	16,2	0,57	9,23			



Продолжение таблицы А5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Тамбовский комплексный центр социального обслуживания населения	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	200 <i>м<sup>2</sup></i>	10,8	0,57	6,16			
		КЦОН	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	5,4	0,57	3,08			
КЛ 64	81	Пекарня	0,78 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	100 <i>м<sup>2</sup></i>	78	0,48	37,44	94	49,44	106,21
		Магазин «Хлебное местечко»	0,25 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	80 <i>м<sup>2</sup></i>	20	0,75	15			
КЛ 64А	82	Киоск «Овощи-Фрукты»	0,23 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	32 <i>м<sup>2</sup></i>	7,36	0,7	5,15	7,36	5,15	8,98
ЛТ 13	83	Магазин «Российский трикотаж»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	20 <i>м<sup>2</sup></i>	3,2	0,48	1,54	43,9	22,23	49,21
		Россельхоз Банк	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	220 <i>м<sup>2</sup></i>	11,8 8	0,57	6,77			
		Магазин «Махаон»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	4	0,48	1,92			
		Магазин «Светлана»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	4	0,48	1,92			
		Магазин «Оптовик»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	40 <i>м<sup>2</sup></i>	6,4	0,48	3,07			
		Магазин цветов «Семена»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	4	0,48	1,92			
		Ювелирный отдел «Сияние»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	4	0,48	1,92			
		Восточный Банк	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	1,35	0,57	0,77			

Продолжение таблицы А5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Магазин «Рыбалка- Охота»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	4	0,48	1,92			
		Магазин «Дом Обуви»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	4	0,48	1,92			
		Магазин «Юнистрим»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	4	0,48	1,92			
		Вестерн «Юниор»	0,043 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	25 <i>м<sup>2</sup></i>	1,07	0,48	0,51			
ЛТ 15	84	Билайн	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	20 <i>м<sup>2</sup></i>	1,08	0,57	0,62	25,86	12,58	28,76
		МТС	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	20 <i>м<sup>2</sup></i>	1,08	0,57	0,62			
		Совкомбанк	0,043 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	4 <i>м<sup>2</sup></i>	0,17	0,48	0,08			
		Магазин «Технополис»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	150 <i>м<sup>2</sup></i>	24	0,48	11,52			
ЛТ 15А	85	Магазин «Одежда и обувь для всей семьи»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	50 <i>м<sup>2</sup></i>	8	0,48	3,84	8	3,84	8,87
ЛТ 17	86	Магазин «Орел»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	50 <i>м<sup>2</sup></i>	8	0,48	3,84	14,4	6,91	15,97
		Магазин «Сказка»	0,16 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	50 <i>м<sup>2</sup></i>	8	0,48	3,84			
ЛТ 19А	87	Магазин «Раздолье»	0,25 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	50 <i>м<sup>2</sup></i>	12,5	0,75	9,37	12,5	9,37	15,62
ЛТ 21Б	88	Мегафон	0,054 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	70 <i>м<sup>2</sup></i>	3,78	0,57	2,15	20,52	14,84	25,32
		Магазин «Водочный стандарт»	0,25 <i>кВт / м<sup>2</sup></i>	70 <i>м<sup>2</sup></i>	17,5	0,75	13,12			

Продолжение таблицы А5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛТ 21А	89	Аптека	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	50 м <sup>2</sup>	8	0,48	3,84	21,76	10,44	24,13
		Магазин «Белая Роза»	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	20 м <sup>2</sup>	3,2	0,48	1,54			
		Магазин «Любимый»	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	80 м <sup>2</sup>	12,8	0,48	6,14			
ЛН 75	90	Магазин «Солнышко»	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	6,4	0,48	3,07	6,4	3,07	7,1
ЛН 75Б	91	Киоск «Овоци- Фрукты- Специи»	0,23 кВт / м <sup>2</sup>	20 м <sup>2</sup>	4,6	0,7	3,22	4,6	3,22	5,61
ЛН 75А	92	Аптека	0,16 кВт / м <sup>2</sup>	35 м <sup>2</sup>	5,6	0,48	2,69	5,6	2,69	6,21
ЛН 77	93	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
ЛН 79	94	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
ЛН 81	95	Жилой дом	20,7 Вт / м <sup>2</sup>	40 м <sup>2</sup>	0,83	0,98	0,81	0,83	0,81	1,16
Б/н	96	Гаражи	0,25 кВт / шт.	2 штуки	0,5	0,25	0,125	0,5	0,125	0,51

Таблица А6 - Дневные и вечерние электрические нагрузки потребителей

№ на плане	№	Объект	$P_{\text{э} \text{ макс}},$ кВт	$k_p$	$P_{\text{расч}},$ кВт	$k_D$	$k_B$	$P_D,$ кВт	$P_B,$ кВт	$\cos \varphi_D /$ $\cos \varphi_B$	$S_D,$ кВА	$S_B,$ кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПН 26А	1	Жилой дом	29	1,2	34,8	0,6	1	20,88	34,8	0,92/0 ,96	22,7	36,25
ПН 26	2	Жилой дом	29	1,2	34,8	0,6	1	20,88	34,8	0,92/0 ,96	22,7	36,25
ПН 24	3	Жилой дом	14,5	1,2	17,4	0,6	1	10,44	17,4	0,92/0 ,96	11,35	18,12
ПН 22	4	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/0 ,96	0,65	1,04
ЛН 104	5	Школа	300	1,2	360	1	0,6	360	216	0,75/0 ,85	480	254,12

Продолжение таблицы А6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЛН 92	6	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04
КМ 17	7	Киоск «РОРУБАЙ»	2,3	1,2	2,76	1	0,6	2,76	1,66	0,70/ 75	3,94	2,21
КМ 19	8	Жилой дом	1,66	1,2	1,99	0,6	1	1,19	1,99	0,92/ 0,96	1,3	2,07
КМ 21	9	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04
КМ 23	10	Жилой дом	1,35	1,2	1,62	0,6	1	0,97	1,62	0,92/ 0,96	1,05	1,69
С 81	11	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04
С 83	12	Магазин «Ритуальные услуги»	17,2 8	1,2	20,74	1	0,6	20,74	12,44	0,70/ 75	29,63	16,59
С 85	13	Жилой дом	1,03	1,2	1,24	0,6	1	0,74	1,24	0,92/ 0,96	0,81	1,29
С 87	14	Жилой дом	0,62	1,2	0,74	0,6	1	0,44	0,74	0,92/ 0,96	0,48	0,77
С 89	15	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04
Б/н	16	Гаражи	0,5	1,2	0,6	0,6	1	0,36	0,6	0,70/ 75	0,51	0,8
ЛН 90	17	Администрац ия Тамбовского р-на	23,7 6	1,2	28,51	1	0,6	28,51	17,11	0,75/ 0,85	38,02	20,13
ЛН 88	18	Отделение АО Федеральное БТИ в с. Тамбовка	14,6 9	1,2	17,63	1	0,6	17,63	10,58	0,75/ 0,85	23,5	12,44
ЛН 86	19	Магазин «Уют»	86	1,2	103,2	1	1	103,2	103,2	0,70/ 75	147,4 3	137,6
ЛН 84	20	МБУ Тамбовская МЦБ	35	1,2	42	1	0,6	42	25,2	0,75/ 0,85	56	29,65
ЛН 80	21	Почта банк	19,4 4	1,2	23,33	1	0,6	23,33	14	0,85/ 0,9	27,44	15,55
ЛН 80А	22	Склад	75	1,2	90	0,6	1	54	90	0,75/ 0,85	72	105,8 8
ЛН 78	23	Магазин «Светлый»	18,4	1,2	22,08	1	1	22,08	22,08	0,70/ 75	31,54	29,44

Продолжение таблицы А6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЛТ 21	24	Магазин «Одежда и обувь»	30,2 9	1,2	36,35	1	1	36,35	36,35	0,7/0, 75	51,93	48,46
ЛТ 23	25	Магазин «Бавария»	23,7 5	1,2	28,5	1	0,6	28,5	17,1	0,7/0, 75	40,71	22,8
ЛТ 23Г	26	Супермаркет	100	1,2	120	1	0,6	120	72	0,7/0, 75	171,4 3	96
ЛТ 23А	27	Магазин «Анастасия»	24	1,2	28,8	1	0,6	28,8	17,28	0,7/0, 75	41,14	23,04
ЛТ 23Б	28	Ремонт бытовой техники «РемБытТех ника»	56,4 9	1,2	67,79	1	1	67,79	67,79	0,7/0, 75	96,84	90,38
ЛТ 23В	29	Магазин «Головные уборы»	9,6	1,2	11,52	1	0,6	11,52	6,91	0,7/0, 75	16,46	9,22
ЛТ 25	30	Магазин «Каприз»	9,6	1,2	11,52	1	0,6	11,52	6,91	0,7/0, 75	16,46	9,22
ЛТ 27	31	Магазин «Орион»	4,8	1,2	5,76	1	0,6	5,76	3,46	0,7/0, 75	8,23	4,61
ЛТ 29	32	Магазин «Меркурий»	4	1,2	4,8	1	0,6	4,8	2,88	0,7/0, 75	6,86	3,84
ЛТ 27А	33	Киоск «Цветочный»	2,1	1,2	2,52	1	0,6	2,52	1,51	0,7/0, 75	3,6	2,02
С 77А	34	Комитет по физической культуре	14,2 6	1,2	17,11	1	0,6	17,11	10,27	0,75/ 0,85	22,82	12,08
С 79	35	Боулинг	128, 8	1,2	154,56	1	0,6	154,5 6	92,74	0,7/0, 75	220,8	123,6 5
С 77	36	Магазин «Шанс»	19,2	1,2	23,04	1	0,6	23,04	13,82	0,7/0, 75	32,91	18,43
Б/н	37	Гаражи	3	1,2	3,6	1	0,6	3,6	2,16	0,7/0, 75	5,14	2,88
ЛН 105	38	Жилой дом (3 подъезда по 12 квартир)	129, 2	1,2	155,04	1	1	155,0 4	155,0 4	0,92/ 0,96	168,5 2	161,5
КМ 15	39	Стом. клиника «Светлана»	90,2 8	1,2	108,34	1	1	108,3 4	108,3 4	0,85/ 0,9	127,4 5	120,3 7
КМ 13	40	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04

Продолжение таблицы А6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
КМ 11	41	Магазин «Домашний »	7,2	1,2	8,64	1	0,6	8,64	5,18	0,7/0 ,75	12,34	6,91
КМ 9	42	Жилой дом	1,66	1,2	1,99	0,6	1	1,19	1,99	0,92/ 0,96	1,3	2,07
КЛ 88	43	Жилой дом	1,03	1,2	1,24	0,6	1	0,74	1,24	0,92/ 0,96	0,81	1,29
КЛ 90	44	Жилой дом	0,62	1,2	0,74	0,6	1	0,44	0,74	0,92/ 0,96	0,48	0,77
КЛ 92	45	Жилой дом	1,24	1,2	1,49	0,6	1	0,89	1,49	0,92/ 0,96	0,97	1,55
КЛ 94	46	Жилой дом	1,45	1,2	1,74	0,6	1	1,04	1,74	0,92/ 0,96	1,13	1,81
КЛ 96	47	Жилой дом	1,66	1,2	1,99	0,6	1	1,19	1,99	0,92/ 0,96	1,3	2,07
КЛ 98	48	Жилой дом	1,24	1,2	1,49	0,6	1	0,89	1,49	0,92/ 0,96	0,97	1,55
КЛ 100	49	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04
КЛ 102	50	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04
ПН 12	51	Жилой дом	0,75	1,2	0,9	0,6	1	0,54	0,9	0,92/ 0,96	0,59	0,94
ПН 14	52	Жилой дом (3 подъезда по 9 квартир)	108, 81	1,2	130,5 7	0,6	1	78,34	130,5 7	0,92/ 0,96	85,16	136,0 1
ЛН 113	53	Жилой дом (3 подъезда по 15 квартир)	142, 65	1,2	171,1 8	0,6	1	102,7 1	171,1 8	0,92/ 0,96	111,6 4	178,3 1
ЛН 111	54	Жилой дом (3 подъезда по 9 квартир)	108, 81	1,2	130,5 7	0,6	1	78,34	130,5 7	0,92/ 0,96	85,16	136,0 1
ЛН 109	55	Жилой дом (3 подъезда по 9 квартир)	108, 81	1,2	130,5 7	0,6	1	78,34	130,5 7	0,92/ 0,96	85,16	136,0 1
ЛН 107	56	Жилой дом (3 подъезда по 12 кв.)	126	1,2	151,2	0,6	1	90,72	151,2	0,92/ 0,96	98,61	157,5

Продолжение таблицы А6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Б/н	57	Гаражи	9,5	1,2	11,4	0,6	1	6,84	11,4	0,7/0,75	9,77	15,2
ЛН 101	58	Жилой дом (1 подъезд – 8 квартир; 2 подъезд – 7 квартир)	83,25	1,2	99,9	1	1	99,9	99,9	0,92/0,96	108,59	104,06
ЛН 99	59	Жилой дом (2 подъезда по 8 квартир)	82,72	1,2	99,26	0,6	1	59,56	99,26	0,92/0,96	64,74	103,4
ЛН 97	60	Суд	19,44	1,2	23,33	1	0,6	23,33	14	0,75/0,85	31,1	16,47
ЛН 95	61	Жилой дом	2,69	1,2	3,23	0,6	1	1,94	3,23	0,92/0,96	2,1	3,36
ЛН 93	62	Жилой дом	2,69	1,2	3,23	0,6	1	1,94	3,23	0,92/0,96	2,1	3,36
ПМ 19	63	Магазин «Четыре Лапы»	14,4	1,2	17,28	1	0,6	17,28	10,37	0,7/0,75	24,69	13,82
ПМ 17	64	Магазин «Славянка»	30,48	1,2	36,58	1	0,6	36,58	21,95	0,7/0,75	52,25	29,26
ПМ 15	65	Жилой дом (2 подъезда по 8 квартир)	82,72	1,2	99,26	0,6	1	59,56	99,26	0,92/0,96	64,74	103,4
ПМ 13	66	Жилой дом (2 подъезда по 8 квартир)	82,72	1,2	99,26	0,6	1	59,56	99,26	0,92/0,96	64,74	103,4
КЛ 76	67	Жилой дом (9 подъездов по 9 квартир)	190,35	1,2	228,42	0,6	1	137,05	228,42	0,92/0,96	148,97	237,94
КЛ 76Б	68	Стом. Кабинет	34,33	1,2	41,2	1	1	41,2	41,2	0,85/0,9	48,47	45,77
КМ 14	69	Жилой дом (2 подъезда по 8 квартир)	82,72	1,2	99,26	0,6	1	59,56	99,26	0,92/0,96	64,74	103,4
КМ 16	70	Жилой дом (2 подъезда по 8 кв.)	82,72	1,2	99,26	0,6	1	59,56	99,26	0,92/0,96	64,74	103,4
КМ 16А	71	Жилой дом	0,62	1,2	0,74	0,6	1	0,44	0,74	0,92/0,96	0,48	0,77
КМ 16Б	72	Жилой дом	0,62	1,2	0,74	0,6	1	0,44	0,74	0,92/0,96	0,48	0,77

Продолжение таблицы А6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
КМ 16В	73	Жилой дом	0,93	1,2	1,12	0,6	1	0,67	1,12	0,92/ 0,96	0,73	1,16
Б/н	74	Гаражи	24,7 5	1,2	29,7	1	0,6	29,7	17,82	0,7/0 ,75	42,43	23,76
ЛН 87	75	МБУ ДО ДШИ с. Тамбовка	481, 1	1,2	577,3 2	1	0,6	577,3 2	346,3 9	0,75/ 0,85	769,7 6	407,5 2
ПМ 6	76	Жилой дом	0,72	1,2	0,86	0,6	1	0,52	0,86	0,92/ 0,96	0,56	0,9
ПМ 6А	77	Прокуратура Тамбовского р-на	9,72	1,2	11,66	1	0,6	11,66	7	0,75/ 0,85	15,55	8,23
КЛ 70	78	Межрайонна я инспекция ФНС России №6 по Амурской области	27,7 6	1,2	33,31	1	0,6	33,31	19,99	0,75/ 0,85	44,42	23,51
КЛ 68	79	Сбербанк России	11,8 8	1,2	14,26	1	0,6	14,26	8,56	0,85/ 0,9	16,77	9,5
КЛ 66	80	Управление Пенсионног о фонда	29,1 6	1,2	34,99	1	0,6	34,99	20,99	0,75/ 0,85	46,66	24,7
КЛ 64	81	Пекарня	94	1,2	112,8	1	0,6	112,8	67,68	0,7/0 ,75	161,1 4	90,24
КЛ 64А	82	Киоск «Овощи- Фрукты»	7,36	1,2	8,83	1	0,6	8,83	5,3	0,7/0 ,75	12,62	7,07
ЛТ 13	83	Россельхоз Банк	43,9	1,2	52,68	1	0,6	52,68	31,61	0,85/ 0,9	61,98	35,13
ЛТ 15	84	Магазин «Технополи с»	25,8 6	1,2	31,03	1	0,6	31,03	18,62	0,7/0 ,75	44,33	24,83
ЛТ 15А	85	Магазин «Одежда и обувь для всей семьи»	8	1,2	9,6	1	0,6	9,6	5,76	0,7/0 ,75	13,71	7,68
ЛТ 17	86	Магазин «Сказка»	14,4	1,2	17,28	1	0,6	17,28	10,37	0,7/0 ,75	24,69	13,82
ЛТ 19А	87	Магазин «Раздолье»	12,5	1,2	15	1	0,6	15	9	0,7/0 ,75	21,43	12



Продолжение таблицы А6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЛТ 21Б	88	Магазин «Водочный стандарт»	20,5 2	1,2	24,62	1	0,6	24,62	14,77	0,7/0 ,75	35,18	19,7
ЛТ 21А	89	Магазин «Любимый»	21,7 6	1,2	26,11	1	0,6	26,11	15,67	0,7/0 ,75	37,3	20,89
ЛН 75	90	Магазин «Солнышко »	6,4	1,2	7,68	1	0,6	7,68	4,61	0,7/0 ,75	10,97	6,14
ЛН 75Б	91	Киоск «Овоци- Фрукты- Специи»	4,6	1,2	5,52	1	0,6	5,52	3,31	0,7/0 ,75	7,89	4,42
ЛН 75А	92	Аптека	5,6	1,2	6,72	1	0,6	6,72	4,03	0,85/ 0,9	7,91	4,48
ЛН 77	93	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04
ЛН 79	94	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04
ЛН 81	95	Жилой дом	0,83	1,2	1	0,6	1	0,6	1	0,92/ 0,96	0,65	1,04
Б/н	96	Гаражи	0,5	1,2	0,6	0,6	1	0,36	0,6	0,7/0 ,75	0,51	0,8

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

### Расчет в программе MathCad

P1 := 29	Q1 := 5.8	$S1 := \sqrt{(P1)^2 + (Q1)^2}$	S1 = 29.574
P2 := 29	Q2 := 5.8	$S2 := \sqrt{(P2)^2 + (Q2)^2}$	S2 = 29.574
P3 := 14.5	Q3 := 2.9	$S3 := \sqrt{(P3)^2 + (Q3)^2}$	S3 = 14.787
P4 := 0.83	Q4 := 0.81	$S4 := \sqrt{(P4)^2 + (Q4)^2}$	S4 = 1.16
P5 := 300	Q5 := 99	$S5 := \sqrt{(P5)^2 + (Q5)^2}$	S5 = 315.913
P6 := 0.83	Q6 := 0.81	$S6 := \sqrt{(P6)^2 + (Q6)^2}$	S6 = 1.16
P7 := 2.3	Q7 := 1.61	$S7 := \sqrt{(P7)^2 + (Q7)^2}$	S7 = 2.808
P8 := 1.66	Q8 := 1.63	$S8 := \sqrt{(P8)^2 + (Q8)^2}$	S8 = 2.326
P9 := 0.83	Q9 := 0.81	$S9 := \sqrt{(P9)^2 + (Q9)^2}$	S9 = 1.16
P10 := 1.35	Q10 := 1.32	$S10 := \sqrt{(P10)^2 + (Q10)^2}$	S10 = 1.888
P11 := 0.83	Q11 := 0.81	$S11 := \sqrt{(P11)^2 + (Q11)^2}$	S11 = 1.16
P12 := 17.28	Q12 := 8.29	$S12 := \sqrt{(P12)^2 + (Q12)^2}$	S12 = 19.166
P13 := 1.03	Q13 := 1.01	$S13 := \sqrt{(P13)^2 + (Q13)^2}$	S13 = 1.443
P14 := 0.62	Q14 := 0.61	$S14 := \sqrt{(P14)^2 + (Q14)^2}$	S14 = 0.87
P15 := 0.83	Q15 := 0.81	$S15 := \sqrt{(P15)^2 + (Q15)^2}$	S15 = 1.16
P16 := 0.5	Q16 := 0.125	$S16 := \sqrt{(P16)^2 + (Q16)^2}$	S16 = 0.515
P17 := 23.76	Q17 := 13.55	$S17 := \sqrt{(P17)^2 + (Q17)^2}$	S17 = 27.352
P18 := 14.69	Q18 := 8.36	$S18 := \sqrt{(P18)^2 + (Q18)^2}$	S18 = 16.902
P19 := 86	Q19 := 49.62	$S19 := \sqrt{(P19)^2 + (Q19)^2}$	S19 = 99.288
P20 := 35	Q20 := 15.05	$S20 := \sqrt{(P20)^2 + (Q20)^2}$	S20 = 38.099
P21 := 19.44	Q21 := 11.09	$S21 := \sqrt{(P21)^2 + (Q21)^2}$	S21 = 22.381
P22 := 75	Q22 := 18.75	$S22 := \sqrt{(P22)^2 + (Q22)^2}$	S22 = 77.308
P23 := 18.4	Q23 := 8.28		
P24 := 30.29	Q24 := 15.08		

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

P25 := 23.75	Q25 := 17.81	$S23 := \sqrt{(P23)^2 + (Q23)^2}$	S23 = 20.177
P26 := 100	Q26 := 75	$S24 := \sqrt{(P24)^2 + (Q24)^2}$	S24 = 33.836
P27 := 24	Q27 := 11.52	$S25 := \sqrt{(P25)^2 + (Q25)^2}$	S25 = 29.686
P28 := 56.49	Q28 := 23.46	$S26 := \sqrt{(P26)^2 + (Q26)^2}$	S26 = 125
P29 := 9.6	Q29 := 4.61	$S27 := \sqrt{(P27)^2 + (Q27)^2}$	S27 = 26.622
P30 := 9.6	Q30 := 4.61	$S28 := \sqrt{(P28)^2 + (Q28)^2}$	S28 = 61.168
P31 := 4.8	Q31 := 2.3	$S29 := \sqrt{(P29)^2 + (Q29)^2}$	S29 = 10.65
P32 := 4	Q32 := 1.92	$S30 := \sqrt{(P30)^2 + (Q30)^2}$	S30 = 10.65
P33 := 2.1	Q33 := 0.9	$S31 := \sqrt{(P31)^2 + (Q31)^2}$	S31 = 5.323
P34 := 14.26	Q34 := 8.12	$S32 := \sqrt{(P32)^2 + (Q32)^2}$	S32 = 4.437
P35 := 128.8	Q35 := 55.38	$S33 := \sqrt{(P33)^2 + (Q33)^2}$	S33 = 2.285
P36 := 19.2	Q36 := 9.22	$S34 := \sqrt{(P34)^2 + (Q34)^2}$	S34 = 16.41
P37 := 3	Q37 := 0.75	$S35 := \sqrt{(P35)^2 + (Q35)^2}$	S35 = 140.201
		$S36 := \sqrt{(P36)^2 + (Q36)^2}$	S36 = 21.299
		$S37 := \sqrt{(P37)^2 + (Q37)^2}$	S37 = 3.092
P38 := 129.2	Q38 := 26.73	$S38 := \sqrt{(P38)^2 + (Q38)^2}$	S38 = 131.936
P39 := 90.28	Q39 := 50.88	$S39 := \sqrt{(P39)^2 + (Q39)^2}$	S39 = 103.63
P40 := 0.83	Q40 := 0.81	$S40 := \sqrt{(P40)^2 + (Q40)^2}$	S40 = 1.16
P41 := 7.2	Q41 := 3.46	$S41 := \sqrt{(P41)^2 + (Q41)^2}$	S41 = 7.988
P42 := 1.66	Q42 := 1.63	$S42 := \sqrt{(P42)^2 + (Q42)^2}$	S42 = 2.326
P43 := 1.03	Q43 := 1.01	$S43 := \sqrt{(P43)^2 + (Q43)^2}$	S43 = 1.443
P44 := 0.62	Q44 := 0.61		
P45 := 1.24	Q45 := 1.22		

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

P46 := 1.45	Q46 := 1.42	$S44 := \sqrt{(P44)^2 + (Q44)^2}$	S44 = 0.87
P47 := 1.66	Q47 := 1.63	$S45 := \sqrt{(P45)^2 + (Q45)^2}$	S45 = 1.74
P48 := 1.24	Q48 := 1.22	$S46 := \sqrt{(P46)^2 + (Q46)^2}$	S46 = 2.03
P49 := 0.83	Q49 := 0.81	$S47 := \sqrt{(P47)^2 + (Q47)^2}$	S47 = 2.326
P50 := 0.83	Q50 := 0.81	$S48 := \sqrt{(P48)^2 + (Q48)^2}$	S48 = 1.74
P51 := 0.75	Q51 := 0.73	$S49 := \sqrt{(P49)^2 + (Q49)^2}$	S49 = 1.16
P52 := 108.81	Q52 := 21.76	$S50 := \sqrt{(P50)^2 + (Q50)^2}$	S50 = 1.16
P53 := 142.65	Q53 := 28.53	$S51 := \sqrt{(P51)^2 + (Q51)^2}$	S51 = 1.047
P54 := 108.81	Q54 := 21.76	$S52 := \sqrt{(P52)^2 + (Q52)^2}$	S52 = 110.964
P55 := 108.81	Q55 := 21.76	$S53 := \sqrt{(P53)^2 + (Q53)^2}$	S53 = 145.475
P56 := 126	Q56 := 25.2	$S54 := \sqrt{(P54)^2 + (Q54)^2}$	S54 = 110.964
P57 := 9.5	Q57 := 2.37	$S55 := \sqrt{(P55)^2 + (Q55)^2}$	S55 = 110.964
		$S56 := \sqrt{(P56)^2 + (Q56)^2}$	S56 = 128.495
		$S57 := \sqrt{(P57)^2 + (Q57)^2}$	S57 = 9.791
P58 := 83.25	Q58 := 18.71	$S58 := \sqrt{(P58)^2 + (Q58)^2}$	S58 = 85.327
P59 := 82.72	Q59 := 16.54	$S59 := \sqrt{(P59)^2 + (Q59)^2}$	S59 = 84.357
P60 := 19.44	Q60 := 11.08	$S60 := \sqrt{(P60)^2 + (Q60)^2}$	S60 = 22.376
P61 := 2.69	Q61 := 2.64	$S61 := \sqrt{(P61)^2 + (Q61)^2}$	S61 = 3.769
P62 := 2.69	Q62 := 2.64	$S62 := \sqrt{(P62)^2 + (Q62)^2}$	S62 = 3.769
P63 := 14.4	Q63 := 6.91	$S63 := \sqrt{(P63)^2 + (Q63)^2}$	S63 = 15.972
P64 := 30.48	Q64 := 17.32	$S64 := \sqrt{(P64)^2 + (Q64)^2}$	S64 = 35.057
P65 := 82.72	Q65 := 16.54	$S65 := \sqrt{(P65)^2 + (Q65)^2}$	S65 = 84.357
P66 := 82.72	Q66 := 16.54		
P67 := 190.35	Q67 := 38.07		
P68 := 34.33	Q68 := 17.88		

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

P69 := 82.72	Q69 := 16.54	$S66 := \sqrt{(P66)^2 + (Q66)^2}$	S66 = 84.357
P70 := 82.72	Q70 := 16.54	$S67 := \sqrt{(P67)^2 + (Q67)^2}$	S67 = 194.12
P71 := 0.62	Q71 := 0.61	$S68 := \sqrt{(P68)^2 + (Q68)^2}$	S68 = 38.707
P72 := 0.62	Q72 := 0.61	$S69 := \sqrt{(P69)^2 + (Q69)^2}$	S69 = 84.357
P73 := 0.93	Q73 := 0.91	$S70 := \sqrt{(P70)^2 + (Q70)^2}$	S70 = 84.357
P74 := 24.75	Q74 := 6.19	$S71 := \sqrt{(P71)^2 + (Q71)^2}$	S71 = 0.87
		$S72 := \sqrt{(P72)^2 + (Q72)^2}$	S72 = 0.87
		$S73 := \sqrt{(P73)^2 + (Q73)^2}$	S73 = 1.301
		$S74 := \sqrt{(P74)^2 + (Q74)^2}$	S74 = 25.512
P75 := 481.1	Q75 := 207.25	$S75 := \sqrt{(P75)^2 + (Q75)^2}$	S75 = 523.841
P76 := 0.72	Q76 := 0.71	$S76 := \sqrt{(P76)^2 + (Q76)^2}$	S76 = 1.011
P77 := 9.72	Q77 := 5.54	$S77 := \sqrt{(P77)^2 + (Q77)^2}$	S77 = 11.188
P78 := 27.76	Q78 := 15.82	$S78 := \sqrt{(P78)^2 + (Q78)^2}$	S78 = 31.951
P79 := 11.88	Q79 := 6.77	$S79 := \sqrt{(P79)^2 + (Q79)^2}$	S79 = 13.674
P80 := 29.16	Q80 := 16.62	$S80 := \sqrt{(P80)^2 + (Q80)^2}$	S80 = 33.564
P81 := 94	Q81 := 49.44	$S81 := \sqrt{(P81)^2 + (Q81)^2}$	S81 = 106.209
P82 := 7.36	Q82 := 5.15	$S82 := \sqrt{(P82)^2 + (Q82)^2}$	S82 = 8.983
P83 := 43.9	Q83 := 22.23	$S83 := \sqrt{(P83)^2 + (Q83)^2}$	S83 = 49.208
P84 := 25.86	Q84 := 12.58	$S84 := \sqrt{(P84)^2 + (Q84)^2}$	S84 = 28.758
P85 := 8	Q85 := 3.84	$S85 := \sqrt{(P85)^2 + (Q85)^2}$	S85 = 8.874
P86 := 14.4	Q86 := 6.91	$S86 := \sqrt{(P86)^2 + (Q86)^2}$	S86 = 15.972
P87 := 12.5	Q87 := 9.37	$S87 := \sqrt{(P87)^2 + (Q87)^2}$	S87 = 15.622
P88 := 20.52	Q88 := 14.84		
P89 := 21.76	Q89 := 10.44		
P90 := 6.4	Q90 := 3.07		
P91 := 4.6	Q91 := 3.22		
P92 := 5.6	Q92 := 2.69		

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$P93 = 0.83$	$Q93 = 0.81$	$S88 = \sqrt{(P88)^2 + (Q88)^2}$	$S88 = 25.324$
$P94 = 0.83$	$Q94 = 0.81$	$S89 = \sqrt{(P89)^2 + (Q89)^2}$	$S89 = 24.135$
$P95 = 0.83$	$Q95 = 0.81$	$S90 = \sqrt{(P90)^2 + (Q90)^2}$	$S90 = 7.098$
$P96 = 0.5$	$Q96 = 0.125$	$S91 = \sqrt{(P91)^2 + (Q91)^2}$	$S91 = 5.615$
		$S92 = \sqrt{(P92)^2 + (Q92)^2}$	$S92 = 6.213$
		$S93 = \sqrt{(P93)^2 + (Q93)^2}$	$S93 = 1.16$
		$S94 = \sqrt{(P94)^2 + (Q94)^2}$	$S94 = 1.16$
		$S95 = \sqrt{(P95)^2 + (Q95)^2}$	$S95 = 1.16$
		$S96 = \sqrt{(P96)^2 + (Q96)^2}$	$S96 = 0.515$

$Ka1 = 0.6 \quad Ka1 = 1 \quad Ka2 = 1 \quad Ka2 = 0.6$

$Pp1 = P1-1.2$	$Pp1 = 34.8$	$Pa1 = Pp1 \cdot Ka1$	$Pa1 = 20.88$	$Pa1 = Pp1 \cdot Ka1$	$Pa1 = 34.8$
$Pp2 = P2-1.2$	$Pp2 = 34.8$	$Pa2 = Pp2 \cdot Ka1$	$Pa2 = 20.88$	$Pa2 = Pp2 \cdot Ka1$	$Pa2 = 34.8$
$Pp3 = P3-1.2$	$Pp3 = 17.4$	$Pa3 = Pp3 \cdot Ka1$	$Pa3 = 10.44$	$Pa3 = Pp3 \cdot Ka1$	$Pa3 = 17.4$
$Pp4 = P4-1.2$	$Pp4 = 0.996$	$Pa4 = Pp4 \cdot Ka1$	$Pa4 = 0.598$	$Pa4 = Pp4 \cdot Ka1$	$Pa4 = 0.996$
$Pp5 = P5-1.2$	$Pp5 = 360$	$Pa5 = Pp5 \cdot Ka2$	$Pa5 = 360$	$Pa5 = Pp5 \cdot Ka2$	$Pa5 = 216$
$Pp6 = P6-1.2$	$Pp6 = 0.996$	$Pa6 = Pp6 \cdot Ka1$	$Pa6 = 0.598$	$Pa6 = Pp6 \cdot Ka1$	$Pa6 = 0.996$
$Pp7 = P7-1.2$	$Pp7 = 2.76$	$Pa7 = Pp7 \cdot Ka2$	$Pa7 = 2.76$	$Pa7 = Pp7 \cdot Ka2$	$Pa7 = 1.656$
$Pp8 = P8-1.2$	$Pp8 = 1.992$	$Pa8 = Pp8 \cdot Ka1$	$Pa8 = 1.195$	$Pa8 = Pp8 \cdot Ka1$	$Pa8 = 1.992$
$Pp9 = P9-1.2$	$Pp9 = 0.996$	$Pa9 = Pp9 \cdot Ka1$	$Pa9 = 0.598$	$Pa9 = Pp9 \cdot Ka1$	$Pa9 = 0.996$
$Pp10 = P10-1.2$	$Pp10 = 1.62$	$Pa10 = Pp10 \cdot Ka1$	$Pa10 = 0.972$	$Pa10 = Pp10 \cdot Ka1$	$Pa10 = 1.62$
$Pp11 = P11-1.2$	$Pp11 = 0.996$	$Pa11 = Pp11 \cdot Ka1$	$Pa11 = 0.598$	$Pa11 = Pp11 \cdot Ka1$	$Pa11 = 0.996$
$Pp12 = P12-1.2$	$Pp12 = 20.736$	$Pa12 = Pp12 \cdot Ka2$	$Pa12 = 20.736$	$Pa12 = Pp12 \cdot Ka2$	$Pa12 = 12.442$
$Pp13 = P13-1.2$	$Pp13 = 1.236$	$Pa13 = Pp13 \cdot Ka1$	$Pa13 = 0.742$	$Pa13 = Pp13 \cdot Ka1$	$Pa13 = 1.236$
$Pp14 = P14-1.2$	$Pp14 = 0.744$	$Pa14 = Pp14 \cdot Ka1$	$Pa14 = 0.446$	$Pa14 = Pp14 \cdot Ka1$	$Pa14 = 0.744$
$Pp15 = P15-1.2$	$Pp15 = 0.996$	$Pa15 = Pp15 \cdot Ka1$	$Pa15 = 0.598$	$Pa15 = Pp15 \cdot Ka1$	$Pa15 = 0.996$
$Pp16 = P16-1.2$	$Pp16 = 0.6$	$Pa16 = Pp16 \cdot Ka1$	$Pa16 = 0.36$	$Pa16 = Pp16 \cdot Ka1$	$Pa16 = 0.6$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Pr17 := P17-1.2	Pr17 = 28.512	Rd17 := Pr17-Kd2
Pr18 := P18-1.2	Pr18 = 17.628	Rd18 := Pr18-Kd2
Pr19 := P19-1.2	Pr19 = 103.2	Rd19 := Pr19-Kd2
Pr20 := P20-1.2	Pr20 = 42	Rd20 := Pr20-Kd2
Pr21 := P21-1.2	Pr21 = 23.328	Rd21 := Pr21-Kd2
Pr22 := P22-1.2	Pr22 = 90	Rd22 := Pr22-Kd1
Pr23 := P23-1.2	Pr23 = 22.08	Rd23 := Pr23-Kd2
Pr24 := P24-1.2	Pr24 = 36.348	Rd24 := Pr24-Kd2
Pr25 := P25-1.2	Pr25 = 28.5	Rd25 := Pr25-Kd2
Pr26 := P26-1.2	Pr26 = 120	Rd26 := Pr26-Kd2
Pr27 := P27-1.2	Pr27 = 28.8	Rd27 := Pr27-Kd2
Pr28 := P28-1.2	Pr28 = 67.788	Rd28 := Pr28-Kd2
Pr29 := P29-1.2	Pr29 = 11.52	Rd29 := Pr29-Kd2
Pr30 := P30-1.2	Pr30 = 11.52	Rd30 := Pr30-Kd2
Pr31 := P31-1.2	Pr31 = 5.76	Rd31 := Pr31-Kd2
Pr32 := P32-1.2	Pr32 = 4.8	Rd32 := Pr32-Kd2
Pr33 := P33-1.2	Pr33 = 2.52	Rd33 := Pr33-Kd2
Pr34 := P34-1.2	Pr34 = 17.112	Rd34 := Pr34-Kd2
Pr35 := P35-1.2	Pr35 = 154.56	Rd35 := Pr35-Kd2
Pr36 := P36-1.2	Pr36 = 23.04	Rd36 := Pr36-Kd2
Pr37 := P37-1.2	Pr37 = 3.6	Rd37 := Pr37-Kd2
Rd17 = 28.512	Rv17 := Pr17-Kv2	Rv17 = 17.107
Rd18 = 17.628	Rv18 := Pr18-Kv2	Rv18 = 10.577
Rd19 = 103.2	Rv19 := Pr19-Kv1	Rv19 = 103.2
Rd20 = 42	Rv20 := Pr20-Kv2	Rv20 = 25.2
Rd21 = 23.328	Rv21 := Pr21-Kv2	Rv21 = 13.997
Rd22 = 54	Rv22 := Pr22-Kv1	Rv22 = 90
Rd23 = 22.08	Rv23 := Pr23-Kv1	Rv23 = 22.08
Rd24 = 36.348	Rv24 := Pr24-Kv1	Rv24 = 36.348
Rd25 = 28.5	Rv25 := Pr25-Kv2	Rv25 = 17.1

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Pa26 = 120	Pa26 = Pp26-Ka2	Pa26 = 72
Pa27 = 28.8	Pa27 = Pp27-Ka2	Pa27 = 17.28
Pa28 = 67.788	Pa28 = Pp28-Ka1	Pa28 = 67.788
Pa29 = 11.52	Pa29 = Pp29-Ka2	Pa29 = 6.912
Pa30 = 11.52	Pa30 = Pp30-Ka2	Pa30 = 6.912
Pa31 = 5.76	Pa31 = Pp31-Ka2	Pa31 = 3.456
Pa32 = 4.8	Pa32 = Pp32-Ka2	Pa32 = 2.88
Pa33 = 2.52	Pa33 = Pp33-Ka2	Pa33 = 1.512
Pa34 = 17.172	Pa34 = Pp34-Ka2	Pa34 = 10.267
Pa35 = 154.56	Pa35 = Pp35-Ka2	Pa35 = 92.736
Pa36 = 23.04	Pa36 = Pp36-Ka2	Pa36 = 13.824
Pa37 = 3.6	Pa37 = Pp37-Ka2	Pa37 = 2.16
Pp38 = P38-1.2	Pp38 = 155.04	Pa38 = Pp38-Ka2
Pp39 = P39-1.2	Pp39 = 108.336	Pa39 = Pp39-Ka2
Pp40 = P40-1.2	Pp40 = 0.996	Pa40 = Pp40-Ka1
Pp41 = P41-1.2	Pp41 = 8.64	Pa41 = Pp41-Ka2
Pp42 = P42-1.2	Pp42 = 1.992	Pa42 = Pp42-Ka1
Pp43 = P43-1.2	Pp43 = 1.236	Pa43 = Pp43-Ka1
Pp44 = P44-1.2	Pp44 = 0.744	Pa44 = Pp44-Ka1
Pp45 = P45-1.2	Pp45 = 1.488	Pa45 = Pp45-Ka1
Pp46 = P46-1.2	Pp46 = 1.74	Pa46 = Pp46-Ka1
Pp47 = P47-1.2	Pp47 = 1.992	Pa47 = Pp47-Ka1
Pp48 = P48-1.2	Pp48 = 1.488	Pa48 = Pp48-Ka1
Pp49 = P49-1.2	Pp49 = 0.996	Pa49 = Pp49-Ka1
Pp50 = P50-1.2	Pp50 = 0.996	Pa50 = Pp50-Ka1
Pp51 = P51-1.2	Pp51 = 0.9	Pa51 = Pp51-Ka1
Pp52 = P52-1.2	Pp52 = 130.572	Pa52 = Pp52-Ka1
Pp53 = P53-1.2	Pp53 = 171.18	Pa53 = Pp53-Ka1
Pp54 = P54-1.2	Pp54 = 130.572	Pa54 = Pp54-Ka1
Pp55 = P55-1.2	Pp55 = 130.572	Pa55 = Pp55-Ka1



## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Рр56 := P56-1.2	Рр56 = 151.2	Рд56 := Рр56-Кд1
Рр57 := P57-1.2	Рр57 = 11.4	Рд57 := Рр57-Кд1
Рд38 = 155.04	Рв38 := Рр38-Кв1	Рв38 = 155.04
Рд39 = 108.336	Рв39 := Рр39-Кв1	Рв39 = 108.336
Рд40 = 0.598	Рв40 := Рр40-Кв1	Рв40 = 0.996
Рд41 = 8.64	Рв41 := Рр41-Кв2	Рв41 = 5.184
Рд42 = 1.195	Рв42 := Рр42-Кв1	Рв42 = 1.992
Рд43 = 0.742	Рв43 := Рр43-Кв1	Рв43 = 1.236
Рд44 = 0.446	Рв44 := Рр44-Кв1	Рв44 = 0.744
Рд45 = 0.893	Рв45 := Рр45-Кв1	Рв45 = 1.488
Рд46 = 1.044	Рв46 := Рр46-Кв1	Рв46 = 1.74
Рд47 = 1.195	Рв47 := Рр47-Кв1	Рв47 = 1.992
Рд48 = 0.893	Рв48 := Рр48-Кв1	Рв48 = 1.488
Рд49 = 0.598	Рв49 := Рр49-Кв1	Рв49 = 0.996
Рд50 = 0.598	Рв50 := Рр50-Кв1	Рв50 = 0.996
Рд51 = 0.54	Рв51 := Рр51-Кв1	Рв51 = 0.9
Рд52 = 78.343	Рв52 := Рр52-Кв1	Рв52 = 130.572
Рд53 = 102.708	Рв53 := Рр53-Кв1	Рв53 = 171.18
Рд54 = 78.343	Рв54 := Рр54-Кв1	Рв54 = 130.572
Рд55 = 78.343	Рв55 := Рр55-Кв1	Рв55 = 130.572
Рд56 = 90.72	Рв56 := Рр56-Кв1	Рв56 = 151.2
Рд57 = 6.84	Рв57 := Рр57-Кв1	Рв57 = 11.4
Рр58 := P58-1.2	Рр58 = 99.9	Рд58 := Рр58-Кд2
Рр59 := P59-1.2	Рр59 = 99.264	Рд59 := Рр59-Кд1
Рр60 := P60-1.2	Рр60 = 23.328	Рд60 := Рр60-Кд2
Рр61 := P61-1.2	Рр61 = 3.228	Рд61 := Рр61-Кд1
Рр62 := P62-1.2	Рр62 = 3.228	Рд62 := Рр62-Кд1
Рр63 := P63-1.2	Рр63 = 17.28	Рд63 := Рр63-Кд2
Рр64 := P64-1.2	Рр64 = 36.576	Рд64 := Рр64-Кд2

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Pr65 := P65-1.2	Pr65 = 99.264	Rd65 := Pr65-Кд1
Pr66 := P66-1.2	Pr66 = 99.264	Rd66 := Pr66-Кд1
Pr67 := P67-1.2	Pr67 = 228.42	Rd67 := Pr67-Кд1
Pr68 := P68-1.2	Pr68 = 41.196	Rd68 := Pr68-Кд2
Pr69 := P69-1.2	Pr69 = 99.264	Rd69 := Pr69-Кд1
Pr70 := P70-1.2	Pr70 = 99.264	Rd70 := Pr70-Кд1
Pr71 := P71-1.2	Pr71 = 0.744	Rd71 := Pr71-Кд1
Pr72 := P72-1.2	Pr72 = 0.744	Rd72 := Pr72-Кд1
Pr73 := P73-1.2	Pr73 = 1.116	Rd73 := Pr73-Кд1
Pr74 := P74-1.2	Pr74 = 29.7	Rd74 := Pr74-Кд2
Rd58 = 99.9	Pb58 := Pr58-Кв1	Pb58 = 99.9
Rd59 = 59.558	Pb59 := Pr59-Кв1	Pb59 = 99.264
Rd60 = 23.328	Pb60 := Pr60-Кв2	Pb60 = 13.997
Rd61 = 1.937	Pb61 := Pr61-Кв1	Pb61 = 3.228
Rd62 = 1.937	Pb62 := Pr62-Кв1	Pb62 = 3.228
Rd63 = 17.28	Pb63 := Pr63-Кв2	Pb63 = 10.368
Rd64 = 36.576	Pb64 := Pr64-Кв2	Pb64 = 21.946
Rd65 = 59.558	Pb65 := Pr65-Кв1	Pb65 = 99.264
Rd66 = 59.558	Pb66 := Pr66-Кв1	Pb66 = 99.264
Rd67 = 137.052	Pb67 := Pr67-Кв1	Pb67 = 228.42
Rd68 = 41.196	Pb68 := Pr68-Кв1	Pb68 = 41.196
Rd69 = 59.558	Pb69 := Pr69-Кв1	Pb69 = 99.264
Rd70 = 59.558	Pb70 := Pr70-Кв1	Pb70 = 99.264
Rd71 = 0.446	Pb71 := Pr71-Кв1	Pb71 = 0.744
Rd72 = 0.446	Pb72 := Pr72-Кв1	Pb72 = 0.744
Rd73 = 0.67	Pb73 := Pr73-Кв1	Pb73 = 1.116
Rd74 = 29.7	Pb74 := Pr74-Кв2	Pb74 = 17.82
Pr75 := P75-1.2	Pr75 = 577.32	Rd75 := Pr75-Кд2
Pr76 := P76-1.2	Pr76 = 0.864	Rd76 := Pr76-Кд1
Pr77 := P77-1.2	Pr77 = 11.664	Rd77 := Pr77-Кд2

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Рр78 = P78·1.2	Рр78 = 33.312	Рл78 := Рр78·Кл2
Рр79 := P79·1.2	Рр79 = 14.256	Рл79 := Рр79·Кл2
Рр80 := P80·1.2	Рр80 = 34.992	Рл80 := Рр80·Кл2
Рр81 := P81·1.2	Рр81 = 112.8	Рл81 := Рр81·Кл2
Рр82 := P82·1.2	Рр82 = 8.832	Рл82 := Рр82·Кл2
Рр83 := P83·1.2	Рр83 = 52.68	Рл83 := Рр83·Кл2
Рр84 := P84·1.2	Рр84 = 31.032	Рл84 := Рр84·Кл2
Рр85 := P85·1.2	Рр85 = 9.6	Рл85 := Рр85·Кл2
Рр86 := P86·1.2	Рр86 = 17.28	Рл86 := Рр86·Кл2
Рр87 = P87·1.2	Рр87 = 15	Рл87 := Рр87·Кл2
Рр88 := P88·1.2	Рр88 = 24.624	Рл88 := Рр88·Кл2
Рр89 := P89·1.2	Рр89 = 26.112	Рл89 := Рр89·Кл2
Рр90 := P90·1.2	Рр90 = 7.68	Рл90 := Рр90·Кл2
Рр91 := P91·1.2	Рр91 = 5.52	Рл91 := Рр91·Кл2
Рр92 := P92·1.2	Рр92 = 6.72	Рл92 := Рр92·Кл2
Рр93 := P93·1.2	Рр93 = 0.996	Рл93 := Рр93·Кл1
Рр94 := P94·1.2	Рр94 = 0.996	Рл94 := Рр94·Кл1
Рр95 := P95·1.2	Рр95 = 0.996	Рл95 := Рр95·Кл1
Рр96 := P96·1.2	Рр96 = 0.6	Рл96 := Рр96·Кл1
Рд75 = 577.32	Рн75 := Рр75·Кн2	Рн75 = 346.392
Рд76 = 0.518	Рн76 := Рр76·Кн1	Рн76 = 0.864
Рд77 = 11.664	Рн77 := Рр77·Кн2	Рн77 = 6.998
Рд78 = 33.312	Рн78 := Рр78·Кн2	Рн78 = 19.987
Рд79 = 14.256	Рн79 := Рр79·Кн2	Рн79 = 8.554
Рд80 = 34.992	Рн80 := Рр80·Кн2	Рн80 = 20.995
Рл81 = 112.8	Рн81 := Рр81·Кн2	Рн81 = 67.68
Рл82 = 8.832	Рн82 := Рр82·Кн2	Рн82 = 5.299
Рл83 = 52.68	Рн83 := Рр83·Кн2	Рн83 = 31.608
Рл84 = 31.032	Рн84 := Рр84·Кн2	Рн84 = 18.619
Рл85 = 9.6	Рн85 := Рр85·Кн2	Рн85 = 5.76

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$P_{д86} = 17.28$	$P_{п86} := P_{р86} \cdot K_{п2}$	$P_{в86} = 10.368$
$P_{д87} = 15$	$P_{п87} := P_{р87} \cdot K_{п2}$	$P_{в87} = 9$
$P_{д88} = 24.624$	$P_{п88} := P_{р88} \cdot K_{п2}$	$P_{в88} = 14.774$
$P_{д89} = 26.112$	$P_{п89} := P_{р89} \cdot K_{п2}$	$P_{в89} = 15.667$
$P_{д90} = 7.68$	$P_{п90} := P_{р90} \cdot K_{п2}$	$P_{в90} = 4.608$
$P_{д91} = 5.52$	$P_{п91} := P_{р91} \cdot K_{п2}$	$P_{в91} = 3.312$
$P_{д92} = 6.72$	$P_{п92} := P_{р92} \cdot K_{п2}$	$P_{в92} = 4.032$
$P_{д93} = 0.598$	$P_{п93} := P_{р93} \cdot K_{п1}$	$P_{в93} = 0.996$
$P_{д94} = 0.598$	$P_{п94} := P_{р94} \cdot K_{п1}$	$P_{в94} = 0.996$
$P_{д95} = 0.598$	$P_{п95} := P_{р95} \cdot K_{п1}$	$P_{в95} = 0.996$
$P_{д96} = 0.36$	$P_{п96} := P_{р96} \cdot K_{п1}$	$P_{в96} = 0.6$

$\cos_{д1} := 0.92$	$\cos_{д2} := 0.75$	$\cos_{д3} := 0.7$	$\cos_{д4} := 0.85$
$\cos_{в1} := 0.96$	$\cos_{в2} := 0.85$	$\cos_{в3} := 0.75$	$\cos_{в4} := 0.9$

$S_{д1} := \frac{P_{д1}}{\cos_{д1}}$	$S_{д1} = 22.696$	$S_{в1} := \frac{P_{в1}}{\cos_{в1}}$	$S_{в1} = 36.25$
$S_{д2} := \frac{P_{д2}}{\cos_{д1}}$	$S_{д2} = 22.696$	$S_{в2} := \frac{P_{в2}}{\cos_{в1}}$	$S_{в2} = 36.25$
$S_{д3} := \frac{P_{д3}}{\cos_{д1}}$	$S_{д3} = 11.348$	$S_{в3} := \frac{P_{в3}}{\cos_{в1}}$	$S_{в3} = 18.125$
$S_{д4} := \frac{P_{д4}}{\cos_{д1}}$	$S_{д4} = 0.65$	$S_{в4} := \frac{P_{в4}}{\cos_{в1}}$	$S_{в4} = 1.037$
$S_{д5} := \frac{P_{д5}}{\cos_{д2}}$	$S_{д5} = 480$	$S_{в5} := \frac{P_{в5}}{\cos_{в2}}$	$S_{в5} = 254.118$
$S_{д6} := \frac{P_{д6}}{\cos_{д1}}$	$S_{д6} = 0.65$	$S_{в6} := \frac{P_{в6}}{\cos_{в1}}$	$S_{в6} = 1.037$
$S_{д7} := \frac{P_{д7}}{\cos_{д3}}$	$S_{д7} = 3.943$	$S_{в7} := \frac{P_{в7}}{\cos_{в3}}$	$S_{в7} = 2.208$
$S_{д8} := \frac{P_{д8}}{\cos_{д1}}$	$S_{д8} = 1.299$	$S_{в8} := \frac{P_{в8}}{\cos_{в1}}$	$S_{в8} = 2.075$
$S_{д9} := \frac{P_{д9}}{\cos_{д1}}$	$S_{д9} = 0.65$	$S_{в9} := \frac{P_{в9}}{\cos_{в1}}$	$S_{в9} = 1.037$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$S_{д10} := \frac{P_{д10}}{\cos_{д1}} \quad S_{д10} = 1.037$$

$$S_{д11} := \frac{P_{д11}}{\cos_{д1}} \quad S_{д11} = 0.65$$

$$S_{д12} := \frac{P_{д12}}{\cos_{д3}} \quad S_{д12} = 29.623$$

$$S_{д13} := \frac{P_{д13}}{\cos_{д1}} \quad S_{д13} = 0.806$$

$$S_{д14} := \frac{P_{д14}}{\cos_{д1}} \quad S_{д14} = 0.485$$

$$S_{д15} := \frac{P_{д15}}{\cos_{д1}} \quad S_{д15} = 0.65$$

$$S_{д16} := \frac{P_{д16}}{\cos_{д3}} \quad S_{д16} = 0.514$$

$$S_{д17} := \frac{P_{д17}}{\cos_{д2}} \quad S_{д17} = 38.016$$

$$S_{д18} := \frac{P_{д18}}{\cos_{д2}} \quad S_{д18} = 23.504$$

$$S_{д19} := \frac{P_{д19}}{\cos_{д3}} \quad S_{д19} = 147.429$$

$$S_{д20} := \frac{P_{д20}}{\cos_{д2}} \quad S_{д20} = 56$$

$$S_{д21} := \frac{P_{д21}}{\cos_{д4}} \quad S_{д21} = 27.445$$

$$S_{д22} := \frac{P_{д22}}{\cos_{д2}} \quad S_{д22} = 72$$

$$S_{д23} := \frac{P_{д23}}{\cos_{д3}} \quad S_{д23} = 31.543$$

$$S_{д24} := \frac{P_{д24}}{\cos_{д3}} \quad S_{д24} = 51.926$$

$$S_{д25} := \frac{P_{д25}}{\cos_{д3}} \quad S_{д25} = 40.714$$

$$S_{д26} := \frac{P_{д26}}{\cos_{д3}} \quad S_{д26} = 171.429$$

$$S_{д27} := \frac{P_{д27}}{\cos_{д3}} \quad S_{д27} = 41.143$$

$$S_{в10} := \frac{P_{в10}}{\cos_{в1}} \quad S_{в10} = 1.688$$

$$S_{в11} := \frac{P_{в11}}{\cos_{в1}} \quad S_{в11} = 1.037$$

$$S_{в12} := \frac{P_{в12}}{\cos_{в3}} \quad S_{в12} = 16.589$$

$$S_{в13} := \frac{P_{в13}}{\cos_{в1}} \quad S_{в13} = 1.288$$

$$S_{в14} := \frac{P_{в14}}{\cos_{в1}} \quad S_{в14} = 0.775$$

$$S_{в15} := \frac{P_{в15}}{\cos_{в1}} \quad S_{в15} = 1.037$$

$$S_{в16} := \frac{P_{в16}}{\cos_{в3}} \quad S_{в16} = 0.8$$

$$S_{в17} := \frac{P_{в17}}{\cos_{д2}} \quad S_{в17} = 20.126$$

$$S_{в18} := \frac{P_{в18}}{\cos_{д2}} \quad S_{в18} = 12.443$$

$$S_{в19} := \frac{P_{в19}}{\cos_{в3}} \quad S_{в19} = 137.6$$

$$S_{в20} := \frac{P_{в20}}{\cos_{д2}} \quad S_{в20} = 29.647$$

$$S_{в21} := \frac{P_{в21}}{\cos_{в4}} \quad S_{в21} = 15.552$$

$$S_{в22} := \frac{P_{в22}}{\cos_{д2}} \quad S_{в22} = 105.882$$

$$S_{в23} := \frac{P_{в23}}{\cos_{в3}} \quad S_{в23} = 29.44$$

$$S_{в24} := \frac{P_{в24}}{\cos_{в3}} \quad S_{в24} = 48.464$$

$$S_{в25} := \frac{P_{в25}}{\cos_{в3}} \quad S_{в25} = 22.8$$

$$S_{в26} := \frac{P_{в26}}{\cos_{д3}} \quad S_{в26} = 96$$

$$S_{в27} := \frac{P_{в27}}{\cos_{в3}} \quad S_{в27} = 23.04$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$S_{д28} := \frac{P_{д28}}{\cos_{д3}}$	$S_{д28} = 96.84$	$S_{в28} := \frac{P_{в28}}{\cos_{в3}}$	$S_{в28} = 90.384$
$S_{д29} := \frac{P_{д29}}{\cos_{д3}}$	$S_{д29} = 16.457$	$S_{в29} := \frac{P_{в29}}{\cos_{в3}}$	$S_{в29} = 9.216$
$S_{д30} := \frac{P_{д30}}{\cos_{д3}}$	$S_{д30} = 16.457$	$S_{в30} := \frac{P_{в30}}{\cos_{в3}}$	$S_{в30} = 9.216$
$S_{д31} := \frac{P_{д31}}{\cos_{д3}}$	$S_{д31} = 8.229$	$S_{в31} := \frac{P_{в31}}{\cos_{в3}}$	$S_{в31} = 4.608$
$S_{д32} := \frac{P_{д32}}{\cos_{д3}}$	$S_{д32} = 6.857$	$S_{в32} := \frac{P_{в32}}{\cos_{в3}}$	$S_{в32} = 3.84$
$S_{д33} := \frac{P_{д33}}{\cos_{д3}}$	$S_{д33} = 3.6$	$S_{в33} := \frac{P_{в33}}{\cos_{в3}}$	$S_{в33} = 2.016$
$S_{д34} := \frac{P_{д34}}{\cos_{д2}}$	$S_{д34} = 22.816$	$S_{в34} := \frac{P_{в34}}{\cos_{в2}}$	$S_{в34} = 12.079$
$S_{д35} := \frac{P_{д35}}{\cos_{д3}}$	$S_{д35} = 220.8$	$S_{в35} := \frac{P_{в35}}{\cos_{в3}}$	$S_{в35} = 123.648$
$S_{д36} := \frac{P_{д36}}{\cos_{д3}}$	$S_{д36} = 32.914$	$S_{в36} := \frac{P_{в36}}{\cos_{в3}}$	$S_{в36} = 18.432$
$S_{д37} := \frac{P_{д37}}{\cos_{д3}}$	$S_{д37} = 5.143$	$S_{в37} := \frac{P_{в37}}{\cos_{в3}}$	$S_{в37} = 2.88$
$S_{д38} := \frac{P_{д38}}{\cos_{д1}}$	$S_{д38} = 168.522$	$S_{в38} := \frac{P_{в38}}{\cos_{в1}}$	$S_{в38} = 161.5$
$S_{д39} := \frac{P_{д39}}{\cos_{д4}}$	$S_{д39} = 127.454$	$S_{в39} := \frac{P_{в39}}{\cos_{в4}}$	$S_{в39} = 120.373$
$S_{д40} := \frac{P_{д40}}{\cos_{д1}}$	$S_{д40} = 0.65$	$S_{в40} := \frac{P_{в40}}{\cos_{в1}}$	$S_{в40} = 1.037$
$S_{д41} := \frac{P_{д41}}{\cos_{д3}}$	$S_{д41} = 12.343$	$S_{в41} := \frac{P_{в41}}{\cos_{в3}}$	$S_{в41} = 6.912$
$S_{д42} := \frac{P_{д42}}{\cos_{д1}}$	$S_{д42} = 1.299$	$S_{в42} := \frac{P_{в42}}{\cos_{в1}}$	$S_{в42} = 2.075$
$S_{д43} := \frac{P_{д43}}{\cos_{д1}}$	$S_{д43} = 0.806$	$S_{в43} := \frac{P_{в43}}{\cos_{в1}}$	$S_{в43} = 1.288$
$S_{д44} := \frac{P_{д44}}{\cos_{д1}}$	$S_{д44} = 0.485$	$S_{в44} := \frac{P_{в44}}{\cos_{в1}}$	$S_{в44} = 0.775$
$S_{д45} := \frac{P_{д45}}{\cos_{д1}}$	$S_{д45} = 0.97$	$S_{в45} := \frac{P_{в45}}{\cos_{в1}}$	$S_{в45} = 1.55$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$S_{д46} := \frac{P_{д46}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д46} = 1.133$	$S_{в46} := \frac{P_{в46}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в46} = 1.813$
$S_{д47} := \frac{P_{д47}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д47} = 1.299$	$S_{в47} := \frac{P_{в47}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в47} = 2.075$
$S_{д48} := \frac{P_{д48}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д48} = 0.97$	$S_{в48} := \frac{P_{в48}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в48} = 1.55$
$S_{д49} := \frac{P_{д49}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д49} = 0.65$	$S_{в49} := \frac{P_{в49}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в49} = 1.037$
$S_{д50} := \frac{P_{д50}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д50} = 0.65$	$S_{в50} := \frac{P_{в50}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в50} = 1.037$
$S_{д51} := \frac{P_{д51}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д51} = 0.587$	$S_{в51} := \frac{P_{в51}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в51} = 0.937$
$S_{д52} := \frac{P_{д52}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д52} = 85.156$	$S_{в52} := \frac{P_{в52}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в52} = 136.013$
$S_{д53} := \frac{P_{д53}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д53} = 111.639$	$S_{в53} := \frac{P_{в53}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в53} = 178.313$
$S_{д54} := \frac{P_{д54}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д54} = 85.156$	$S_{в54} := \frac{P_{в54}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в54} = 136.013$
$S_{д55} := \frac{P_{д55}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д55} = 85.156$	$S_{в55} := \frac{P_{в55}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в55} = 136.013$
$S_{д56} := \frac{P_{д56}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д56} = 98.609$	$S_{в56} := \frac{P_{в56}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в56} = 157.5$
$S_{д57} := \frac{P_{д57}}{\cos \alpha_3}$	$S_{д57} = 9.771$	$S_{в57} := \frac{P_{в57}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в57} = 15.2$
$S_{д58} := \frac{P_{д58}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д58} = 108.587$	$S_{в58} := \frac{P_{в58}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в58} = 104.063$
$S_{д59} := \frac{P_{д59}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д59} = 64.737$	$S_{в59} := \frac{P_{в59}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в59} = 103.4$
$S_{д60} := \frac{P_{д60}}{\cos \alpha_2}$	$S_{д60} = 31.104$	$S_{в60} := \frac{P_{в60}}{\cos \alpha_2}$	$S_{в60} = 16.467$
$S_{д61} := \frac{P_{д61}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д61} = 2.105$	$S_{в61} := \frac{P_{в61}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в61} = 3.362$
$S_{д62} := \frac{P_{д62}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д62} = 2.105$	$S_{в62} := \frac{P_{в62}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в62} = 3.362$
$S_{д63} := \frac{P_{д63}}{\cos \alpha_3}$	$S_{д63} = 24.686$	$S_{в63} := \frac{P_{в63}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в63} = 13.824$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$S_{\Delta 64} := \frac{P_{\Delta 64}}{\cos \alpha 3} \quad S_{\Delta 64} = 52.251$$

$$S_{\Delta 65} := \frac{P_{\Delta 65}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Delta 65} = 64.737$$

$$S_{\Delta 66} := \frac{P_{\Delta 66}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Delta 66} = 64.737$$

$$S_{\Delta 67} := \frac{P_{\Delta 67}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Delta 67} = 148.97$$

$$S_{\Delta 68} := \frac{P_{\Delta 68}}{\cos \alpha 4} \quad S_{\Delta 68} = 48.466$$

$$S_{\Delta 69} := \frac{P_{\Delta 69}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Delta 69} = 64.737$$

$$S_{\Delta 70} := \frac{P_{\Delta 70}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Delta 70} = 64.737$$

$$S_{\Delta 71} := \frac{P_{\Delta 71}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Delta 71} = 0.485$$

$$S_{\Delta 72} := \frac{P_{\Delta 72}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Delta 72} = 0.485$$

$$S_{\Delta 73} := \frac{P_{\Delta 73}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Delta 73} = 0.728$$

$$S_{\Delta 74} := \frac{P_{\Delta 74}}{\cos \alpha 3} \quad S_{\Delta 74} = 42.429$$

$$S_{\Delta 75} := \frac{P_{\Delta 75}}{\cos \alpha 2} \quad S_{\Delta 75} = 769.76$$

$$S_{\Delta 76} := \frac{P_{\Delta 76}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Delta 76} = 0.563$$

$$S_{\Delta 77} := \frac{P_{\Delta 77}}{\cos \alpha 2} \quad S_{\Delta 77} = 15.552$$

$$S_{\Delta 78} := \frac{P_{\Delta 78}}{\cos \alpha 2} \quad S_{\Delta 78} = 44.416$$

$$S_{\Delta 79} := \frac{P_{\Delta 79}}{\cos \alpha 4} \quad S_{\Delta 79} = 16.772$$

$$S_{\Delta 80} := \frac{P_{\Delta 80}}{\cos \alpha 2} \quad S_{\Delta 80} = 46.656$$

$$S_{\Delta 81} := \frac{P_{\Delta 81}}{\cos \alpha 3} \quad S_{\Delta 81} = 161.143$$

$$S_{\Sigma 64} := \frac{P_{\Sigma 64}}{\cos \alpha 3} \quad S_{\Sigma 64} = 29.261$$

$$S_{\Sigma 65} := \frac{P_{\Sigma 65}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Sigma 65} = 103.4$$

$$S_{\Sigma 66} := \frac{P_{\Sigma 66}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Sigma 66} = 103.4$$

$$S_{\Sigma 67} := \frac{P_{\Sigma 67}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Sigma 67} = 237.938$$

$$S_{\Sigma 68} := \frac{P_{\Sigma 68}}{\cos \alpha 4} \quad S_{\Sigma 68} = 45.773$$

$$S_{\Sigma 69} := \frac{P_{\Sigma 69}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Sigma 69} = 103.4$$

$$S_{\Sigma 70} := \frac{P_{\Sigma 70}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Sigma 70} = 103.4$$

$$S_{\Sigma 71} := \frac{P_{\Sigma 71}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Sigma 71} = 0.775$$

$$S_{\Sigma 72} := \frac{P_{\Sigma 72}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Sigma 72} = 0.775$$

$$S_{\Sigma 73} := \frac{P_{\Sigma 73}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Sigma 73} = 1.163$$

$$S_{\Sigma 74} := \frac{P_{\Sigma 74}}{\cos \alpha 3} \quad S_{\Sigma 74} = 23.76$$

$$S_{\Sigma 75} := \frac{P_{\Sigma 75}}{\cos \alpha 2} \quad S_{\Sigma 75} = 407.52$$

$$S_{\Sigma 76} := \frac{P_{\Sigma 76}}{\cos \alpha 1} \quad S_{\Sigma 76} = 0.9$$

$$S_{\Sigma 77} := \frac{P_{\Sigma 77}}{\cos \alpha 2} \quad S_{\Sigma 77} = 8.233$$

$$S_{\Sigma 78} := \frac{P_{\Sigma 78}}{\cos \alpha 2} \quad S_{\Sigma 78} = 23.514$$

$$S_{\Sigma 79} := \frac{P_{\Sigma 79}}{\cos \alpha 4} \quad S_{\Sigma 79} = 9.504$$

$$S_{\Sigma 80} := \frac{P_{\Sigma 80}}{\cos \alpha 2} \quad S_{\Sigma 80} = 24.7$$

$$S_{\Sigma 81} := \frac{P_{\Sigma 81}}{\cos \alpha 3} \quad S_{\Sigma 81} = 90.24$$



Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$S_{л82} := \frac{P_{л82}}{\cos \alpha_3}$	$S_{л82} = 12.617$	$S_{в82} := \frac{P_{в82}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в82} = 7.066$
$S_{д83} := \frac{P_{д83}}{\cos \alpha_4}$	$S_{д83} = 61.976$	$S_{в83} := \frac{P_{в83}}{\cos \alpha_4}$	$S_{в83} = 35.12$
$S_{д84} := \frac{P_{д84}}{\cos \alpha_3}$	$S_{д84} = 44.331$	$S_{в84} := \frac{P_{в84}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в84} = 24.826$
$S_{л85} := \frac{P_{л85}}{\cos \alpha_3}$	$S_{л85} = 13.714$	$S_{в85} := \frac{P_{в85}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в85} = 7.68$
$S_{л86} := \frac{P_{л86}}{\cos \alpha_3}$	$S_{л86} = 24.686$	$S_{в86} := \frac{P_{в86}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в86} = 13.824$
$S_{д87} := \frac{P_{д87}}{\cos \alpha_3}$	$S_{д87} = 21.429$	$S_{в87} := \frac{P_{в87}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в87} = 12$
$S_{д88} := \frac{P_{д88}}{\cos \alpha_3}$	$S_{д88} = 35.177$	$S_{в88} := \frac{P_{в88}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в88} = 19.699$
$S_{д89} := \frac{P_{д89}}{\cos \alpha_3}$	$S_{д89} = 37.303$	$S_{в89} := \frac{P_{в89}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в89} = 20.89$
$S_{д90} := \frac{P_{д90}}{\cos \alpha_3}$	$S_{д90} = 10.971$	$S_{в90} := \frac{P_{в90}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в90} = 6.144$
$S_{л91} := \frac{P_{л91}}{\cos \alpha_3}$	$S_{л91} = 7.886$	$S_{в91} := \frac{P_{в91}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в91} = 4.416$
$S_{д92} := \frac{P_{д92}}{\cos \alpha_4}$	$S_{д92} = 7.906$	$S_{в92} := \frac{P_{в92}}{\cos \alpha_4}$	$S_{в92} = 4.48$
$S_{д93} := \frac{P_{д93}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д93} = 0.65$	$S_{в93} := \frac{P_{в93}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в93} = 1.037$
$S_{д94} := \frac{P_{д94}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д94} = 0.65$	$S_{в94} := \frac{P_{в94}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в94} = 1.037$
$S_{д95} := \frac{P_{д95}}{\cos \alpha_1}$	$S_{д95} = 0.65$	$S_{в95} := \frac{P_{в95}}{\cos \alpha_1}$	$S_{в95} = 1.037$
$S_{д96} := \frac{P_{д96}}{\cos \alpha_3}$	$S_{д96} = 0.514$	$S_{в96} := \frac{P_{в96}}{\cos \alpha_3}$	$S_{в96} = 0.8$

$$P_{ос} := 51.97 \quad Q_{ос} := 32.22 \quad S_{ос} := \sqrt{(P_{ос})^2 + (Q_{ос})^2} \quad S_{ос} = 61.147$$

$$S_{дс} := 693.56 \quad S_{вс} := 656.44$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$P_{\text{пл1}} := \frac{P_{\text{л26}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л27}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л28}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л29}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л30}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л31}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л32}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л33}}}{1.6} - P_{\text{л35}} + \frac{P_{\text{л36}}}{1.6}$$

$$P_{\text{пл1}} = 326.902$$

$$P_{\text{пв1}} := \frac{P_{\text{в26}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в27}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в28}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в29}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в30}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в31}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в32}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в33}}}{1.6} + P_{\text{в35}} + \frac{P_{\text{в36}}}{1.6}$$

$$P_{\text{пв1}} = 213.088$$

$$S_{\text{тп1}} := \frac{P_{\text{пл1}}}{0.82}$$

$$S_{\text{тп1}} = 398.662$$

$$P_{\text{пл2}} := \frac{P_{\text{л25}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л24}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л23}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л22}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л21}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л20}}}{1.6} + P_{\text{л19}} + \frac{P_{\text{л18}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л17}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л14}}}{1.6} + \frac{P_{\text{л17}}}{1.6}$$

$$P_{\text{пл2}} = 273.893$$

$$P_{\text{пв2}} := \frac{P_{\text{в25}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в24}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в23}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в22}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в21}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в20}}}{1.6} + P_{\text{в19}} + \frac{P_{\text{в18}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в17}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в14}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в17}}}{1.6}$$

$$P_{\text{пв2}} = 256.223$$

$$S_{\text{тп2}} := \frac{P_{\text{пл2}}}{0.82}$$

$$S_{\text{тп2}} = 334.015$$

$$P_{\text{пв3}} := P_{\text{в53}} + \frac{P_{\text{в11}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в12}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в13}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в14}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в15}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в10}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в9}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в8}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в7}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в1}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в2}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в3}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в4}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в16}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в50}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в51}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в49}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в48}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в47}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в46}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в45}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в44}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в43}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в42}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в41}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в40}}}{1.6} + \frac{P_{\text{в57}}}{1.6}$$

$$P_{\text{пв3}} = 260.196$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$P_{\text{тот3}} = P_{\text{д33}} = \frac{P_{\text{д11}}}{16} + \frac{P_{\text{д12}}}{16} + \frac{P_{\text{д13}}}{16} + \frac{P_{\text{д14}}}{16} + \frac{P_{\text{д15}}}{16} + \frac{P_{\text{д10}}}{16} + \frac{P_{\text{д9}}}{16} + \frac{P_{\text{д8}}}{16} + \frac{P_{\text{д7}}}{16} + \frac{P_{\text{д1}}}{16} + \frac{P_{\text{д2}}}{16} + \frac{P_{\text{д3}}}{16} + \frac{P_{\text{д4}}}{16} + \frac{P_{\text{д16}}}{16} + \frac{P_{\text{д50}}}{16} + \frac{P_{\text{д51}}}{16} + \frac{P_{\text{д49}}}{16} + \frac{P_{\text{д48}}}{16} + \frac{P_{\text{д47}}}{16} + \frac{P_{\text{д46}}}{16} + \frac{P_{\text{д45}}}{16} + \frac{P_{\text{д44}}}{16} + \frac{P_{\text{д43}}}{16} + \frac{P_{\text{д42}}}{16} + \frac{P_{\text{д41}}}{16} + \frac{P_{\text{д40}}}{16} + \frac{P_{\text{д57}}}{16}$$

$$P_{\text{тот3}} = 168\,972$$

$$S_{\text{т3}} = \frac{P_{\text{тот3}}}{0.82}$$

$$S_{\text{т3}} = 317\,312$$

$$P_{\text{тот4}} = P_{\text{д5}}$$

$$P_{\text{тот4}} = 360$$

$$P_{\text{тот4}} = P_{\text{д5}}$$

$$P_{\text{тот4}} = 216$$

$$S_{\text{т4}} = \frac{P_{\text{тот4}}}{0.82}$$

$$S_{\text{т4}} = 439\,024$$

$$P_{\text{тот5}} = \frac{P_{\text{д54}}}{16} + \frac{P_{\text{д52}}}{16} + \frac{P_{\text{д55}}}{16} + P_{\text{д56}}$$

$$P_{\text{тот5}} = 237\,613$$

$$P_{\text{тот5}} = \frac{P_{\text{д54}}}{16} + \frac{P_{\text{д52}}}{16} + \frac{P_{\text{д55}}}{16} + P_{\text{д56}}$$

$$P_{\text{тот5}} = 396\,022$$

$$S_{\text{т5}} = \frac{P_{\text{тот5}}}{0.82}$$

$$S_{\text{т5}} = 482\,954$$

$$P_{\text{тот6}} = \frac{P_{\text{д39}}}{16} + P_{\text{д38}} + \frac{P_{\text{д58}}}{16}$$

$$P_{\text{тот6}} = 285\,188$$

$$P_{\text{тот6}} = \frac{P_{\text{д39}}}{16} + P_{\text{д38}} + \frac{P_{\text{д58}}}{16}$$

$$P_{\text{тот6}} = 285\,188$$

$$S_{\text{т6}} = \frac{P_{\text{тот6}}}{0.82}$$

$$S_{\text{т6}} = 347\,79$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$P_{пл7} := \frac{P_{д73}}{1.6} + \frac{P_{д72}}{1.6} + \frac{P_{д71}}{1.6} + \frac{P_{д74}}{1.6} + \frac{P_{д60}}{1.6} + \frac{P_{д61}}{1.6} + \frac{P_{д62}}{1.6} + \frac{P_{д63}}{1.6} + \frac{P_{д68}}{1.6} + \frac{P_{д64}}{1.6} - \\ + \frac{P_{д65}}{1.6} + \frac{P_{д70}}{1.6} + \frac{P_{д69}}{1.6} + \frac{P_{д59}}{1.6} + \frac{P_{д66}}{1.6}$$

$$P_{пл7} = 304.402$$

$$P_{тпв7} := \frac{P_{в73}}{1.6} + \frac{P_{в72}}{1.6} + \frac{P_{в71}}{1.6} + \frac{P_{в74}}{1.6} + \frac{P_{в60}}{1.6} + \frac{P_{в61}}{1.6} + \frac{P_{в62}}{1.6} + \frac{P_{в63}}{1.6} + \frac{P_{в68}}{1.6} + \frac{P_{в64}}{1.6} - \\ + \frac{P_{в65}}{1.6} + \frac{P_{в70}}{1.6} + \frac{P_{в69}}{1.6} + \frac{P_{в59}}{1.6} + \frac{P_{в66}}{1.6}$$

$$P_{тпв7} = 418.915$$

$$S_{тп7} := \frac{P_{тпв7}}{0.82}$$

$$S_{тп7} = 510.873$$

$$P_{пл8} := P_{д67} + \frac{P_{д78}}{1.6} + \frac{P_{д79}}{1.6} + \frac{P_{д80}}{1.6} + \frac{P_{д82}}{1.6} + \frac{P_{д81}}{1.6} + \frac{P_{д96}}{1.6}$$

$$P_{пл8} = 264.877$$

$$P_{тпв8} := \frac{P_{в82}}{1.6} + P_{в67} + \frac{P_{в78}}{1.6} + \frac{P_{в79}}{1.6} + \frac{P_{в80}}{1.6} + \frac{P_{в81}}{1.6} + \frac{P_{в96}}{1.6}$$

$$P_{тпв8} = 305.367$$

$$S_{тп8} := \frac{P_{тпв8}}{0.82}$$

$$S_{тп8} = 372.399$$

$$P_{пл9} := \frac{P_{д95}}{1.6} + \frac{P_{д94}}{1.6} + \frac{P_{д93}}{1.6} + \frac{P_{д92}}{1.6} + \frac{P_{д91}}{1.6} + \frac{P_{д90}}{1.6} + \frac{P_{д89}}{1.6} + \frac{P_{д88}}{1.6} + \frac{P_{д87}}{1.6} + \frac{P_{д86}}{1.6} - \\ + \frac{P_{д85}}{1.6} + \frac{P_{д84}}{1.6} + \frac{P_{д83}}{1.6} + P_{д75} + \frac{P_{д76}}{1.6} + \frac{P_{д77}}{1.6}$$

$$P_{пл9} = 708.71$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$P_{\text{тпн}9} := \frac{P_{\text{п}95}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}94}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}93}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}92}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}91}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}90}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}89}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}88}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}87}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}86}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}85}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}84}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}83}}{1.6} + P_{\text{п}75} + \frac{P_{\text{п}76}}{1.6} + \frac{P_{\text{п}77}}{1.6}$$

$$P_{\text{тпн}9} = 426.767$$

$$S_{\text{тп}9} := \frac{P_{\text{тпн}9}}{0.82}$$

$$S_{\text{тп}9} = 864.28$$

$$S_{\text{р}11} := \frac{S_{\text{д}29}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}30}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}31}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}32}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}33}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}36}}{\sqrt{2}}$$

$$S_{\text{р}11} = 59.761$$

$$S_{\text{таб}11} := S_{\text{д}29} + S_{\text{д}30} + S_{\text{д}31} + S_{\text{д}32} + S_{\text{д}33} + S_{\text{д}36}$$

$$S_{\text{таб}11} = 84.514$$

$$S_{\text{р}12} := \frac{S_{\text{д}27}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}28}}{\sqrt{2}}$$

$$S_{\text{р}12} = 97.569$$

$$S_{\text{таб}12} := S_{\text{д}27} + S_{\text{д}28}$$

$$S_{\text{таб}12} = 137.983$$

$$S_{\text{р}13} := \frac{S_{\text{д}26}}{\sqrt{2}}$$

$$S_{\text{р}13} = 121.218$$

$$S_{\text{таб}13} := S_{\text{д}26}$$

$$S_{\text{таб}13} = 171.429$$

$$S_{\text{р}23} := \frac{S_{\text{д}18}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}17}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}37}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}34}}{\sqrt{2}}$$

$$S_{\text{р}23} = 63.271$$

$$S_{\text{р}14} := \frac{S_{\text{д}35}}{\sqrt{2}}$$

$$S_{\text{р}14} = 156.129$$

$$S_{\text{таб}14} := S_{\text{д}35}$$

$$S_{\text{таб}14} = 220.8$$

$$S_{\text{р}21} := \frac{S_{\text{д}25}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}24}}{\sqrt{2}}$$

$$S_{\text{р}21} = 65.506$$

$$S_{\text{таб}21} := S_{\text{д}25} + S_{\text{д}24}$$

$$S_{\text{таб}21} = 92.64$$

$$S_{\text{р}22} := \frac{S_{\text{д}23}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}22}}{\sqrt{2}} + \frac{S_{\text{д}21}}{\sqrt{2}}$$

$$S_{\text{р}22} = 92.622$$

$$S_{\text{таб}22} := S_{\text{д}23} + S_{\text{д}22} + S_{\text{д}21}$$

$$S_{\text{таб}22} = 130.988$$

$$S_{\text{таб}23} := S_{\text{д}18} + S_{\text{д}17} + S_{\text{д}20} + S_{\text{д}37} + S_{\text{д}34}$$

$$S_{\text{таб}23} = 145.479$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$Sp24 := \frac{Sn19}{\sqrt{2}} + \frac{Sn20}{\sqrt{2}}$$

$$Sp24 = 143.846$$

$$Snab24 := Sn19$$

$$Snab24 = 147.429$$

$$Sp31 := \frac{Sn1}{\sqrt{2}} + \frac{Sn2}{\sqrt{2}} + \frac{Sn3}{\sqrt{2}} + \frac{Sn4}{\sqrt{2}} + \frac{Sn16}{\sqrt{2}} + \frac{Sn11}{\sqrt{2}} + \frac{Sn12}{\sqrt{2}} + \frac{Sn13}{\sqrt{2}} + \frac{Sn14}{\sqrt{2}} + \frac{Sn6}{\sqrt{2}} + \frac{Sn7}{\sqrt{2}} + \frac{Sn8}{\sqrt{2}} -$$

$$+ \frac{Sn9}{\sqrt{2}} + \frac{Sn10}{\sqrt{2}} - \frac{Sn15}{\sqrt{2}} + \frac{Sn40}{\sqrt{2}} + \frac{Sn41}{\sqrt{2}} + \frac{Sn42}{\sqrt{2}} + \frac{Sn43}{\sqrt{2}} + \frac{Sn44}{\sqrt{2}} + \frac{Sn45}{\sqrt{2}} + \frac{Sn46}{\sqrt{2}} + \frac{Sn47}{\sqrt{2}} -$$

$$+ \frac{Sn48}{\sqrt{2}} + \frac{Sn49}{\sqrt{2}} + \frac{Sn50}{\sqrt{2}} + \frac{Sn51}{\sqrt{2}} + \frac{Sn57}{\sqrt{2}}$$

$$Sp31 = 112.091$$

$$Snab31 := Sn1 + Sn2 + Sn3 + Sn4 + Sn16 + Sn11 + Sn12 + Sn13 + Sn14 + Sn6 + Sn7 + Sn8 + Sn9 -$$

$$+ Sn10 + Sn15 + Sn40 + Sn41 + Sn42 + Sn43 + Sn44 + Sn45 + Sn46 + Sn47 + Sn48 -$$

$$+ Sn49 + Sn50 + Sn51 + Sn57$$

$$Snab31 = 158.521$$

$$Sp41 := \frac{Sn5}{\sqrt{2}}$$

$$Sp51 := \frac{Sn52}{\sqrt{2}}$$

$$Sp32 := \frac{Sn53}{\sqrt{2}}$$

$$Sp41 = 339.411$$

$$Sp51 = 96.175$$

$$Sp32 = 126.086$$

$$Snab41 := Sn5$$

$$Snab51 := Sn52$$

$$Snab32 := Sn53$$

$$Snab41 = 480$$

$$Snab51 = 136.013$$

$$Snab32 = 178.313$$

$$Sp52 := \frac{Sn55}{\sqrt{2}}$$

$$Sp53 := \frac{Sn54}{\sqrt{2}}$$

$$Sp54 := \frac{Sn56}{\sqrt{2}}$$

$$Sp52 = 96.175$$

$$Sp53 = 96.175$$

$$Sp54 = 111.369$$

$$Snab52 := Sn55$$

$$Snab53 := Sn54$$

$$Snab54 := Sn56$$

$$Snab52 = 136.013$$

$$Snab53 = 136.013$$

$$Snab54 = 157.5$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$Sp61 := \frac{Sb38}{\sqrt{2}}$$

$$Sp61 = 114.198$$

$$Sпав61 = Sb38$$

$$Sпав61 = 161.5$$

$$Sp62 := \frac{Sb39}{\sqrt{2}}$$

$$Sp62 = 85.117$$

$$Sпав62 := Sb39$$

$$Sпав62 = 120.373$$

$$Sp63 := \frac{Sb58}{\sqrt{2}}$$

$$Sp63 = 73.583$$

$$Sпав63 := Sb58$$

$$Sпав63 = 104.063$$

$$Sp71 := \frac{Sb59}{\sqrt{2}} + \frac{Sb60}{\sqrt{2}} + \frac{Sb63}{\sqrt{2}} + \frac{Sb68}{\sqrt{2}}$$

$$Sp71 = 126.9$$

$$Sпав71 := Sb59 + Sb60 + Sb63$$

$$Sпав71 = 133.691$$

$$Sp72 := \frac{Sb66}{\sqrt{2}}$$

$$Sp72 = 73.113$$

$$Sпав72 := Sb66 + Sb68$$

$$Sпав72 = 149.173$$

$$Sp73 := \frac{Sb64}{\sqrt{2}} + \frac{Sb65}{\sqrt{2}}$$

$$Sp73 = 93.805$$

$$Sпав73 := Sb64 + Sb65$$

$$Sпав73 = 132.661$$

$$Sp74 := \frac{Sb69}{\sqrt{2}}$$

$$Sp74 = 73.115$$

$$Sпав74 := Sb69$$

$$Sпав74 = 103.4$$

$$Sp75 := \frac{Sb70}{\sqrt{2}}$$

$$Sp75 = 73.115$$

$$Sпав75 := Sb70$$

$$Sпав75 = 103.4$$

$$Sp76 := \frac{Sb61}{\sqrt{2}} + \frac{Sb62}{\sqrt{2}} + \frac{Sb71}{\sqrt{2}} + \frac{Sb72}{\sqrt{2}} + \frac{Sb73}{\sqrt{2}} + \frac{Sb74}{\sqrt{2}}$$

$$Sp76 = 23.474$$

$$Sпав76 := Sb61 + Sb62 + Sb71 + Sb72 + Sb73 + Sb74$$

$$Sпав76 = 33.198$$

$$Sp81 := \frac{Sb67}{\sqrt{2}}$$

$$Sp81 = 168.247$$

$$Sпав81 := Sb67$$

$$Sпав81 = 237.938$$

$$Sp82 := \frac{Sb78}{\sqrt{2}} + \frac{Sb79}{\sqrt{2}} + \frac{Sb80}{\sqrt{2}}$$

$$Sp82 = 40.813$$

$$Sпав82 := Sb78 + Sb79 + Sb80$$

$$Sпав82 = 57.719$$

$$Sp83 := \frac{Sb81}{\sqrt{2}} + \frac{Sb82}{\sqrt{2}}$$

$$Sp83 = 68.803$$

$$Sпав83 := Sb81 + Sb82$$

$$Sпав83 = 97.306$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$Sp91 := \frac{Sd75}{\sqrt{2}}$$

$$Sp91 = 544.303$$

$$Sнав91 := Sd75$$

$$Sнав91 = 769.76$$

$$Sp92 := \frac{Sd86}{\sqrt{2}} + \frac{Sd90}{\sqrt{2}} + \frac{Sd87}{\sqrt{2}} + \frac{Sd88}{\sqrt{2}} + \frac{Sd84}{\sqrt{2}}$$

$$Sp92 = 96.587$$

$$Sнав92 := Sd86 + Sd90 + Sd87 + Sd88 + Sd84$$

$$Sнав92 = 136.594$$

$$Sp93 := \frac{Sd83}{\sqrt{2}} + \frac{Sd85}{\sqrt{2}} + \frac{Sd89}{\sqrt{2}} + \frac{Sd92}{\sqrt{2}} + \frac{Sd77}{\sqrt{2}}$$

$$Sp93 = 96.486$$

$$Sнав93 := Sd83 + Sd85 + Sd89 + Sd92 + Sd77$$

$$Sнав93 = 136.451$$

$$Sp94 := \frac{Sd76}{\sqrt{2}} + \frac{Sd91}{\sqrt{2}} + \frac{Sd93}{\sqrt{2}} + \frac{Sd94}{\sqrt{2}} + \frac{Sd95}{\sqrt{2}} + \frac{Sd96}{\sqrt{2}}$$

$$Sp94 = 7.716$$

$$Sнав94 := Sd76 + Sd91 + Sd93 + Sd94 + Sd95 + Sd96$$

$$Sнав94 = 10.912$$

$$Ip11m := \frac{Sp11}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$Ip11 := 1.1 \cdot 1.05 \cdot Ip11m$$

$$Ip11 = 104.87$$

$$Iнав11 := \frac{Sнав11}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$Iнав11 = 128.406$$

$$Ip14m := \frac{Sp14}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$Ip14 := 1.1 \cdot 1.05 \cdot Ip14m$$

$$Ip14 = 273.982$$

$$Ip12m := \frac{Sp12}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$Ip12 := 1.1 \cdot 1.05 \cdot Ip12m$$

$$Ip12 = 171.217$$

$$Iнав12 := \frac{Sнав12}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$Iнав12 = 209.643$$

$$Iнав14 := \frac{Sнав14}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$Iнав14 = 335.471$$

$$Ip13m := \frac{Sp13}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$Ip13 := 1.1 \cdot 1.05 \cdot Ip13m$$

$$Ip13 = 212.719$$

$$Iнав13 := \frac{Sнав13}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$Iнав13 = 260.459$$



Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$I_{p21m} = \frac{Sp21}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p21} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p21m}$$

$$I_{p21} = 114.953$$

$$I_{наб21} = \frac{S_{наб21}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб21} = 140.752$$

$$I_{p22m} = \frac{Sp22}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p22} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p22m}$$

$$I_{p22} = 162.537$$

$$I_{наб22} = \frac{S_{наб22}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб22} = 199.015$$

$$I_{p23m} = \frac{Sp23}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p23} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p23m}$$

$$I_{p23} = 111.031$$

$$I_{наб23} = \frac{S_{наб23}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб23} = 221.032$$

$$I_{p24m} = \frac{Sp24}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p24} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p24m}$$

$$I_{p24} = 252.426$$

$$I_{наб24} = \frac{S_{наб24}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб24} = 223.995$$

$$I_{p31m} = \frac{Sp31}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p31} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p31m}$$

$$I_{p31} = 196.703$$

$$I_{наб31} = \frac{S_{наб31}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб31} = 240.848$$

$$I_{p32m} = \frac{Sp32}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p32} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p32m}$$

$$I_{p32} = 221.261$$

$$I_{наб32} = \frac{S_{наб32}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб32} = 270.918$$

$$I_{p41m} = \frac{Sp41}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p41} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p41m}$$

$$I_{p41} = 595.613$$

$$I_{наб41} = \frac{S_{наб41}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб41} = 729.285$$

$$I_{p51m} = \frac{Sp51}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p51} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p51m}$$

$$I_{p51} = 168.772$$

$$I_{наб51} = \frac{S_{наб51}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб51} = 206.65$$

$$I_{p52m} = \frac{Sp52}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p52} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p52m}$$

$$I_{p52} = 168.772$$

$$I_{наб52} = \frac{S_{наб52}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб52} = 206.65$$

$$I_{p53m} = \frac{Sp53}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p53} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p53m}$$

$$I_{p53} = 168.772$$

$$I_{наб53} = \frac{S_{наб53}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб53} = 206.65$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$I_{p54m} := \frac{Sp54}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p54} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p54m}$$

$$I_{p54} = 195.435$$

$$I_{нав54} := \frac{S_{нав54}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав54} = 239.296$$

$$I_{p61m} := \frac{Sp61}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p61} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p61m}$$

$$I_{p61} = 200.399$$

$$I_{нав61} := \frac{S_{нав61}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав61} = 245.374$$

$$I_{p62m} := \frac{Sp62}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p62} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p62m}$$

$$I_{p62} = 149.366$$

$$I_{нав62} := \frac{S_{нав62}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав62} = 182.888$$

$$I_{p63m} := \frac{Sp63}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p63} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p63m}$$

$$I_{p63} = 129.127$$

$$I_{нав63} := \frac{S_{нав63}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав63} = 158.107$$

$$I_{p71m} := \frac{Sp71}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p71} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p71m}$$

$$I_{p71} = 222.69$$

$$I_{нав71} := \frac{S_{нав71}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав71} = 203.122$$

$$I_{p72m} := \frac{Sp72}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p72} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p72m}$$

$$I_{p72} = 128.305$$

$$I_{нав72} := \frac{S_{нав72}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав72} = 226.645$$

$$I_{p73m} := \frac{Sp73}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p73} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p73m}$$

$$I_{p73} = 164.613$$

$$I_{нав73} := \frac{S_{нав73}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав73} = 201.557$$

$$I_{p74m} := \frac{Sp74}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p74} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p74m}$$

$$I_{p74} = 128.305$$

$$I_{нав74} := \frac{S_{нав74}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав74} = 157.1$$

$$I_{p75m} := \frac{Sp75}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p75} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p75m}$$

$$I_{p75} = 128.305$$

$$I_{нав75} := \frac{S_{нав75}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав75} = 157.1$$

$$I_{p76m} := \frac{Sp76}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p76} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p76m}$$

$$I_{p76} = 41.193$$

$$I_{нав76} := \frac{S_{нав76}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{нав76} = 50.438$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$I_{p81m} := \frac{Sp81}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p81} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p81m}$$

$$I_{p81} = 295.247$$

$$I_{наб81} := \frac{S_{наб81}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб81} = 361.509$$

$$I_{p82m} := \frac{Sp82}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p82} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p82m}$$

$$I_{p82} = 71.621$$

$$I_{наб82} := \frac{S_{наб82}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб82} = 87.694$$

$$I_{p83m} := \frac{Sp83}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p83} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p83m}$$

$$I_{p83} = 120.743$$

$$I_{наб83} := \frac{S_{наб83}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб83} = 147.841$$

$$I_{p91m} := \frac{Sp91}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p91} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p91m}$$

$$I_{p91} = 955.164$$

$$I_{наб91} := \frac{S_{наб91}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб91} = 1.17 \times 10^3$$

$$I_{p92m} := \frac{Sp92}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p92} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p92m}$$

$$I_{p92} = 169.494$$

$$I_{наб92} := \frac{S_{наб92}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб92} = 207.534$$

$$I_{p93m} := \frac{Sp93}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p93} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p93m}$$

$$I_{p93} = 169.317$$

$$I_{наб93} := \frac{S_{наб93}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб93} = 207.317$$

$$I_{p94m} := \frac{Sp94}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{p94} := 1.1 \cdot 1.05 \cdot I_{p94m}$$

$$I_{p94} = 13.54$$

$$I_{наб94} := \frac{S_{наб94}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}}$$

$$I_{наб94} = 16.579$$

$$U_{11} := \frac{Sp11 \cdot 0.13}{0.38} \cdot (0.74 \cdot 0.7 + 0.0652 \cdot 0.71)$$

$$U_{11} = 11.551$$

$$b_{U11} := \frac{U_{11}}{380} \cdot 100$$

$$b_{U11} = 3.04$$

$$U_{12} := \frac{Sp12 \cdot 0.08}{0.38} \cdot (0.37 \cdot 0.7 + 0.0625 \cdot 0.71)$$

$$U_{12} = 6.232$$

$$b_{U12} := \frac{U_{12}}{380} \cdot 100$$

$$b_{U12} = 1.64$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

### ВВГ 4x70

$$U_{13} := \frac{Sp_{13} \cdot 0.2}{0.38} \cdot (0.265 \cdot 0.7 + 0.0612 \cdot 0.71)$$

$$U_{13} = 14.607$$

$$bU_{13} := \frac{U_{13}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{13} = 3.844$$

$$U_{21} := \frac{Sp_{21} \cdot 0.1}{0.38} \cdot (0.74 \cdot 0.7 + 0.0662 \cdot 0.71)$$

$$U_{21} = 9.74$$

$$bU_{21} := \frac{U_{21}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{21} = 2.563$$

$$U_{23} := \frac{Sp_{23} \cdot 0.1}{0.38} \cdot (0.74 \cdot 0.75 + 0.0662 \cdot 0.66)$$

$$U_{23} = 9.968$$

$$bU_{23} := \frac{U_{23}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{23} = 2.623$$

$$U_{31} := \frac{Sp_{31} \cdot 0.12}{0.38} \cdot (0.493 \cdot 0.92 + 0.06 \cdot 0.39)$$

$$U_{31} = 16.883$$

$$bU_{31} := \frac{U_{31}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{31} = 4.443$$

### ВВГ 4x120

$$U_{14} := \frac{Sp_{14} \cdot 0.27}{0.38} \cdot (0.154 \cdot 0.7 + 0.0602 \cdot 0.71)$$

$$U_{14} = 16.7$$

$$bU_{14} := \frac{U_{14}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{14} = 4.395$$

$$U_{22} := \frac{Sp_{22} \cdot 0.15}{0.38} \cdot (0.37 \cdot 0.75 + 0.0625 \cdot 0.66)$$

$$U_{22} = 11.654$$

$$bU_{22} := \frac{U_{22}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{22} = 3.067$$

$$U_{24} := \frac{Sp_{24} \cdot 0.18}{0.38} \cdot (0.195 \cdot 0.7 + 0.0602 \cdot 0.71)$$

$$U_{24} = 12.213$$

$$bU_{24} := \frac{U_{24}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{24} = 3.214$$

### ВВГ 4x95

$$U_{32} := \frac{Sp_{32} \cdot 0.21}{0.38} \cdot (0.195 \cdot 0.92 + 0.0602 \cdot 0.39)$$

$$U_{32} = 14.136$$

$$bU_{32} := \frac{U_{32}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{32} = 3.72$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$U_{41} := \frac{Sp_{41} \cdot 0.05}{0.38} \cdot (0.103 \cdot 0.75 + 0.0596 \cdot 0.66)$$

$$U_{41} = 5.207$$

$$bU_{41} := \frac{U_{41}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{41} = 1.37$$

### ВВГ 4x50

$$U_{52} := \frac{Sp_{52} \cdot 0.2}{0.38} \cdot (0.37 \cdot 0.92 + 0.0625 \cdot 0.39)$$

$$U_{52} = 18.464$$

$$bU_{52} := \frac{U_{52}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{52} = 4.859$$

### ВВГ 4x70

$$U_{54} := \frac{Sp_{54} \cdot 0.23}{0.38} \cdot (0.265 \cdot 0.92 + 0.0612 \cdot 0.39)$$

$$U_{54} = 18.043$$

$$bU_{54} := \frac{U_{54}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{54} = 4.748$$

### ВВГ 4x50

$$U_{62} := \frac{Sp_{62} \cdot 0.21}{0.38} \cdot (0.37 \cdot 0.85 + 0.0625 \cdot 0.53)$$

$$U_{62} = 16.352$$

$$bU_{62} := \frac{U_{62}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{62} = 4.303$$

### ВВГ 4x50

$$U_{51} := \frac{Sp_{51} \cdot 0.2}{0.38} \cdot (0.37 \cdot 0.92 + 0.0625 \cdot 0.39)$$

$$U_{51} = 18.464$$

$$bU_{51} := \frac{U_{51}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{51} = 4.859$$

### ВВГ 4x50

$$U_{53} := \frac{Sp_{53} \cdot 0.2}{0.38} \cdot (0.37 \cdot 0.92 + 0.0625 \cdot 0.39)$$

$$U_{53} = 29.569$$

$$bU_{53} := \frac{U_{53}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{53} = 7.781$$

### ВВГ 4x70

$$U_{61} := \frac{Sp_{61} \cdot 0.23}{0.38} \cdot (0.265 \cdot 0.92 + 0.0612 \cdot 0.39)$$

$$U_{61} = 18.501$$

$$bU_{61} := \frac{U_{61}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{61} = 4.869$$

### ВВГ 4x35

$$U_{63} := \frac{Sp_{63} \cdot 0.18}{0.38} \cdot (0.53 \cdot 0.92 + 0.0637 \cdot 0.39)$$

$$U_{63} = 17.861$$

$$bU_{63} := \frac{U_{63}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{63} = 4.7$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$U71 := \frac{Sp71 \cdot 0.05}{0.38} (0.195 \cdot 0.92 + 0.0602 \cdot 0.39)$$

$$U71 = 3.388$$

$$bU71 := \frac{U71}{380} \cdot 100$$

$$bU71 = 0.891$$

$$U73 := \frac{Sp73 \cdot 0.09}{0.38} (0.37 \cdot 0.92 + 0.0623 \cdot 0.39)$$

$$U73 = 8.104$$

$$bU73 := \frac{U73}{380} \cdot 100$$

$$bU73 = 2.133$$

### ВВГ 4x35

$$U75 := \frac{Sp75 \cdot 0.19}{0.38} (0.53 \cdot 0.92 + 0.0637 \cdot 0.39)$$

$$U75 = 18.734$$

$$bU75 := \frac{U75}{380} \cdot 100$$

$$bU75 = 4.93$$

### ВВГ 4x120

$$U81 := \frac{Sp81 \cdot 0.22}{0.38} (0.154 \cdot 0.92 + 0.0602 \cdot 0.39)$$

$$U81 = 16.087$$

$$bU81 := \frac{U81}{380} \cdot 100$$

$$bU81 = 4.234$$

### ВВГ 4x35

$$U72 := \frac{Sp72 \cdot 0.17}{0.38} (0.53 \cdot 0.92 + 0.0637 \cdot 0.39)$$

$$U72 = 16.762$$

$$bU72 := \frac{U72}{380} \cdot 100$$

$$bU72 = 4.411$$

### ВВГ 4x35

$$U74 := \frac{Sp74 \cdot 0.16}{0.38} (0.53 \cdot 0.92 + 0.0637 \cdot 0.39)$$

$$U74 = 15.776$$

$$bU74 := \frac{U74}{380} \cdot 100$$

$$bU74 = 4.151$$

$$U76 := \frac{Sp76 \cdot 0.19}{0.38} (1.38 \cdot 0.7 + 0.068 \cdot 0.71)$$

$$U76 = 11.905$$

$$bU76 := \frac{U76}{380} \cdot 100$$

$$bU76 = 3.133$$

$$U82 := \frac{Sp82 \cdot 0.06}{0.38} (1.84 \cdot 0.85 + 0.073 \cdot 0.53)$$

$$U82 = 10.328$$

$$bU82 := \frac{U82}{380} \cdot 100$$

$$bU82 = 2.718$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$U_{83} := \frac{Sp_{83} \cdot 0.08}{0.38} (0.74 \cdot 0.7 + 0.0662 \cdot 0.71)$$

$$U_{83} = 8.184$$

$$bU_{83} := \frac{U_{83}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{83} = 2.154$$

$$U_{91} := \frac{Sp_{91} \cdot 0.12}{0.38} (0.1 \cdot 0.75 + 0.05 \cdot 0.66)$$

$$U_{91} = 18.364$$

$$bU_{91} := \frac{U_{91}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{91} = 4.825$$

$$U_{92} := \frac{Sp_{92} \cdot 0.05}{0.38} (0.37 \cdot 0.7 + 0.0625 \cdot 0.71)$$

$$U_{92} = 3.856$$

$$bU_{92} := \frac{U_{92}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{92} = 1.015$$

$$U_{93} := \frac{Sp_{93} \cdot 0.12}{0.38} (0.37 \cdot 0.7 + 0.0625 \cdot 0.71)$$

$$U_{93} = 9.244$$

$$bU_{93} := \frac{U_{93}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{93} = 2.433$$

$$U_{94} := \frac{Sp_{94} \cdot 0.09}{0.38} (1.38 \cdot 0.92 + 0.068 \cdot 0.79)$$

$$U_{94} = 2.369$$

$$bU_{94} := \frac{U_{94}}{380} \cdot 100$$

$$bU_{94} = 0.623$$

$$Стр\phi 1 := \frac{Ст\pi 1}{0.7 \cdot 2}$$

$$Стр\phi 1 = 284.758$$

$$k\phi 1 := \frac{Ст\pi 1}{400 \cdot 2}$$

$$k\phi 1 = 0.498$$

$$ka 1 := \frac{Ст\pi 1}{400}$$

$$ka 1 = 0.997$$

$$Стр\phi 2 := \frac{Ст\pi 2}{0.7 \cdot 2}$$

$$Стр\phi 2 = 238.582$$

$$k\phi 2 := \frac{Ст\pi 2}{250 \cdot 2}$$

$$k\phi 2 = 0.668$$

$$ka 2 := \frac{Ст\pi 2}{250}$$

$$ka 2 = 1.336$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$S_{\text{тр}63} := \frac{S_{\text{тп}3}}{0.7 \cdot 2}$$

$$S_{\text{тр}63} = 228.652$$

$$S_{\text{тр}64} := \frac{S_{\text{тп}4}}{0.7 \cdot 2}$$

$$S_{\text{тр}64} = 313.589$$

$$S_{\text{тр}65} := \frac{S_{\text{тп}5}}{0.7 \cdot 2}$$

$$S_{\text{тр}65} = 344.967$$

$$S_{\text{тр}66} := \frac{S_{\text{тп}6}}{0.7 \cdot 2}$$

$$S_{\text{тр}66} = 248.421$$

$$S_{\text{тр}67} := \frac{S_{\text{тп}7}}{0.7 \cdot 2}$$

$$S_{\text{тр}67} = 364.909$$

$$S_{\text{тр}68} := \frac{S_{\text{тп}8}}{0.7 \cdot 2}$$

$$S_{\text{тр}68} = 265.999$$

$$S_{\text{тр}69} := \frac{S_{\text{тп}9}}{0.7 \cdot 2}$$

$$S_{\text{тр}69} = 617.343$$

$$k_{\phi 3} := \frac{S_{\text{тп}3}}{250 \cdot 2}$$

$$k_{\phi 3} = 0.635$$

$$k_{\phi 4} := \frac{S_{\text{тп}4}}{400 \cdot 2}$$

$$k_{\phi 4} = 0.549$$

$$k_{\phi 5} := \frac{S_{\text{тп}5}}{400 \cdot 2}$$

$$k_{\phi 5} = 0.604$$

$$k_{\phi 6} := \frac{S_{\text{тп}6}}{250 \cdot 2}$$

$$k_{\phi 6} = 0.696$$

$$k_{\phi 7} := \frac{S_{\text{тп}7}}{400 \cdot 2}$$

$$k_{\phi 7} = 0.639$$

$$k_{\phi 8} := \frac{S_{\text{тп}8}}{400 \cdot 2}$$

$$k_{\phi 8} = 0.465$$

$$k_{\phi 9} := \frac{S_{\text{тп}9}}{630 \cdot 2}$$

$$k_{\phi 9} = 0.686$$

$$k_{a3} := \frac{S_{\text{тп}3}}{250}$$

$$k_{a3} = 1.269$$

$$k_{a4} := \frac{S_{\text{тп}4}}{400}$$

$$k_{a4} = 1.098$$

$$k_{a5} := \frac{S_{\text{тп}5}}{400}$$

$$k_{a5} = 1.207$$

$$k_{a6} := \frac{S_{\text{тп}6}}{250}$$

$$k_{a6} = 1.391$$

$$k_{a7} := \frac{S_{\text{тп}7}}{400}$$

$$k_{a7} = 1.277$$

$$k_{a8} := \frac{S_{\text{тп}8}}{400}$$

$$k_{a8} = 0.931$$

$$k_{a9} := \frac{S_{\text{тп}9}}{630}$$

$$k_{a9} = 1.372$$

$$Q_{\tau 1} = \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 400)^2 - (P_{\text{тп}a1})^2}$$

$$Q_{\tau 1} = 454.681$$

$$Q_{\text{тп}a1} = P_{\text{тп}a1} \cdot 1.02$$

$$Q_{\text{тп}a1} = 333.441$$

$$Q_{\text{тп}c1} = Q_{\text{тп}a1} - Q_{\tau 1}$$

$$Q_{\text{тп}c1} = -121.24$$



## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$Q_{т2} := \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 250)^2 - (P_{тпд2})^2}$$

$$Q_{т2} = 217.906$$

$$Q_{т3} := \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 250)^2 - (P_{тпв3})^2}$$

$$Q_{т3} = 234.09$$

$$Q_{т4} := \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 400)^2 - (P_{тпд4})^2}$$

$$Q_{т4} = 428.952$$

$$Q_{т5} := \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 400)^2 - (P_{тпв5})^2}$$

$$Q_{т5} = 395.937$$

$$Q_{т6} := \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 250)^2 - (P_{тпв6})^2}$$

$$Q_{т6} = 202.899$$

$$Q_{т7} := \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 400)^2 - (P_{тпв7})^2}$$

$$Q_{т7} = 371.631$$

$$Q_{т8} := \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 400)^2 - (P_{тпв8})^2}$$

$$Q_{т8} = 469.416$$

$$Q_{т9} := \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 630)^2 - (P_{тпд9})^2}$$

$$Q_{т9} = 525.028$$

$$b_{PI} := 2 \cdot 0.8 + \frac{1}{2} \cdot 6.1 \cdot \left( \frac{Стр\epsilonб1}{400} \right)^2$$

$$b_{PI} = 3.146$$

$$Q_{тпд2} := P_{тпд2} \cdot 1.02$$

$$Q_{тпд2} = 279.37$$

$$Q_{тпв3} := P_{тпв3} \cdot 0.48$$

$$Q_{тпв3} = 124.894$$

$$Q_{тпд4} := P_{тпд4} \cdot 1.02$$

$$Q_{тпд4} = 367.2$$

$$Q_{тпв5} := P_{тпв5} \cdot 0.48$$

$$Q_{тпв5} = 190.091$$

$$Q_{тпв6} := P_{тпв6} \cdot 0.75$$

$$Q_{тпв6} = 213.891$$

$$Q_{тпв7} := P_{тпв7} \cdot 0.48$$

$$Q_{тпв7} = 201.079$$

$$Q_{тпв8} := P_{тпв8} \cdot 0.75$$

$$Q_{тпв8} = 229.025$$

$$Q_{тпд9} := P_{тпд9} \cdot 0.75$$

$$Q_{тпд9} = 531.532$$

$$b_{QI} = 2 \cdot \frac{4.5 \cdot (Стр\epsilonб1)^2}{100 \cdot 400} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0.5 \cdot 400}{100}$$

$$b_{QI} = 19.245$$

$$Q_{ику2} := Q_{тпд2} - Q_{т}$$

$$Q_{ику2} = 61.465$$

$$Q_{ику3} := Q_{тпв3} - Q_{т}$$

$$Q_{ику3} = -109.196$$

$$Q_{ику4} := Q_{тпд4} - Q_{т}$$

$$Q_{ику4} = -61.752$$

$$Q_{ику5} := Q_{тпв5} - Q_{т}$$

$$Q_{ику5} = -205.846$$

$$Q_{ику6} := Q_{тпв6} - Q_{т}$$

$$Q_{ику6} = 10.991$$

$$Q_{ику7} := Q_{тпв7} - Q_{т}$$

$$Q_{ику7} = -170.552$$

$$Q_{ику8} := Q_{тпв8} - Q_{т}$$

$$Q_{ику8} = -240.39$$

$$Q_{ику9} := Q_{тпд9} - Q_{т}$$

$$Q_{ику9} = 6.504$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$bP2 = 2 \cdot 0.5 + \frac{1}{2} \cdot 3.6 \cdot \left( \frac{\text{Стре62}}{250} \right)^2$$

$$bP2 = 2.639$$

$$bQ2 = 2 \cdot \frac{4.5 (\text{Стре62})^2}{100 \cdot 250} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0.5 \cdot 250}{100}$$

$$bQ2 = 21.117$$

$$bP4 = 2 \cdot 0.8 + \frac{1}{2} \cdot 6.1 \cdot \left( \frac{\text{Стре64}}{400} \right)^2$$

$$bP4 = 3.475$$

$$bQ4 = 2 \cdot \frac{4.5 (\text{Стре64})^2}{100 \cdot 400} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0.5 \cdot 400}{100}$$

$$bQ4 = 23.126$$

$$bP6 = 2 \cdot 0.5 + \frac{1}{2} \cdot 3.6 \cdot \left( \frac{\text{Стре66}}{250} \right)^2$$

$$bP6 = 2.777$$

$$bQ6 = 2 \cdot \frac{4.5 (\text{Стре66})^2}{100 \cdot 250} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0.5 \cdot 250}{100}$$

$$bQ6 = 22.842$$

$$bP8 = 2 \cdot 0.8 + \frac{1}{2} \cdot 6.1 \cdot \left( \frac{\text{Стре68}}{400} \right)^2$$

$$bP8 = 2.949$$

$$bQ8 = 2 \cdot \frac{4.5 (\text{Стре68})^2}{100 \cdot 400} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0.5 \cdot 400}{100}$$

$$bQ8 = 16.92$$

$$bP3 = 2 \cdot 0.5 + \frac{1}{2} \cdot 3.6 \cdot \left( \frac{\text{Стре63}}{250} \right)^2$$

$$bP3 = 2.479$$

$$bQ3 = 2 \cdot \frac{4.5 (\text{Стре63})^2}{100 \cdot 250} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0.5 \cdot 250}{100}$$

$$bQ3 = 19.119$$

$$bP5 = 2 \cdot 0.8 + \frac{1}{2} \cdot 6.1 \cdot \left( \frac{\text{Стре65}}{400} \right)^2$$

$$bP5 = 3.868$$

$$bQ5 = 2 \cdot \frac{4.5 (\text{Стре65})^2}{100 \cdot 400} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0.5 \cdot 400}{100}$$

$$bQ5 = 27.776$$

$$bP7 = 2 \cdot 0.8 + \frac{1}{2} \cdot 6.1 \cdot \left( \frac{\text{Стре67}}{400} \right)^2$$

$$bP7 = 4.138$$

$$bQ7 = 2 \cdot \frac{4.5 (\text{Стре67})^2}{100 \cdot 400} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0.5 \cdot 400}{100}$$

$$bQ7 = 30.961$$

$$bP9 = 2 \cdot 1.1 + \frac{1}{2} \cdot 8.4 \cdot \left( \frac{\text{Стре69}}{630} \right)^2$$

$$bP9 = 6.233$$

$$bQ9 = 2 \cdot \frac{9.5 (\text{Стре69})^2}{100 \cdot 630} + \frac{1}{2} \cdot \frac{0.5 \cdot 630}{100}$$

$$bQ9 = 68.118$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$P_{\pi 1} := P_{\pi d 1} + bP1$$

$$P_{\pi 1} = 330.048$$

$$Q_{\pi 1} := Q_{\pi d 1} + bQ1$$

$$Q_{\pi 1} = 352.685$$

$$P_{\pi 2} := P_{\pi d 2} + bP2$$

$$P_{\pi 2} = 276.532$$

$$Q_{\pi 2} := Q_{\pi d 2} + bQ2$$

$$Q_{\pi 2} = 300.487$$

$$P_{\pi 3} := P_{\pi d 3} + bP3$$

$$P_{\pi 3} = 262.675$$

$$Q_{\pi 3} := Q_{\pi d 3} + bQ3$$

$$Q_{\pi 3} = 144.013$$

$$P_{\pi 4} := P_{\pi d 4} + bP4$$

$$P_{\pi 4} = 363.475$$

$$Q_{\pi 4} := Q_{\pi d 4} + bQ4$$

$$Q_{\pi 4} = 390.326$$

$$P_{\pi 5} := P_{\pi d 5} + bP5$$

$$P_{\pi 5} = 399.891$$

$$Q_{\pi 5} := Q_{\pi d 5} + bQ5$$

$$Q_{\pi 5} = 217.866$$

$$P_{\pi 6} := P_{\pi d 6} + bP6$$

$$P_{\pi 6} = 287.965$$

$$Q_{\pi 6} := Q_{\pi d 6} + bQ6$$

$$Q_{\pi 6} = 236.732$$

$$P_{\pi 7} := P_{\pi d 7} + bP7$$

$$P_{\pi 7} = 423.054$$

$$Q_{\pi 7} := Q_{\pi d 7} + bQ7$$

$$Q_{\pi 7} = 232.04$$

$$P_{\pi 8} := P_{\pi d 8} + bP8$$

$$P_{\pi 8} = 308.316$$

$$Q_{\pi 8} := Q_{\pi d 8} + bQ8$$

$$Q_{\pi 8} = 245.945$$

$$P_{\pi 9} := P_{\pi d 9} + bP9$$

$$P_{\pi 9} = 714.942$$

$$Q_{\pi 9} := Q_{\pi d 9} + bQ9$$

$$Q_{\pi 9} = 599.651$$

$$S_{\pi \text{вн} 1} := \sqrt{(P_{\pi 1})^2 + (Q_{\pi 1})^2}$$

$$S_{\pi \text{вн} 1} = 483.031$$

$$S_{\pi \text{вн} 2} := \sqrt{(P_{\pi 2})^2 + (Q_{\pi 2})^2}$$

$$S_{\pi \text{вн} 2} = 408.365$$

$$S_{\pi \text{вн} 3} := \sqrt{(P_{\pi 3})^2 + (Q_{\pi 3})^2}$$

$$S_{\pi \text{вн} 3} = 299.563$$

$$S_{\pi \text{вн} 4} := \sqrt{(P_{\pi 4})^2 + (Q_{\pi 4})^2}$$

$$S_{\pi \text{вн} 4} = 533.356$$

$$S_{\pi \text{вн} 5} := \sqrt{(P_{\pi 5})^2 + (Q_{\pi 5})^2}$$

$$S_{\pi \text{вн} 5} = 455.388$$

$$S_{\pi \text{вн} 6} := \sqrt{(P_{\pi 6})^2 + (Q_{\pi 6})^2}$$

$$S_{\pi \text{вн} 6} = 372.781$$

$$S_{\pi \text{вн} 7} := \sqrt{(P_{\pi 7})^2 + (Q_{\pi 7})^2}$$

$$S_{\pi \text{вн} 7} = 482.511$$

$$S_{\pi \text{вн} 8} := \sqrt{(P_{\pi 8})^2 + (Q_{\pi 8})^2}$$

$$S_{\pi \text{вн} 8} = 394.395$$

$$S_{\pi \text{вн} 9} := \sqrt{(P_{\pi 9})^2 + (Q_{\pi 9})^2}$$

$$S_{\pi \text{вн} 9} = 933.126$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$P_{pn} = 0.77 \cdot (P_{m1} + P_{m2} + P_{m3} + P_{m4} + P_{m5} + P_{m6} + P_{m7} + P_{m8} + P_{m9}) = 2.593 \times 10^3$$

$$Q_{pn} = 0.77 \cdot (Q_{m1} + Q_{m2} + Q_{m3} + Q_{m4} + Q_{m5} + Q_{m6} + Q_{m7} + Q_{m8} + Q_{m9}) = 2.094 \times 10^3$$

$$S_{pn} = \sqrt{(P_{pn})^2 + (Q_{pn})^2}$$

$$S_{pn} = 3.333 \times 10^3$$

$$I_{p_{pn2}} = \frac{S_{пвн2}}{10.2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{p_{pn2}} = 11.788$$

$$I_{p_{21}} = \frac{S_{пвн1}}{10.2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{p_{21}} = 13.944$$

$$I_{p_{19}} = \frac{S_{пвн9}}{10.2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{p_{19}} = 26.937$$

$$I_{p_{98}} = \frac{S_{пвн8}}{10.2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{p_{98}} = 11.385$$

$$I_{p_{87}} = \frac{S_{пвн7}}{10.2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{p_{87}} = 13.929$$

$$I_{p_{56}} = \frac{S_{пвн6}}{10.2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{p_{56}} = 10.761$$

$$I_{p_{45}} = \frac{S_{пвн5}}{10.2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{p_{45}} = 13.146$$

$$I_{p_{34}} = \frac{S_{пвн4}}{10.2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{p_{34}} = 15.397$$

$$I_{p_{pn3}} = \frac{S_{пвн3}}{10.2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{p_{pn3}} = 8.648$$

$$I_{p_{76}} = I_{p_{87}} + I_{p_{56}}$$

$$I_{p_{76}} = 24.69$$

$$U_{pn2} = \frac{(S_{пвн2}) \cdot (0.32 + 0.27 + 0.86 + 0.36 + 0.41)}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{pn2} = 46.119$$

$$bU_{pn2} = \frac{U_{pn2}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{pn2} = 0.439$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$U_{21} := \frac{(\text{Страница 1}) \cdot (0.27 + 0.86 + 0.36 + 0.41)}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{21} = 46.689$$

$$bU_{21} := \frac{U_{21}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{21} = 0.445$$

$$U_{19} := \frac{(\text{Страница 9}) \cdot (0.86 + 0.36 + 0.41)}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{19} = 77.377$$

$$bU_{19} := \frac{U_{19}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{19} = 0.737$$

$$U_{98} := \frac{(\text{Страница 8}) \cdot (0.36 + 0.41)}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{98} = 15.449$$

$$bU_{98} := \frac{U_{98}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{98} = 0.147$$

$$U_{87} := \frac{\text{Страница 7} \cdot 0.41}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{87} = 10.064$$

$$bU_{87} := \frac{U_{87}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{87} = 0.096$$

$$U_{\text{рпз}} := \frac{(\text{Страница 3}) \cdot (0.69 + 0.14 + 0.74 + 0.27)}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{\text{рпз}} = 28.041$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$bU_{pn3} := \frac{U_{pn3}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{pn3} = 0.267$$

$$U_{34} := \frac{(\text{Страница 4}) \cdot (0.14 + 0.74 + 0.27)}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{34} = 31.203$$

$$bU_{34} := \frac{U_{34}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{34} = 0.297$$

$$U_{45} := \frac{(\text{Страница 5}) \cdot (0.74 + 0.27)}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{45} = 23.398$$

$$bU_{45} := \frac{U_{45}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{45} = 0.223$$

$$U_{56} := \frac{(\text{Страница 6}) \cdot 0.27}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{56} = 5.12$$

$$bU_{56} := \frac{U_{56}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{56} = 0.049$$

$$U_{76} := \frac{(\text{Страница 7} + \text{Страница 6}) \cdot (0.72)}{10.5} \cdot (0.99 \cdot 0.48 + 0.067 \cdot 0.88)$$

$$U_{76} = 31.328$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$bU_{76} := \frac{U_{76}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{76} = 0.298$$

$$U_{аврп2} := \frac{(\text{Стан2}) \cdot (0.32 + 0.27 + 0.86 + 0.36 + 0.41 + 0.72 + 0.27 + 0.74 + 0.14)}{10.5} \cdot \begin{pmatrix} 0.99 \cdot 0.48 \dots \\ + 0.067 \cdot 0.88 \end{pmatrix}$$

$$U_{аврп2} = 84.968$$

$$bU_{аврп2} := \frac{U_{аврп2}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{аврп2} = 0.809$$

$$U_{аврп3} := \frac{(\text{Стан3}) \cdot (0.69 + 0.27 + 0.86 + 0.36 + 0.41 + 0.72 + 0.27 + 0.74 + 0.14)}{10.5} \cdot \begin{pmatrix} 0.99 \cdot 0.48 \dots \\ + 0.067 \cdot 0.88 \end{pmatrix}$$

$$U_{аврп3} = 67.968$$

$$bU_{аврп3} := \frac{U_{аврп3}}{10.5 \cdot 1000} \cdot 100$$

$$bU_{аврп3} = 0.647$$

$$bP_{рп2} := 3 \cdot (I_{рп2})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.32 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{рп2} = 0.132$$

$$bQ_{рп2} := 3 \cdot (I_{рп2})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.32 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{рп2} = 8.938 \times 10^{-3}$$

$$bP_{21} := 3 \cdot (I_{21})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.27 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{21} = 0.156$$

$$bQ_{21} := 3 \cdot (I_{21})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.27 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{21} = 0.011$$

$$bP_{19} := 3 \cdot (I_{19})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.86 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{19} = 1.853$$

$$bQ_{19} := 3 \cdot (I_{19})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.86 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{19} = 0.125$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$bP_{98} := 3 \cdot (Ip_{98})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.36 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{98} = 0.139$$

$$bQ_{98} := 3 \cdot (Ip_{98})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.36 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{98} = 9.38 \times 10^{-3}$$

$$bP_{87} := 3 \cdot (Ip_{87})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.41 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{87} = 0.236$$

$$bQ_{87} := 3 \cdot (Ip_{87})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.41 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{87} = 0.016$$

$$bP_{pn3} := 3 \cdot (Ip_{pn3})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.69 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{pn3} = 0.153$$

$$bQ_{pn3} := 3 \cdot (Ip_{pn3})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.69 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{pn3} = 0.01$$

$$bP_{34} := 3 \cdot (Ip_{34})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.14 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{34} = 0.099$$

$$bQ_{34} := 3 \cdot (Ip_{34})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.14 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{34} = 6.671 \times 10^{-3}$$

$$bP_{45} := 3 \cdot (Ip_{45})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.74 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{45} = 0.38$$

$$bQ_{45} := 3 \cdot (Ip_{45})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.74 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{45} = 0.026$$

$$bP_{56} := 3 \cdot (Ip_{56})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.27 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{56} = 0.093$$

$$bQ_{56} := 3 \cdot (Ip_{56})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.27 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{56} = 6.285 \times 10^{-3}$$

$$bP_{76} := 3 \cdot (Ip_{76})^2 \cdot 0.99 \cdot 0.72 \cdot 10^{-3}$$

$$bP_{76} = 1.304$$

$$bQ_{76} := 3 \cdot (Ip_{76})^2 \cdot 0.067 \cdot 0.72 \cdot 10^{-3}$$

$$bQ_{76} = 0.088$$

$$bP := bP_{pn2} + bP_{21} + bP_{19} + bP_{98} + bP_{87} + bP_{76} + bP_{pn3} + bP_{34} + bP_{45} + bP_{56}$$

$$bP = 4.544$$



## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$bQ := bQ_{pн2} + bQ_{21} + bQ_{19} + bQ_{98} + bQ_{87} + bQ_{76} + bQ_{pн3} + bQ_{34} + bQ_{45} + bQ_{56}$$

$$bQ = 0.308$$

$$P_{pнн} := P_{pн} + bP = 2.597 \times 10^3$$

$$Q_{pнн} := Q_{pн} + bQ = 2.095 \times 10^3$$

$$S_{pнн} := \sqrt{(P_{pнн})^2 + (Q_{pнн})^2}$$

$$S_{pнл} = 3.336 \times 10^3$$

**Точка К10 на 10 кВ**

$$X_{тр10_1} = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{100}{16}$$

$$X_{тр10_1} = 0.656$$

$$X_{тр10_2} := \frac{10.5}{100} \cdot \frac{100}{25}$$

$$X_{тр10_2} = 0.42$$

$$X_{тр10} := \frac{1}{\frac{1}{X_{тр10_1}} + \frac{1}{X_{тр10_2}}}$$

$$X_{тр10} = 0.256$$

$$X_{л_{псрп}} := 0.05 \cdot 4 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л_{псрп}} = 0.181$$

$$R_{л_{псрп}} := 0.29 \cdot 4 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{л_{псрп}} = 1.052$$

$$X_c := \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 1.457}$$

$$X_c = 3.774$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$Z_{1010} := \sqrt{(X_{тр10} + X_{л_{псрп}} + X_c)^2 + (R_{л_{псрп}})^2}$$

$$Z_{1010} = 4.341$$

$$I_6 := 5.5$$

$$I_{10кв10_3} := \frac{1.55}{Z_{1010}}$$

$$I_{10кв10_3} = 1.267$$

$$I_{10кв10_2} := \frac{\sqrt{3}}{2} I_{10кв10_3}$$

$$I_{10кв10_2} = 1.097$$

$$k_{уд} := 1 + e^{-\frac{(0.01)}{0.01}}$$

$$k_{уд} = 1.368$$

$$I_{10уд10} := \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{10кв10_3}$$

$$I_{10уд10} = 2.451$$

Точка К2 на 10 кВ

$$X_{л_{рп2}} := 0.067 \cdot 0.32 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л_{рп2}} = 0.019$$

$$R_{л_{рп2}} := 0.99 \cdot 0.32 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{л_{рп2}} = 0.287$$

$$Z_{102} := \sqrt{(X_{тр10} + X_{л_{псрп}} + X_c + X_{л_{рп2}})^2 + (R_{л_{псрп}} + R_{л_{рп2}})^2}$$

$$Z_{102} = 4.438$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$I_{10кВ23} := \frac{1.5.5}{Z_{102}}$$

$$I_{10кВ23} = 1.239$$

$$I_{10кВ22} := \frac{\sqrt{3}}{2} I_{10кВ23}$$

$$I_{10кВ22} = 1.073$$

$$i_{10уд2} := \sqrt{2} \cdot \text{куд} I_{10кВ23}$$

$$i_{10уд2} = 2.397$$

Точка К1 на 10 кВ

$$X_{л21} := 0.067 \cdot 0.27 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л21} = 0.016$$

$$R_{л21} := 0.99 \cdot 0.27 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{л21} = 0.242$$

$$Z_{101} := \sqrt{(X_{тр10} + X_{лпсрп} + X_c + X_{лрп2} + X_{л21})^2 + (R_{лпсрп} + R_{лрп2} + R_{л21})^2}$$

$$Z_{101} = 4.532$$

$$I_{10кВ13} := \frac{1.5.5}{Z_{101}}$$

$$I_{10кВ13} = 1.214$$

$$I_{10кВ12} := \frac{\sqrt{3}}{2} I_{10кВ13}$$

$$I_{10кВ12} = 1.051$$

$$i_{10уд1} := \sqrt{2} \cdot \text{куд} I_{10кВ13}$$

$$i_{10уд1} = 2.348$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Точка К9 на 10 кВ

$$X_{л19} := 0.067 \cdot 0.86 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л19} = 0.052$$

$$R_{л19} := 0.99 \cdot 0.86 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{л19} = 0.772$$

$$Z_{109} := \sqrt{(X_{тр10} + X_{л1срп} + X_c + X_{лрп2} + X_{л21} + X_{л19})^2 + (R_{л1срп} + R_{лрп2} + R_{л21} + R_{л19})^2}$$

$$Z_{109} = 4.902$$

$$I_{10кв3} := \frac{1.5.5}{Z_{109}}$$

$$I_{10кв3} = 1.122$$

$$I_{10кв2} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{10кв3}$$

$$I_{10кв2} = 0.972$$

$$i_{10ул9} := \sqrt{2} \cdot \text{кул} \cdot I_{10кв3}$$

$$i_{10ул9} = 2.171$$

Точка К8 на 10 кВ

$$X_{л89} := 0.067 \cdot 0.36 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л89} = 0.022$$

$$R_{л89} := 0.99 \cdot 0.36 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{л89} = 0.323$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$Z_{108} := \sqrt{\left( X_{\text{тр}10} + X_{\text{лперп}} + X_{\text{с}} + X_{\text{лрп}2} + X_{\text{л}21} + X_{\text{л}19} + X_{\text{л}89} \right)^2 + \left( R_{\text{лперп}} + R_{\text{лрп}2} + R_{\text{л}21} + R_{\text{л}19} + R_{\text{л}89} \right)^2}$$

$$Z_{108} = 5.084$$

$$I_{10\text{кВ}3} := \frac{1.5.5}{Z_{108}}$$

$$I_{10\text{кВ}3} = 1.082$$

$$I_{10\text{кВ}2} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{10\text{кВ}3}$$

$$I_{10\text{кВ}2} = 0.937$$

$$i_{10\text{уд}8} := \sqrt{2} \cdot \text{кул} \cdot I_{10\text{кВ}3}$$

$$i_{10\text{уд}8} = 2.093$$

Точка К7 на 10 кВ

$$X_{\text{л}78} := 0.067 \cdot 0.41 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{\text{л}78} = 0.025$$

$$R_{\text{л}78} := 0.99 \cdot 0.41 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{\text{л}78} = 0.368$$

$$Z_{107} := \sqrt{\left( X_{\text{тр}10} + X_{\text{лперп}} + X_{\text{с}} + X_{\text{лрп}2} + X_{\text{л}21} + X_{\text{л}19} + X_{\text{л}89} + X_{\text{л}78} \right)^2 + \left( R_{\text{лперп}} + R_{\text{лрп}2} + R_{\text{л}21} + R_{\text{л}19} + R_{\text{л}89} + R_{\text{л}78} \right)^2}$$

$$Z_{107} = 5.307$$

$$I_{10\text{кВ}73} := \frac{1.5.5}{Z_{107}}$$

$$I_{10\text{кВ}73} = 1.036$$

$$I_{10\text{кВ}72} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{10\text{кВ}73}$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$I_{10кВ7_2} = 0.897$$

$$I_{10уд7} := \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{10кВ7_3}$$

$$I_{10уд7} = 2.005$$

Точка К6 на 10 кВ 1 расчет

$$X_{л67} := 0.067 \cdot 0.72 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л67} = 0.044$$

$$R_{л67} := 0.99 \cdot 0.72 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{л67} = 0.647$$

$$Z_{106_1} := \sqrt{\left( X_{тр10} + X_{л_{псрп}} + X_0 + X_{л_{рп2}} + X_{л21} + X_{л19} + X_{л89} + X_{л78} + X_{л67} \right)^2 + \left( R_{л_{псрп}} + R_{л_{рп2}} + R_{л21} + R_{л19} + R_{л89} + R_{л78} + R_{л67} \right)^2}$$

$$Z_{106_1} = 5.736$$

$$I_{10кВ61_3} := \frac{1.5.5}{Z_{106_1}}$$

$$I_{10кВ61_3} = 0.959$$

$$I_{10кВ61_2} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{10кВ61_3}$$

$$I_{10кВ61_2} = 0.83$$

$$I_{10уд61} := \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{10кВ61_3}$$

$$I_{10уд61} = 1.855$$

Точка К3 на 10 кВ

$$X_{л_{рп3}} := 0.067 \cdot 0.69 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л_{рп3}} = 0.042$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$R_{л\text{рп}3} := 0.99 \cdot 0.69 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{л\text{рп}3} = 0.62$$

$$Z_{103} := \sqrt{(X_{г\text{р}10} + X_{л\text{псрп}} + X_{с} + X_{л\text{рп}3})^2 + (R_{л\text{псрп}} + R_{л\text{рп}3})^2}$$

$$Z_{103} = 4.57$$

$$I_{10\text{к}33} := \frac{1.55}{Z_{103}}$$

$$I_{10\text{к}33} = 1.203$$

$$I_{10\text{к}32} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{10\text{к}33}$$

$$I_{10\text{к}32} = 1.042$$

$$I_{10\text{уд}3} := \sqrt{2} \cdot \text{куд} \cdot I_{10\text{к}33}$$

$$I_{10\text{уд}3} = 2.328$$

**Точка К4 на 10 кВ**

$$X_{л34} := 0.067 \cdot 0.14 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л34} = 8.508 \cdot 10^{-3}$$

$$R_{л34} := 0.99 \cdot 0.14 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{л34} = 0.126$$

$$Z_{104} := \sqrt{(X_{г\text{р}10} + X_{л\text{псрп}} + X_{с} + X_{л\text{рп}3} + X_{л34})^2 + (R_{л\text{псрп}} + R_{л\text{рп}3} + R_{л34})^2}$$

$$Z_{104} = 4.625$$

$$I_{10\text{к}43} := \frac{1.55}{Z_{104}}$$

$$I_{10\text{к}43} = 1.189$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$I_{10кВ2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{10кВ3}$$

$$I_{10кВ2} = 1.03$$

$$i_{10уд4} := \sqrt{2} \cdot \text{куд} \cdot I_{10кВ3}$$

$$i_{10уд4} = 2.3$$

**Точка К5 на 10 кВ**

$$X_{л45} := 0.067 \cdot 0.74 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л45} = 0.045$$

$$R_{л45} := 0.99 \cdot 0.74 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{л45} = 0.664$$

$$Z_{105} := \sqrt{(X_{тр10} + X_{лнсрп} + X_c + X_{лрп3} + X_{л34} + X_{л45})^2 + (R_{лнсрп} + R_{лрп3} + R_{л34} + R_{л45})^2}$$

$$Z_{105} = 4.961$$

$$I_{10кВ3} := \frac{1.55}{Z_{105}}$$

$$I_{10кВ3} = 1.109$$

$$I_{10кВ2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{10кВ3}$$

$$I_{10кВ2} = 0.96$$

$$i_{10уд5} := \sqrt{2} \cdot \text{куд} \cdot I_{10кВ3}$$

$$i_{10уд5} = 2.145$$

**Точка К6 на 10 кВ 2 расчет**

$$X_{л56} := 0.067 \cdot 0.27 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$X_{л56} = 0.016$$



Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$R_{\Delta 56} := 0.99 \cdot 0.27 \cdot \frac{100}{10.5^2}$$

$$R_{\Delta 56} = 0.242$$

$$Z_{1062} := \sqrt{\left( X_{\text{тр}10} + X_{\Delta_{\text{нсрп}}} + X_c + X_{\Delta_{\text{рп}3}} + X_{\Delta_{34}} + X_{\Delta_{45}} + X_{\Delta_{56}} \right)^2 + \left( R_{\Delta_{\text{нсрп}}} + R_{\Delta_{\text{рп}3}} + R_{\Delta_{34}} + R_{\Delta_{45}} + R_{\Delta_{56}} \right)^2}$$

$$Z_{1062} = 5.099$$

$$I_{10кв623} := \frac{1.5.5}{Z_{1062}}$$

$$I_{10кв623} = 1.079$$

$$I_{10кв622} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{10кв623}$$

$$I_{10кв622} = 0.934$$

$$i_{10уд62} := \sqrt{2} \cdot \text{куд} \cdot I_{10кв623}$$

$$i_{10уд62} = 2.086$$

$$X_{c2} := \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 1.267 \cdot 10500 \cdot 10000}$$

$$X_{c2} = 6.944 \times 10^{-3}$$

Точки К2, К3, К6 на 0,4 кВ

$$X_{T2} := \sqrt{(4.5)^2 - \left( \frac{100-3.6}{250} \right)^2} \cdot \frac{(0.4)^2}{250} \cdot 10^4$$

$$X_{T2} = 27.286$$

$$R_{T2} := \frac{3.6 \cdot (0.4)^2}{(250)^2} \cdot 10^6$$

$$R_{T2} = 9.216$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$Z_{042} = \sqrt{(X_{c2} + X_{T2} + 0.08 + 0.06)^2 + (R_{T2} + 0.1 + 0.14 + 0.15 + 0.1)^2} = 29.099$$

$$Z_{042} = 29.099$$

$$I_{04по3_2} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot Z_{042}}$$

$$I_{04по3_2} = 7.936$$

$$I_{04уд1_2} = \sqrt{2} \cdot I_{04по3_2} \cdot \text{куд}$$

$$I_{04уд1_2} = 15.353$$

$$I_{04по2_2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{04по3_2}$$

$$I_{04по2_2} = 6.873$$

$$I_{04по1_2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{\left((3 \cdot R_{T2} + 3 \cdot 0.1 + 3 \cdot 0.14 + 3 \cdot 0.15 + 3 \cdot 0.1)\right)^2 + \left((2 \cdot X_{c2} + 3 \cdot X_{T2} + 3 \cdot 0.08 + 3 \cdot 0.06)\right)^2}}$$

$$I_{04по1_2} = 7.937$$

Точки К1, К4, К5, К8 на 0,4 кВ

$$X_{T1} = \sqrt{(4.5)^2 - \left(\frac{100 \cdot 6.1}{400}\right)^2} \cdot \frac{(0.4)^2}{400} \cdot 10^4$$

$$X_{T1} = 16.935$$

$$R_{T1} = \frac{6.1 \cdot (0.4)^2}{(400)^2} \cdot 10^6$$

$$R_{T1} = 6.1$$

$$Z_{041} = \sqrt{(X_{c2} + X_{T1} + 0.08 + 0.06)^2 + (R_{T1} + 0.1 + 0.14 + 0.15 + 0.1)^2} = 18.309$$

$$Z_{041} = 18.309$$

$$I_{04по3_1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot Z_{041}}$$

$$I_{04по3_1} = 12.614$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$I_{04уд1} := \sqrt{2} \cdot I_{04но3_1} \cdot \text{кУд}$$

$$I_{04уд1} = 24.401$$

$$I_{04но2_1} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{04но3_1}$$

$$I_{04но2_1} = 10.924$$

$$I_{04но1_1} := \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{\left( (3 \cdot R_{T1} + 3 \cdot 0.1 + 3 \cdot 0.14 + 3 \cdot 0.15 + 3 \cdot 0.1) \right)^2 + \left( (2 \cdot X_{c2} + 3 \cdot X_{T1} + 3 \cdot 0.08 + 3 \cdot 0.06) \right)^2}}$$

$$I_{04но1_1} = 12.615$$

**Точки К9 на 0,4 кВ**

$$X_{T9} := \sqrt{(5.5)^2 - \left( \frac{100 \cdot 8.4}{630} \right)^2} \cdot \frac{(0.4)^2}{630} \cdot 10^4$$

$$X_{T9} = 13.552$$

$$R_{T9} := \frac{8.4 \cdot (0.4)^2}{(630)^2} \cdot 10^6$$

$$R_{T9} = 3.386$$

$$Z_{049} := \sqrt{\left( X_{c2} + X_{T9} + 0.08 + 0.06 \right)^2 + \left( R_{T9} + 0.1 + 0.14 + 0.15 + 0.1 \right)^2} = 14.236$$

$$Z_{049} = 14.236$$

$$I_{04но3_9} := \frac{400}{\sqrt{3} \cdot Z_{049}}$$

$$I_{04но3_9} = 16.222$$

$$I_{04уд1_9} := \sqrt{2} \cdot I_{04но3_9} \cdot \text{кУд}$$

$$I_{04уд1_9} = 31.381$$

$$I_{04но2_9} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{04но3_9}$$

$$I_{04но2_9} = 14.048$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$I_{04nol9} := \frac{\sqrt{3 \cdot 400}}{\sqrt{\left(\left(3 \cdot R_{T9} + 3 \cdot 0.1 + 3 \cdot 0.14 + 3 \cdot 0.15 + 3 \cdot 0.1\right)\right)^2 + \left(\left(2 \cdot X_{c2} + 3 \cdot X_{T9} + 3 \cdot 0.08 + 3 \cdot 0.06\right)\right)^2}}$$

$$I_{04nol9} = 16.224$$

$$B_{p12} := (I_{10k323})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{p12} = 0.246$$

$$F_{p12} := \frac{\sqrt{B_{p12}}}{100}$$

$$F_{p12} = 4.957 \times 10^{-3}$$

$$B_{21} := (I_{10k313})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{21} = 0.236$$

$$F_{21} := \frac{\sqrt{B_{21}}}{100}$$

$$F_{21} = 4.854 \times 10^{-3}$$

$$B_{19} := (I_{10k393})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{19} = 0.201$$

$$F_{19} := \frac{\sqrt{B_{19}}}{100}$$

$$F_{19} = 4.488 \times 10^{-3}$$

$$B_{98} := (I_{10k383})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{98} = 0.187$$

$$F_{98} := \frac{\sqrt{B_{98}}}{100}$$

$$F_{98} = 4.328 \times 10^{-3}$$

$$B_{87} := (I_{10k373})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{87} = 0.172$$

$$F_{87} := \frac{\sqrt{B_{87}}}{100}$$

$$F_{87} = 4.145 \times 10^{-3}$$

$$B_{p13} := (I_{10k333})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{p13} = 0.232$$

$$F_{p13} := \frac{\sqrt{B_{p13}}}{100}$$

$$F_{p13} = 4.814 \times 10^{-3}$$

$$B_{34} := (I_{10k343})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{34} = 0.226$$

$$F_{34} := \frac{\sqrt{B_{34}}}{100}$$

$$F_{34} = 4.756 \times 10^{-3}$$

$$B_{45} := (I_{10k353})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{45} = 0.197$$

$$F_{45} := \frac{\sqrt{B_{45}}}{100}$$

$$F_{45} = 4.435 \times 10^{-3}$$

$$B_{56} := (I_{10k363})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{56} = 0.186$$

$$F_{56} := \frac{\sqrt{B_{56}}}{100}$$

$$F_{56} = 4.314 \times 10^{-3}$$

$$B_{67} := (I_{10k373})^2 \cdot 0.16$$

$$B_{67} = 0.172$$

$$F_{67} := \frac{\sqrt{B_{67}}}{100}$$

$$F_{67} = 4.145 \times 10^{-3}$$

$$\frac{S_{пвн1}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}} = 733.889$$

$$\frac{S_{пвн2}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}} = 620.447$$

$$\frac{S_{пвн3}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}} = 455.139$$

$$\frac{S_{пвн4}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}} = 810.35$$

$$\frac{S_{пвн5}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}} = 691.891$$

$$\frac{S_{пвн6}}{\sqrt{3 \cdot 0.38}} = 566.383$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$\frac{Стрив7}{\sqrt{3 \cdot 0.38}} = 733.1$$

$$\frac{Стрив8}{\sqrt{3 \cdot 0.38}} = 599.222$$

$$\frac{Стрив9}{\sqrt{3 \cdot 0.38}} = 1.418 \times 10^3$$

$$D := \sqrt{(3 \cdot 5)^2 + \left(\frac{8.5 + 7.5 + 2.5}{2}\right)^2}$$

$$D = 17.623$$

$$h_{1ш} := \frac{D}{8} + 6.5 = 8.703$$

$$r_{0шш} := 1.6 \cdot \frac{h_{1ш} - 6.5}{1 + \frac{6.5}{h_{1ш}}}$$

$$r_{0шш} = 2.018$$

$$h_{01ш} := \frac{(6.5 + 0.625 \cdot r_{0шш}) + \sqrt{(6.5 + 0.625 \cdot r_{0шш})^2 + 2.5 \cdot r_{0шш} \cdot 6.5}}{2}$$

$$h_{01ш} = 8.703$$

$$h_{02ш} := \frac{(6.5 + 0.625 \cdot r_{0шш}) - \sqrt{(6.5 + 0.625 \cdot r_{0шш})^2 + 2.5 \cdot r_{0шш} \cdot 6.5}}{2}$$

$$h_{02ш} = -0.942$$

$$h_{хш} := h_{01ш} + \frac{46.2}{7}$$

$$h_{хш} = 15.303$$

$$r_{хш} := 1.6 \cdot \frac{16 - 6.5}{1 + \frac{6.5}{16}}$$

$$r_{хш} = 10.809$$

$$h_{л} := \frac{D}{8} + 2 = 4.203$$

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$r0_{\chi 1} := 1.6 \cdot \frac{h_{11} - 2}{1 + \frac{2}{h_{11}}}$$

$$r0_{\chi 1} = 2.388$$

$$h01_{11} := \frac{(2 + 0.625 \cdot r0_{\chi 1}) + \sqrt{(2 + 0.625 \cdot r0_{\chi 1})^2 + 2.5 \cdot r0_{\chi 1} \cdot 2}}{2}$$

$$h01_{11} = 4.203$$

$$h02_{11} := \frac{(2 + 0.625 \cdot r0_{\chi 1}) - \sqrt{(2 + 0.625 \cdot r0_{\chi 1})^2 + 2.5 \cdot r0_{\chi 1} \cdot 2}}{2}$$

$$h02_{11} = -0.71$$

$$h_{\chi 1} := h01_{11} + \frac{46.2}{7}$$

$$h_{\chi 1} = 10.803$$

$$r_{\chi 1} := 1.6 \cdot \frac{h_{11} - 2}{1 + \frac{2}{h_{11}}}$$

$$r_{\chi 1} = 12.185$$

$$hr1 := 16 + \frac{46.2}{7}$$

$$hr1 = 22.6$$

$$r0_{\chi 1} := 1.6 \cdot \frac{hr1 - 6.5}{1 + \frac{6.5}{hr1}}$$

$$r0_{\chi 1} = 20.006$$

$$hr2 := 11 + \frac{46.2}{7}$$

$$hr2 = 17.6$$

$$r0_{\chi 2} := 1.6 \cdot \frac{hr2 - 2}{1 + \frac{2}{hr2}}$$

$$r0_{\chi 2} = 22.413$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

$$bW1 := \left( \frac{Стре61^2}{100} \cdot R_{T1} \right) \cdot 8760$$

$$bW1 = 4.333 \times 10^7$$

$$bW2 := \left( \frac{Стре62^2}{100} \cdot R_{T2} \right) \cdot 8760$$

$$bW2 = 4.595 \times 10^7$$

$$bW3 := \left( \frac{Стре63^2}{100} \cdot R_{T2} \right) \cdot 8760$$

$$bW3 = 4.147 \times 10^7$$

$$bW4 := \left( \frac{Стре64^2}{100} \cdot R_{T1} \right) \cdot 8760$$

$$bW4 = 5.255 \times 10^7$$

$$bW5 := \left( \frac{Стре65^2}{100} \cdot R_{T1} \right) \cdot 8760$$

$$bW5 = 6.359 \times 10^7$$

$$bW6 := \left( \frac{Стре66^2}{100} \cdot R_{T2} \right) \cdot 8760$$

$$bW6 = 4.982 \times 10^7$$

$$bW7 := \left( \frac{Стре67^2}{100} \cdot R_{T1} \right) \cdot 8760$$

$$bW7 = 7.115 \times 10^7$$

$$bW8 := \left( \frac{Стре68^2}{100} \cdot R_{T1} \right) \cdot 8760$$

$$bW8 = 3.781 \times 10^7$$

$$bW9 := \left( \frac{Стре69^2}{100} \cdot R_{T9} \right) \cdot 8760$$

$$bW9 = 1.131 \times 10^8$$