

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Электроснабжение микрорайона города Душанбе

Студент

М. Муродзода

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., А.Н. Черненко

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

Консультант

к.п.н., доцент А.В. Кириллова

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

Тольятти 2021

Аннотация

В предоставленной работе, произведено электроснабжение микрорайона города Душанбе.

Целью данной бакалаврской работы является разработка сети электроснабжения микрорайона города. Были определены категории надежности потребителей, уровень электрификации и рассчитаны нагрузки жилых и общественных сооружений, определено количество и мощность городских трансформаторных подстанций 10/0,38кВ. По ходу выполнения данного дипломного проекта были просчитаны все линии микрорайона напряжением 0,38кВ и выполнены соответствующие проверки выбранных сечений кабельных линий по допустимой потере напряжения и допустимому току нагрева в нормальных и послеаварийных режимах.

Также произведен расчет распределительной сети 10кВ, для которой выбран кабель марки ПвБВ. После выбора сечений кабельные линии распределительных и питающих сетей была выполнена их проверка в послеаварийных режиме.

Объем пояснительной записки 68 страниц, в том числе 5 рисунков, 20 таблиц.

Abstract

In the work provided, power supply was provided to the microdistrict of the city of Dushanbe.

This bachelor's degree project is a network development Electricity supply of the city's district. Categories of reliability were defined consumers, the level of electrification and calculated the load of residential and public buildings, quantity and capacity of cities are defined transformer substations 10 / 0.38 kV. In the course of the implementation of this diploma project, all lines of the microdistrict with a voltage of 0.38 kV were calculated and the corresponding checks of the selected sections of cable lines were carried out for the permissible voltage loss and permissible heating current in normal and post-emergency modes.

Also, the calculation of the 10 kV distribution network, for which the brand cable has been selected, was conducted. After selecting the cable cross sections of the distribution and supply networks, they were tested in post-accident mode.

The length of the explanatory note is 68 pages, including 5 figures, 20 tables.

Содержание

Введение.....	6
1 Характеристика микрорайона.....	7
1.1 Экспликация жилых и общественных зданий микрорайона.....	7
1.2 Определением категории надежности электроснабжения потребителей ...	9
1.3 Выбор видов нагрузки электроприборов.....	11
Вывод к разделу 1.	12
2 Расчет нагрузок.....	13
2.1 Основные сведения о нагрузке жилых домов.....	13
2.2 Расчет нагрузки жилых домов	15
2.3 Основные сведения о расчет нагрузки общественных зданий	19
2.4 Расчет нагрузки общественных зданий	21
Вывод к разделу 2.	24
3 Выбор количества и типа трансформаторных подстанций	25
3.1 Обоснование выбора трансформаторов на подстанциях.....	25
3.2 Выбор места размещения трансформаторных подстанций.....	27
Вывод к разделу 3.....	27
4 Расчет сети напряжением 0,38 кв	28
4.1 Выбор схемы питания потребителей	28
4.2 Расчет и проверка сечений кабельных линий напряжением 0,38 кв	28
Вывод к разделу 4.	41
5 Расчет распределительных сетей 10 кв	42
5.1 Определение расчетных нагрузок ТП.....	42
5.2 Выбор числа РП.....	43
5.3 Выбор схемы распределительной сети 10кВ	44
5.4 Расчет и проверка сечений распределительной сети 10кВ.....	45
Вывод к разделу 5.	50
6 Анализ средств учета электроэнергии	51

6.1 Экономический эффект средств учета.....	51
6.2 Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии.....	52
6.3 Локальное оборудование сбора и обработки данных	55
6.4 Автоматизированная система технического учета электроэнергии.....	56
6.5 Обзор мировой практики средств учета электроэнергии	59
6.6 Каналы связи.....	61
Вывод к разделу 6.	62
Заключение	63
Список используемых источников.....	65

Введение

Электрические сети современных городов представляют собой сложный комплекс, состоящий из протяженных кабельных линий, а также многочисленных распределительных и трансформаторных подстанций, посредством которых осуществляется электроснабжение бытовых, коммунальных и промышленных потребителей электроэнергией. Распределительные сети являются важным элементом электроснабжения жилых домов, общественно коммунальных учреждений, мелких, средних, а иногда и крупных промышленных потребителей. Через городские сети в настоящее время передается до 40% вырабатываемой в стране электрической электроэнергии. Развитие распределительных сетей связано не только с увеличением числа жителей и развитием промышленности, но и с непрерывным проникновением электричества во все сферы жизнедеятельности городского населения. С увеличением электропотребления ужесточаются требования к надежности электроснабжения, качеству электроэнергии, что ведет к удорожанию распределительных сетей.

Поэтому стоит вопрос рационального сооружения и реконструкции городских электрических сетей. Обновляются и совершенствуются нормы сооружения новых объектов энергетики, в том числе и городских сетей.

В этой выпускной квалификационной работе электроснабжение микрорайона города рассмотрены вопросы расчета нагрузок жилых домов и общественных сооружений; выбора типа и количество трансформаторных подстанций а также их размещение на плане района; расчета нагрузок трансформаторных подстанций; расчет и проверка сечений кабельных линий напряжением 0,38 кВ; выбора количества распределительных подстанций; расчет и проверка сечений распределительных сетей 10 кВ.

Целью данной бакалаврской работы является разработка сети электроснабжения микрорайона города.

1 Характеристика микрорайона

1.1 Экспликация жилых и общественных зданий микрорайона

Жилой фонд микрорайона состоит из девяти, двенадцати, четырнадцати, шестнадцати и двадцати шестиэтажных домов. В данном микрорайоне в качестве вида энергоносителя для приготовления пищи используются как электроплиты, так и плиты на природном газе. Экспликация жилых домов приведена в таблице 1.1.

В микрорайоне также размещены общественные и административные здания общественного использования, которые обеспечивают благоприятные условия для быта. Экспликация общественных зданий приведена в таблице 1.2.

В ходе проектирования будут рассчитаны трансформаторные подстанции и распределительные пункты, которые также расположены на территории микрорайона [2].

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваем базовое решение электроснабжения микрорайона города.

Таблица 1.1 – Экспликация жилых домов

№ п/п	Номер дома	Количество домов	Количество этажей	Количество секций	Количество квартир
1	2	3	4	5	6
1	1, 2, 3, 23, 24, 25	6	16	1	110
2	19, 20, 28, 29, 35, 36	6	14	1	102
3	37, 38, 39, 40, 41, 42	6	12	1	146
4	5, 6, 7, 44, 45, 46	6	16	1	96
5	58, 59, 64, 70	4	26	1	170
6	4, 8, 9, 10, 30, 71, 72,	7	9	2	116
7	26, 53, 91, 87	4	12	2	86

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
8	11, 12, 21, 22, 47, 77, 89, 86, 83,	9	14	2	92
9	50, 51	2	12	4	231

Таблица 1.2 – Экспликация общественных зданий

№ п/п	№ по генплану	Количество	Наименование	Характеристики объекта
1	2	3	4	5
1	55, 62, 63, 79	4	Школа	1250 мест
2	18, 43, 54, 88	4	Детский сад	450 мест
3	49	1	Больница	160 мест
4	32	1	Поликлиника	600 в смену
5	90	1	Театр	790 мест
6	14, 15, 16, 17,	4	Общежитие	860 мест
7	13, 48, 69	3	ВУЗОВ	11300 м2
8	65, 74, 85	3	Отель	540 мест
9	31, 60, 73	3	Ресторан	156 мест
10	56, 81	2	Барбер шоп	5 рабочих мест
11	66, 67	2	Аптека	85 м ²
12	57,76	2	Пром. товары	620 м ² торговой площади
13	27, 84, 92	3	Мега Маркет	360 м ² торговой площади
14	61, 52, 78	3	Прачечная	420 кг. в смену
15	80	1	Новая почта	130 м ² торговой площади
16	75	1	Кинотеатр	645 мест
17	33	1	Спорткомплекс	460 мест
18	68, 82	2	Закрытая парковка	640 мест

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4		5
19	34	1	ТЦ		13000 м ² общая площадь
				Кинотеатр	1250 мест
				Заведения питания	950 мест
				Парковка	350 мест
				Бутики	2000 м ²
20	93	1	Тех. Маркет		120 м ² торговой площади

1.2 Определением категории надежности электроснабжения потребителей

Одним из основных вопросов рационального сооружения распределительных сетей является необходимость определения необходимого уровня надежности электроснабжения городских потребителей. В зависимости от этих требований определяется объем резервных элементов в системе их питания [3], [4].

Соответственно к требованиям надежности электроснабжения все потребители разбиваются на три категории. Учитывая всю разнообразность электроприемников, их классификация в ПУЭ носит достаточно общий характер. Согласно до § 1.2.17 ПУЭ к потребителям и категории относят электроприемники, прерывание электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительных материальных убытков потребителям электрической энергии (повреждение дорогостоящего основного оборудования), расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования важных элементов коммунального хозяйства.

В составе электроприемников и категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых является необходимым для безаварийной остановки производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного

оборудования, потере важной информации. К потребителям II категории относят электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недовыпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного оборудования, нарушения нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Для потребителей III категории относят остальных электроприемников, которые не подпадают под определение I и II категорий [5]. Категории надежности электроснабжения определяют в зависимости от технологии основного производства потребителя электроэнергии согласно с требованиями ДБН.2.5–23:2010 «Проектирование электрооборудования объектов гражданского назначения». Избранные категории потребителей сводим в табл. 1.3 для жилых домов и табл. 1.4 для общественных сооружений.

Таблица 1.3 – Категории надежности электроснабжения жилых домов

№ п/п	Номер дома	Количество этажей	Количество секций	Количество квартир	Категория надежности
1	1, 2, 3, 23, 24, 25	16	1	110	I
2	19, 20, 28, 29, 35, 36	14	1	102	II
3	37, 38, 39, 40, 41, 42	12	1	146	II
4	5, 6, 7, 44, 45, 46	16	1	96	I
5	58, 59, 64, 70	26	1	170	I
6	4, 8, 9, 10, 30, 71, 72,	9	2	116	II
7	26, 53, 91, 87	12	2	86	II
8	11, 12, 21, 22, 47, 77, 89, 86, 83,	14	2	92	II
9	50, 51	12	4	231	II

Таблица 1.4 – Категории надежности электроснабжения общественных зданий

№ п/п	№ по генплану	Наименование		Характеристики одного объекта	Категория надежности
1	55, 62, 63, 79	Школа		1250 мест	I
2	18, 43, 54, 88	Детский сад		450 мест	II
3	49	Больница		160 мест	I
4	32	Поликлиника		600 в смену	II
5	90	Театр		790 мест	I
6	14, 15, 16, 17,	Общежитие		860 мест	II
7	13, 48, 69	ВУЗОВ		11300 м ²	II
8	65, 74, 85	Гостиница		540 мест	II
9	31, 60, 73	Ресторан		156 мест	II
10	56, 81	Барбер шоп		5 рабочих мест	III
11	66, 67	Аптека		85 м ²	III
12	57,76	Пром. Товары		620 м ² торговой площади	II
13	27, 84, 92	Мега Маркет		360 м ² торговой площади	II
14	61, 52, 78	Прачечная		420 кг. в смену	II
15	80	Новая почта		130 м ² торговой площади	II
16	75	Кинотеатр		645 мест	II
17	33	Спорткомплекс		460 мест	II
18	68, 82	Закрытая парковка		640 мест	I
				13000 м ² общая площадь	I
19	34	ТЦ	Кинотеатр	1250 мест	
			Заведения питания	950 мест	
			Парковка	350 мест	
			Бутики	2000 м ²	
20	93	Тех. Маркет		120 м ² торговой площади	II

1.3 Выбор видов нагрузки электроприборов

В данном микрорайоне находятся застройки которые делятся на три

вида уровня оснащенности бытовыми электроприборами согласно пунктам 3.2 – 3.5 [1]. Проекты жилых домов рассчитывались с энергоносителем для приготовления пищи как электроэнергией, так и природным газом. Данные по видам расчетных нагрузок приведены в табл. 1.5 Для общественных зданий, где готовят пищу принимаем что используются электроплиты [6].

Таблица 1.5 – Виды жилищ за расчетными нагрузками и оснащенности бытовыми приборами

№ п/п	Номер дома	Количество этажей	Количество секций	Количество квартир	Виды жилищ
1	1, 2, 3, 23, 24, 25	16	1	110	IV
2	19, 20, 28, 29, 35, 36	14	1	102	III
3	37, 38, 39, 40, 41, 42	12	1	146	I
4	5, 6, 7, 44, 45, 46	16	1	96	III
5	58, 59, 64, 70	26	1	170	2 вида II
6	4, 8, 9, 10, 30, 71, 72,	9	2	116	I
7	26, 53, 91, 87	12	2	86	I
8	11, 12, 21, 22, 47, 77, 89, 86, 83,	14	2	92	III
9	50, 51	12	4	231	III

Вывод к разделу 1

По заданному плану микрорайона города с взаимным размещением общественных и жилых зданий, экспликации жилых и общественных зданий были определены категории надежности потребителей и уровень электрификации в соответствии с ДБН [1]. Установлено, что подавляющее большинство потребителей являются потребителями i–II категории за надежностью электроснабжения

2 Расчет нагрузок

2.1 Основные сведения о нагрузке жилых домов

Расчетная нагрузка – это наибольшее значения получасового максимума нагрузки. Максимальное значение нагрузки изменяется в течение года. Применяя методы теории вероятности и математической статистики, нагрузка более полно можно охарактеризовать значением среднего максимума и среднеквадратичным отклонением отдельных максимумов от среднего значения [7].

Как было видно из предыдущего раздела, основную группу потребителей района составляют жилые дома. Уровень расчетной мощности зависит от числа квартир и их вида. А также от типа энергоносителя для приготовления пищи.

Рассмотрим определение расчетной нагрузки жилого дома: Расчетное активное и полное нагрузки жилых домов с учетом силового оборудования определяется по формуле:

$$P_{ж.б} = P_{к.в} + 0,9 \cdot P_{с.о.} \quad (1)$$

$$S_{ж.б} = \frac{P_{кв}}{\cos \varphi_{кв}} + 0,9 \left(\frac{P_{кв}}{\cos \varphi_{л}} + \frac{P_{р.сант}}{\cos \varphi_{сант}} \right) \quad (2)$$

где $P_{кв}$ – расчетная активная нагрузка квартир;

$P_{с.о.}$ – нагрузка силового оборудования ($P_{р.л.}$ – лифтовых установок, и $P_{р.сант.}$ – сантехнического оборудования);

$\cos \varphi_{кв}$ – коэффициент мощности квартиры;

$\cos \varphi_{л}$ – коэффициент мощности лифтов;

$\cos \varphi_{сант}$ – коэффициент, учитывающий мощности сантехнических устройств.

Коэффициент мощности $\cos \varphi_{кв}$ в период вечернего максимума нагрузок рекомендуется принимать для домов с электрическими плитами 0,98, а с газовыми плитами 0,96 [8].

Расчетную активную нагрузку квартир на вводах жилых домов и распределительных линий 0,38кВ, а также на шинах трансформаторной подстанции определяется по формуле:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.нум}} \cdot n_{\text{кв}}, \quad (3)$$

Где $P_{\text{пит}}$ – удельная нагрузка квартир, кВт на квартиру (выбирается в соответствии с табл. 3.1. ДБН [1]);

$n_{\text{кв}}$ – количество квартир в доме, получающих питание от данного ввода.

Нагрузка силовых электроприемников $P_{\text{с.о.}}$ включает нагрузка лифтовых установок $P_{\text{р.л}}$ и нагрузка электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других сантехнических устройств $P_{\text{р.сант}}$:

$$P_{\text{с.о}} = P_{\text{р.л}} + P_{\text{р.сант}}; \quad (4)$$

Расчетная нагрузка лифтовых установок $P_{\text{р.л}}$ определяется по формуле:

$$P_{\text{р.л}} = k_n \sum_{i=1}^{n_{\text{л}}} (P_{\text{р.л}} \sqrt{P_{\text{Б}}} + P_{\text{е.г}}), \quad (5)$$

где k_{non} — коэффициент спроса, в зависимости от количества этажей зданий и от общего количества лифтов $n_{\text{л}}$;

$P_{\text{д.}}$ – установленная мощность электродвигателя лифтовой установки, кВт (для пассажирских лифтов $P_{\text{дл}} = 4, 5...7$ кВт, для грузовых лифтов $P_{\text{дл}} = 7$ кВт);

$P_{\text{е.г}}$ – электрическая нагрузка от электромагнитного тормоза, аппаратов освещения и управления лифтовой установки ($P_{\text{е.г.}} = 1,5...2,5$ кВт);

$P_{\text{Б}}$ – продолжительность включения электродвигателя лифтовых установок $P_{\text{Б}} = 0,6$.

Расчетную нагрузку электродвигателей сантехнического оборудования при отсутствии сведений о электрооборудования жилого дома можно определить исходя из удельного показателя 0,05 кВт на одну квартиру:

$$P_{\text{р.сант}} = 0,05 \cdot n_{\text{кв}}.$$

2.2 Расчет нагрузки жилых домов

Дома №1, 2, 3, 23, 24, 25

В домах данного типа 110 квартир, 16 этажей и 1 секция:

$$n_{\text{кв}} = 110, n_{\text{секц}} = 1.$$

Для 16 этажей предполагается 2 пассажирский лифта на одну секцию.

Коэффициент спроса лифтовых установок для 16 этажей и 2 лифтов $k_{\text{лп}} = 0,9$.

Удельная электрическая нагрузка квартиры $P_{\text{нп}} = 1,968$ кВт.

Коэффициент мощности для квартир с электрическими плитами $\cos \varphi_{\text{кв}} = 0,98$.

Коэффициент мощности для лифтов $\cos \varphi_{\text{л}} = 0,65$.

Для сантехнического оборудования коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{сант}} = 0,8$.

Проведем расчет нагрузки жилого дома. Для этого сначала найдем электрическая нагрузка лифтовых установок [9]:

$$P_{\text{дл}} = 7 \text{ кВт}, P_{\text{е.г.}} = 2,5 \text{ кВт}, \text{ПВ} = 0,6.$$

$$P_{\text{р.л}} = 0,7 \cdot \sum_{i=1}^2 (7\sqrt{0,6} + 2,5) = 14,26 \text{ кВт}$$

Найдем расчетную нагрузку электродвигателей сантехнических устройств:

$$P_{\text{р.сант}} = 0,05 \cdot n_{\text{кв}} = 0,05 \cdot 110 = 5,5 \text{ кВт}$$

Найдем нагрузку силовых электропотребителей, которое включает нагрузку лифтовых установок $P_{\text{р.л}}$ и нагрузка электродвигателей насосов водоснабжения и других сантехнических устройств $P_{\text{р.сант}}$:

$$P_{\text{с.о.}} = P_{\text{р.л}} + P_{\text{р.сант}} = 14,26 + 5,5 = 19,76 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную активную нагрузку квартир дома:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{нп}} \cdot n_{\text{кв}} = 1,968 \cdot 110 = 216,48 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную активную нагрузку жилых домов с учетом силового оборудования:

$$P_{ж.б.1} = P_{кв} + 0,9P_{с.о} = 216,48 + 0,9 \cdot 19,76 = 234,26 \text{ кВт};$$

$$P_{ж.б.1} = P_{ж.б.2} = P_{ж.б.3} = P_{ж.б.23} = P_{ж.б.24} = P_{ж.б.25} = 234,26 \text{ кВт}.$$

Находим полное расчетное нагрузки жилых домов:

$$S_{ж.б.1} = \frac{P_{кв}}{\cos \varphi_{кв}} + 0,9 \left(\frac{P_{р,л}}{\cos \varphi} + \frac{P_{р.сант}}{\cos \varphi_{сант}} \right) = \frac{216,48}{0,93} + 0,9 \left(\frac{14,26}{0,65} + \frac{5,5}{0,8} \right) = 258,71 \text{ кВА};$$

$$S_{ж.б.1} = S_{ж.б.2} = S_{ж.б.3} = S_{ж.б.23} = S_{ж.б.24} = S_{ж.б.25} = 258,71 \text{ кВА};$$

Дома №59, 64, 70, 58

В доме данного типа 170 квартир, 26 этажей и 1 секции:

$$n_{кв} = 170, n_{секц} = 1.$$

Для 26 этажей предполагается 2 пассажирский лифта и 1 грузовой.

Следовательно, количество лифтов составляет $n_{л} = 3$.

Коэффициент спроса лифтовой установки для 26 этажей и 3 лифтов $k_{\{non\}} = 0,9$.

Удельная электрическая нагрузка квартиры $P_{\{num\}} = 2,27 \text{ кВт}$.

Коэффициент мощности для квартир с электрическими плитами $\cos \varphi_{кв} = 0,98$.

Коэффициент мощности для лифтов $\cos \varphi_{л} = 0,65$.

Для сантехнических устройств коэффициент мощности $\cos \varphi_{сант} = 0,8$.

Проведем расчет нагрузки жилого дома. Для этого сначала найдем электрическое нагрузка лифтовых установок [10]:

$$P_{p.l} = 0,9 \cdot \sum_{i=1}^3 (7\sqrt{0,6} + 2,5) = 21,39 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную нагрузку электродвигателей сантехнических устройств:

$$P_{p.сант} = 0,05 \cdot n_{кв} = 0,05 \cdot 170 = 8,5 \text{ кВт.}$$

Найдем нагрузку силовых электропотребителей, которое включает нагрузку лифтовых установок P и нагрузка электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других сантехнических устройств $P_{p.сант}$:

$$P_{c.o.} = P_{p.l} + P_{p.сант} = 21,39 + 8,5 = 29,89 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную активную нагрузку квартир:

$$P_{кв} = P_{нит} \cdot n_{кв} = 2,27 \cdot 170 = 385,9 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную активную нагрузку жилых домов с учетом силовых электропотребителей:

$$P_{ж.б.59} = P_{кв} + 0,9P_{c.o.} = 385,9 + 0,9 \cdot 29,89 = 412,8 \text{ кВт;}$$

Находим полное расчетная нагрузка жилых домов:

$$\begin{aligned} S_{ж.б.59} &= \frac{P_{кв}}{\cos \varphi_{кв}} + 0,9 \left(\frac{P_{p.l.}}{\cos \varphi_{,}} + \frac{P_{p.сант}}{\cos \varphi_{сам}} \right) = \frac{389,9}{0,93} + 0,9 \left(\frac{21,39}{0,65} + \frac{8,5}{0,8} \right) \\ &= 454,13 \text{ кВА;} \end{aligned}$$

Дома № 50, 51

В домах данного типа 231 квартир, 12 этажей и 4 секция:

$$n_{кв} = 231, n_{секц} = 4.$$

Для 12 этажей предполагается 2 пассажирских лифтов на одну секцию.

Следовательно, количество лифтов составляет $n_l = 8$.

Коэффициент спроса лифтовой установки для 12 этажей и 8 лифтов $k_{non} = 0.9$.

Удельная электрическая нагрузка квартиры $P_{\text{пит}} = 1,37$ кВт.

Коэффициент мощности для квартир с электроплитами $\cos \varphi_{\text{кв}} = 0,93$.

Коэффициент мощности для лифтов $\cos \varphi_{\text{л}} = 0,65$.

Для сантехнических устройств коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{сант}} = 0,8$.

Проведем расчет нагрузки жилого дома. Для этого сначала найдем электрическая нагрузка лифтовых установок:

$$P_{\text{р.л}} = 0,9 \cdot \sum_{i=1}^8 (6\sqrt{0,6} + 2) = 47,86 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную нагрузку электродвигателей сантехнических устройств:

$$P_{\text{р.сант}} = 0,05 \cdot n_{\text{кв}} = 0,05 \cdot 231 = 11,55 \text{ кВт.}$$

Найдем нагрузку силовых электропотребителей, включающий нагрузка лифтовых установок P и нагрузка электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других сантехнических устройств $P_{\text{р.сант}}$:

$$P_{\text{с.о.}} = P_{\text{р.л}} + P_{\text{р.сант}} = 47,86 + 11,55 = 59,41 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную активную нагрузку квартир:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{пит}} \cdot n_{\text{кв}} = 1,37 \cdot 231 = 316,47 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную активную нагрузку жилых домов с учетом силовых электропотребителей:

$$P_{\text{ж.б.9}} = P_{\text{кв}} + 0,9P_{\text{с.о.}} = 316,47 + 0,9 \cdot 59,41 = 369,94 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ж.б.9}} = P_{\text{ж.б.51}} = 369,94 \text{ кВт}$$

Находим полное расчетная нагрузка жилых домов [11]:

Аналогичным образом найдем нагрузку остальных жилых домов.

Данные расчетов сведем в табл. 2.1.

$$\begin{aligned} S_{\text{ж.б.50}} &= \frac{P_{\text{кв}}}{\cos \varphi_{\text{кв}}} + 0,9 \left(\frac{P_{\text{р.л.}}}{\cos \varphi_{\text{л}}} + \frac{P_{\text{р.сант}}}{\cos \varphi_{\text{сант}}} \right) = \frac{316,47}{0,93} + 0,9 \left(\frac{47,86}{0,65} + \frac{11,5}{0,8} \right) \\ &= 419,56 \text{ кВА;} \end{aligned}$$

$$S_{ж.б.50} = S_{ж.б.51} = 419,56 \text{ кВА.}$$

Таблица 2.1 – Расчетные данные нагрузок жилых домов

№ п/п	Номер дома	$P_{кв}$	$P_{с.о}$	$P_{сант}$	$P_{л}$	Расчетная нагрузка	
		кВт	кВт	кВт	кВт	P, кВт	S, кВА
1	1, 2, 3, 23, 24, 25	216,48	19,76	5,5	14,26	234,26	258,71
2	19, 20, 28, 29, 35, 36	175,44	17,07	5,1	11,97	190,8	210,95
3	37, 38, 39, 40, 41, 42	136,66	16,08	7,3	8,78	150,13	165,94
4	5, 6, 7, 44, 45, 46	138,24	19,06	4,8	14,26	155,39	166,21
5	58, 59, 64, 70	385,9	29,89	8,5	21,39	412,8	454,13
6	4, 8, 9, 10, 30, 71, 72,	113,68	23,73	5,8	17,93	135,04	149,77
7	26, 53, 91, 87	90,3	24,33	4,3	20,03	112,2	126,64
8	11, 12, 21, 22, 47, 77, 89, 86, 83,	165,6	27,47	4,6	22,87	190,94	214,91
9	50, 51	316,47	59,41	11,55	47,86	369,94	419,56

Суммарная нагрузка жилых домов микрорайона:

$$P_{\Sigma ж.б} = 6 \cdot P_{ж.б.1} + 6 \cdot P_{ж.б.2} + 6 \cdot P_{ж.б.3} + 6 \cdot P_{ж.б.4} + 4 \cdot P_{ж.б.5} + 7 \cdot P_{ж.б.6} + 4 \cdot P_{ж.б.7} + 9 \cdot P_{ж.б.8} + 2 \cdot P_{ж.б.9} = 6 \cdot 234,26 + 6 \cdot 190,8 + 6 \cdot 151,13 + 6 \cdot 155,39 + 4 \cdot 412,8 + 7 \cdot 135,04 + 4 \cdot 112,2 + 9 \cdot 190,33 + 2 \cdot 369,94 = 9721,13 \text{ МВт}$$

$$S_{\Sigma ж.б} = 6 \cdot S_{ж.б.1} + 6 \cdot S_{ж.б.2} + 6 \cdot S_{ж.б.3} + 6 \cdot S_{ж.б.4} + 4 \cdot S_{ж.б.5} + 7 \cdot S_{ж.б.6} + 4 \cdot S_{ж.б.7} + 9 \cdot S_{ж.б.8} + 2 \cdot S_{ж.б.9} = 6 \cdot 258,71 + 6 \cdot 210,95 + 6 \cdot 165,94 + 6 \cdot 166,21 + 4 \cdot 454,13 + 7 \cdot 149,77 + 4 \cdot 126,64 + 9 \cdot 214,91 + 2 \cdot 419,56 = 10955,56 \text{ МВА}$$

2.3 Основные сведения о расчет нагрузки общественных зданий

Для определения электрических нагрузок на вводах в общественные зданий воспользуемся усредненными удельными расчетными нагрузками

взяты из ДБН [1]. Тогда электрическая нагрузка на вводах общественных зданий определяется по формуле:

$$P_{гр.сп.} = P_{num} \cdot N, \quad (6)$$

где P_{num} – усредненное удельное расчетная нагрузка общественного здания; N – характеристика общественного сооружения (количество мест, торговая площадь, посещений в смену и т.д.).

Полная мощность общественных сооружений:

$$P_{гр.сп.} = \frac{P_{гр.сп.}}{\cos \varphi}. \quad (7)$$

Характеристики общественных зданий и значения усредненных удельных расчетных нагрузок и коэффициентов мощности приведены в табл. 2.2. Энергоноситель для приготовления пищи в детских садах, школах, больницах и т.д. принимается электрические плиты [12].

Таблица 2.2 – Данные для расчета нагрузок общественных зданий

№ п/п	№ по генплану	Наименование	Характеристики одного объекта	P_{num}	$\cos\varphi$
1	2	3	4	5	6
1	55, 62, 63, 79	Школа	1250 мест	0,25	0,95
2	18, 43, 54, 88	Детский сад	450 мест	0,45	0,98
3	49	Больница	160 мест	2,2	0,93
4	32	Поликлиника	600 в смену	0,15	0,92
5	90	Театр	790 мест	0,35	0,9
6	14, 15, 16, 17,	Общежитие	860 мест	0,2	0,93
7	13, 48, 69	ВУЗОВ	11300 м ²	0,04	0,9
8	65, 74, 85	Гостиница	540 мест	0,5	0,85
9	31, 60, 73	Ресторан	156 мест	1,03	0,98
10	56, 81	Барбершоп	5 рабочих мест	1,45	0,97
11	66, 67	Аптека	85 м ²	0,12	0,93
12	57,76	Пром. товары	620 м ² торговой	0,25	0,85

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3		4	5	6
13	27, 84, 92	Мега Маркет		360 м² торговой	0,2	0,85
14	61, 52, 78	Прачечная		420 кг. в смену	0,08	0,75
15	80	Новая почта		130 м² торговой	0,05	0,85
16	75	Кинотеатр		645 мест	0,15	0,92
17	33	Спорткомплекс		460 мест	0,15	0,92
18	68, 82	Закрытая парковка		640 мест	0,22	0,87
19	34	ТЦ		13000 м² общей		
			Кинотеатр	1250 мест	0,15	0,92
			Заведения питания	950 мест	0,85	0,98
			Парковка	350 мест	0,22	0,87
			Бутики	2000 м²	0,15	0,85
20	93	Тех. маркет		120 м² торговой	0,25	0,8

2.4 Расчет нагрузки общественных зданий

Здание №75 (Кинотеатр)

Удельные нагрузки общественного здания: $P_{num} = 0,25$ кВт/м²

Количественные показатели: $N = 645$ мест.

Коэффициенты мощности: $\cos\varphi = 0,92$.

Определим активную нагрузку общественного сооружения:

$$P_{гр.Дом.75} = P_{num} \cdot N = 0,15 \cdot 645 = 96,75 \text{ кВА.}$$

Определим полную мощность общественного сооружения:

$$S_{гр.Дом.75} = \frac{0,15 \cdot 96,75}{0,92} = 105,17 \text{ кВА.}$$

Здание №93 (Тех. маркет)

Удельная нагрузка общественного здания: $P_{num} = 0,35$ кВт/м²

Полезная площадь: $N = 500$ м².

Коэффициент мощности: $\cos\varphi = 0,85$.

Определим активную нагрузку общественного сооружения:

$$P_{\text{гр.Дом.48}} = P_{\text{нум}} \cdot N = 0,25 \cdot 420 = 105 \text{ кВА.}$$

Определим полную мощность общественного сооружения:

$$S_{\text{гр.Дом.93}} = \frac{P_{\text{гр.Дом.48}}}{\cos\varphi} = \frac{105}{0,8} = 105,17 \text{ кВА.}$$

№ п/п	№ по генплану	Наименование	Характеристики одного объекта	$P_{\text{гр.Дом. кВА}}$	$S_{\text{гр.Дом. кВА}}$
1	2	3	4	5	6
1	55, 62, 63, 79	Школа	1250 мест	312,5	328,95
2	18, 43, 54, 88	Детский сад	450 мест	202,5	206,63

Здание №31, 60, 73 (Ресторан)

Удельная нагрузка общественного здания: $P_{\text{нум}} = 1,03 \frac{\text{кВт}}{\text{место}}$

Количество мест: $N = 156$ мест.

Коэффициент мощности: $\cos\varphi = 0,98$.

Определим активную нагрузку общественного сооружения [13]:

$$P_{\text{гр.Дом.31}} = P_{\text{нум}} \cdot N = 1,03 \cdot 156 = 160,68 \text{ кВА.}$$

Определим полную мощность общественного сооружения:

$$S_{\text{гр.Дом.31}} = \frac{P_{\text{гр.Дом.}}}{\cos\varphi} = \frac{160,68}{0,98} = 163,96 \text{ кВА.}$$

$$S_{\text{гр.Дом.31}} = S_{\text{гр.Дом.60}} = S_{\text{гр.Дом.73}} = 163,96 \text{ кВА.}$$

Аналогичным образом проводятся расчеты нагрузки всех других сооружений. Данные по расчету общественных зданий сведем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Расчет нагрузки общественных зданий

1	2	3		4	5	6
3	49	Больница		160 мест	352	378,49
4	32	Поликлиника		600 в смену	90	97,83
5	90	Театр		790 мест	276,5	307,22
6	14, 15, 16, 17	Общежитие		860 мест	172	184,95
7	13, 48, 69	ВУЗОВ		11300 м ²	452	502,22
8	65, 74, 85	Гостиница		540 мест	270	317,65
9	31, 60, 73	Ресторан		156 мест	160,68	163,96
10	56, 81	Барбершоп		5 рабочих мест	7,25	7,46
11	66, 67	Аптека		85 м ²	64,8	69,68
12	57,76	Пром. Товары		620 м ² площади	155	182,35
13	27, 84, 92	Мега Маркет		360 м ² площади	72	84,71
14	61, 52, 78	Прачечная		420 кг. В смену	49,6	66,13
15	80	Новая почта		130 м ² площади	10,4	12,24
16	75	Кинотеатр		645 мест	96,75	105,16
17	33	Спорткомплекс		460 мест	69	75
18	68, 82	Закрытая парковка		640 мест	140,8	161,84
19	34	ТЦ		13000 м ² площади	1372	1469,2
			Кинотеатр	1250 мест	187,5	203,8
			Заведения питания	950 мест	807,5	823,98
			Парковка	350 мест	77	88,51
			Бутики	2000 м ²	300	352,94
20	93	1	эх. Маркет	120 м ² площади	105	131,25

Суммарная нагрузка общественных зданий:

$$\begin{aligned} P_{\Sigma \text{ гр.Дом.}} &= 4 \cdot P_{\text{гр.Дом.1}} + 4 \cdot P_{\text{гр.Дом.2}} + P_{\text{гр.Дом.3}} + P_{\text{гр.Дом.4}} + P_{\text{гр.Дом.5}} + 4 \cdot \\ &P_{\text{гр.Дом.6}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.7}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.8}} + 2 \cdot P_{\text{гр.Дом.9}} + 2 \cdot P_{\text{гр.Дом.10}} + \\ &2 \cdot P_{\text{гр.Дом.11}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.12}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.13}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.14}} + P_{\text{гр.Дом.15}} + \\ &P_{\text{гр.Дом.16}} + P_{\text{гр.Дом.17}} + 2 \cdot P_{\text{гр.Дом.18}} + P_{\text{гр.Дом.19}} + P_{\text{гр.Дом.20}} = 4 \cdot 312,5 + 4 \cdot \\ &202,5 + 352 + 90 + 276,5 + 4 \cdot 172 + 3 \cdot 452 + 3 \cdot 270 + 3 \cdot 160,68 + 2 \cdot \\ &7,25 + 2 \cdot 64,8 + 3 \cdot 155 + 3 \cdot 72 + 3 \cdot 49,6 + 10,04 + 96,75 + 69 + 2 \cdot \\ &140,8 + 1372 + 105 = 9023 \text{ кВт} \\ S_{\Sigma \text{ гр.Дом.}} &= 4 \cdot S_{\text{гр.Дом.1}} + 4 \cdot S_{\text{гр.Дом.2}} + S_{\text{гр.Дом.3}} + S_{\text{гр.Дом.4}} + S_{\text{гр.Дом.5}} + 4 \cdot \\ &S_{\text{гр.Дом.6}} + 3 \cdot S_{\text{гр.Дом.7}} + 3 \cdot S_{\text{гр.Дом.8}} + 2 \cdot S_{\text{гр.Дом.9}} + 2 \cdot S_{\text{гр.Дом.10}} + \\ &2 \cdot S_{\text{гр.Дом.11}} + 3 \cdot S_{\text{гр.Дом.12}} + 3 \cdot S_{\text{гр.Дом.13}} + 3 \cdot S_{\text{гр.Дом.14}} + S_{\text{гр.Дом.15}} + \\ &S_{\text{гр.Дом.16}} + S_{\text{гр.Дом.17}} + 2 \cdot S_{\text{гр.Дом.18}} + S_{\text{гр.Дом.19}} + S_{\text{гр.Дом.20}} = 4 \cdot 328,95 + 4 \cdot \\ &206,63 + 378,49 + 97,83 + 307,22 + 4 \cdot 184,95 + 3 \cdot 505,22 + 3 \cdot 317,65 + \\ &3 \cdot 163,96 + 2 \cdot 7,47 + 2 \cdot 69,68 + 3 \cdot 182,35 + 3 \cdot 84,71 + 3 \cdot 66,13 + 12,24 + \\ &105,16 + 75 + 2 \cdot 161,84 + 1469,23 + 131,25 = 9887,57 \text{ кВА} \end{aligned}$$

Вывод к разделу 2

Определены активные и полные мощности жилых и общественных сооружений.

Суммарная нагрузка микрорайона (с учетом нагрузки жилых домов и общественных сооружений) составляет 20843кВА

3 Выбор количества и типа трансформаторных подстанций

3.1 Обоснование выбора трансформаторов на подстанциях

Выбор трансформаторов заключается в определении их количества, типа и номинальной мощности. Как правило, в системах электроснабжения применяются одно и двух трансформаторные подстанции. В данном микрорайоне были установлены группы с двумя трансформаторов [14].

Две трансформаторные ТП применяются при наличии значительного количества электроприемников I и II категорий. При этом мощность трансформаторов выбирается такой, чтобы при выходе из строя одного, другой трансформатор с учетом допустимой перегрузки принял бы на себя нагрузку всех потребителей [15].

Принимаем к установке по условиям надежности электроснабжения микрорайона две трансформаторные ТП с трансформаторами типа ТМГ.

Паспортные данные трансформаторов записаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Паспортные данные трансформаторов 10/04кВ

Тип	Мощность, кВА	Uвн, кВ	Uнн, кВ	Uкз, кВ	Ркз, кВт	Рнх, кВт
ТМГ–1000–10/0,4	1000	10(6)	0,4	5,5	10,8	1,6
ТМГ–630–10/0,4	630	10(6)	0,4	5,5	7,6	1,16
ТМГ–400–10/0,4	400	10(6)	0,4	4,5	5,5	0,8

Тогда мощность таких ТП:

$$S_{ТП1000} = 2 \times 1000 = 2000 \text{ кВА};$$

$$S_{ТП630} = 2 \times 630 = 1260 \text{ кВА};$$

$$S_{ТП400} = 2 \times 400 = 800 \text{ кВА}.$$

Максимальная нагрузка на этих ТП:

$$S_{ТП1000_{нав}} = S_{ТП1000} \cdot 0,7 = 2000 \cdot 0,7 = 1400 \text{кВА};$$

$$S_{ТП630_{нав}} = S_{ТП630} \cdot 0,7 = 1260 \cdot 0,7 = 882 \text{кВА};$$

$$S_{ТП400_{нав}} = S_{ТП400} \cdot 0,7 = 800 \cdot 0,7 = 560 \text{кВА}.$$

Распределение потребителей по соответствующих трансформаторных подстанциях приведенный в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Распределение нагрузки по трансформаторным подстанциям

№ ТП	Количество и мощность трансформаторов	№ присоединенных сооружений	Расчетная нагрузка, кВА	Загруженность, %
1	2	3	4	5
ТП–1	2хТМГ–630–10/0,4	1, 2, 3, 52	842,43	66,8
ТП–2	2хТМГ–630–10/0,4	4, 13, 67 91	848,425	67,3
ТП–3	2хТМГ–400–10/0,4	5, 6, 7, 8	648,388	81
ТП–4	2хТМГ–1000–10/0,4	19, 20, 51, 53, 55	1297	64,8
ТП–5	2хТМГ–1000–10/0,4	23, 24, 25, 57, 74	1226	61,3
ТП–6	2хТМГ–400–10/0,4	59, 75, 92	643,994	80,5
ТП–7	2хТМГ–630–10/0,4	9, 10, 50, 54	925,764	73,5
ТП–8	2хТМГ–1000–10/0,4	11, 12, 14, 16, 56, 58	1261	63
ТП–9	2хТМГ–630–10/0,4	21, 22, 26, 60	720,551	57,2
ТП–10	2хТМГ–1000–10/0,4	18, 27, 28, 29, 64	1167	58,4
ТП–11	2хТМГ–630–10/0,4	32, 62, 66, 76, 84	763,509	60,6
ТП–12	2хТМГ–400–10/0,4	30, 31, 33, 93	519,982	65
ТП–13	2хТМГ–400–10/0,4	72, 87, 85	594,193	74,3
ТП–14	2хТМГ–1000–10/0,4	15, 48, 69, 71	1339	67
ТП–15	2хТМГ–630–10/0,4	17, 61, 63, 89	794,935	63,1
ТП–16	2хТМГ–630–10/0,4	40, 41, 42, 65, 68, 80	989,538	78,5
	2хТМГ–1000–10/0,4	70, 73, 77, 88, 90	1346,85	67,3

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5
ТП-18	2хТМГ-1000-10/0,4	34	1469,23	73,5
ТП-19	2хТМГ-1000-10/0,4	35, 36, 37 38, 39, 82,	1297	65
ТП-20	2хТМГ-630-10/0,4	47, 49, 78, 79	988,484	78,4
ТП-21	2хТМГ-630-10/0,4	43, 44, 45, 46, 81, 83	927,634	73,6

3.2 Выбор места размещения трансформаторных подстанций

Размещения масляных трансформаторов во встроенных и пристроенных ТП запрещается. Поэтому они сооружаются в виде отдельных сооружений, расположенных на внутренних территориях района, непосредственно возле центра нагрузок. В соответствии с ДБН [1] ТП должно располагаться на расстоянии не менее чем 10 м от домов, кроме центральных частей зон озеленения, площадок отдыха и спортивных площадок. Кроме того, должна быть предусмотрена возможность подъезда к трансформаторной подстанции грузовых автомобилей, а также ТП должно быть загружено на 70%. При размещении на территории данного района были установлены группы из двух силовых трансформаторов учтены все вышеперечисленные требования [16].

Вывод к разделу 3

Для обеспечения питания потребителей микрорайона было определено количество и мощность трансформаторных подстанций 10/0,4кВ. С учетом категорий потребителей микрорайона устанавливаем двух трансформаторные подстанции.

Мощность каждого из трансформаторов выбирался таким образом, что при отключении одного из них, другой трансформатор, который остался в работе, мог передать заданную мощность потребления без нарушения требований ПУЭ. Таким образом в соответствии с этими требованиями ТП загружены на 70% в нормальном режиме

4 Расчет сети напряжением 0,38 кв

4.1 Выбор схемы питания потребителей

Подключение ТП до потребителей выполняется с помощью кабельных линий, прокладываемых в траншеях. В данном случае для всех домов и общественных сооружений каждый ввод было выполнено парой кабелей марки ВВБ [17]. Количество вводов зависит от величины нагрузки потребителя. Данные о количестве и номера зданий, присоединенные к каждой трансформаторной подстанции приведены в таблице 3.2 предыдущего раздела.

4.2 Расчет и проверка сечений кабельных линий напряжением 0,38 кв

Линии 0,38 кв определяются с учетом выбранного расположения буями района и ТП. Они должны располагаться вдоль домов, по возможности, не пересекать зоны зеленых насаждений и пешеходных дорожек и дорог, а также не проходить по спортивных площадках.

В микрорайоне многоэтажной застройки сети низшего напряжения выполняются кабелями с медными жилами. Кабельные линии прокладываются в траншеях. Минимальное сечение для КЛ 0,38кВ, приведенных к домов используется 16 мм^2 , а максимальное – 240 мм^2 . Вводы линий низшего напряжения в дома сочетаются с входами на площадь на лестнице, вблизи которых в подвальном этаже дома устанавливаются распределительные щиты, от которых запитываются квартиры и общая нагрузка дома [18].

Сечения кабелей в электрических сетях до 1кВ выбирают по допустимой потере напряжения и используют для этого различные методы:

- расчет на постоянство сечения $F=\text{const}$ в отдельных участках сети
- расчет на минимум использования материала $G=\text{min}$;
- расчет на постоянную плотность тока $j=\text{const}$, которая обеспечивает

минимум потерь мощности.

В данном проекте мы выбираем сечение по допустимым токам и проверяем по условиям после аварийного режима [19]. Исходя из требований к качеству напряжения на зажимах основной массы электроприемников при проектных расчетах принимаем допустимую потерю напряжения от шин ТП до ввода в жилые и общественные сооружения 5% и при аварийном режиме 10%. При этом допускается, что обеспечивается встречное регулирование на шинах ТП. Для этого используются распределительные ТП с ПБВ со ступенями регулирования по 2,5%. Приведем данные по кабелям напряжением до 1 кВ в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Данные по кабелям ВВБ напряжением до 1 кВ

Марка кабеля	Активное сопротивление г.0 Ом/км	Допустимые токовые нагрузки, А	Толщина изоляции, мм	Сопротивление, МОм/км
ВВБ 4х16	1,16	94	1	5,8
ОВБ 4х25	0,74	132	1,2	5,6
ОВБ 4х35	0,53	146	1,2	4,9
ВВБ 4х50	0,37	173	1,4	4,8
ВВБ 4х70	0,265	214	1,4	4,1
ВВБ 4х95	0,195	259	1,6	4,1
ВВБ 4х120	0,154	294	1,6	3,7
ВВБ 4х150	0,124	332	1,8	3,7
ВВБ 4х185	0,1	379	2	3,7
ВВБ 4х240	0,077	438	2,2	3,6

Выполним расчет сечений для всех кабельных линий 0,38кВ нашего микрорайона.

Кабельная линия к дому №13

Дом связан с ТП–2 двумя кабельными линиями (один ввод).

Поток активной мощности: $P=452$ кВт;

Поток полной мощности: $S=505,202$ кВА;

Номинальное напряжение: $U=0,38$ кВ.

$$I_{п/ав} = \frac{S}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{505,202}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 381,52 \text{ А.}$$

Рабочий ток в нормальном режиме: Исходя из полученных результатов выбираем кабель сечением: $F=240 \text{ мм}^2$.

Для кабеля такого сечения допустимый длительный ток: $I_{доп}=438 \text{ А}$.

При прокладке двух кабелей в земле на расстоянии 30 см: $k=0,93$

Выполним проверку выбранного сечения по условию нагрева в нормальном режиме:

$$I_p = 381,52 < I_{доп} \cdot k = 438 \cdot 0,93 = 381,06 \text{ А.}$$

Следовательно условие выполняется. Найдем ток в после аварийном режиме, когда один из кабелей вышел из строя:

$$I_{п/ав} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{505,202}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 763,05 \text{ А}$$

Выполним проверку предварительно выбранного сечения кабеля в после аварийного режима [20]:

$$I_{п/ав} = 763,05 > I_{доп} \cdot k \cdot 1,13 = 438 \cdot 0,93 \cdot 1,13 = 529,54 \text{ А}$$

Как видим, условие данный кабель не удовлетворяет условию послеаварийного режима. Поскольку данный кабель имеет максимальное сечение, рассчитываем два ввода в дом, при этом принимаем, что каждый ввод несет половину нагрузка дома.

$$I_p = \frac{S}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{505,202}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 190,76 \text{ А}$$

Исходя из полученного результата выбираем кабель сечением: $F=185 \text{ мм}^2$.

Для кабеля такого сечения допустимый длительный ток: $I_{доп}=379 \text{ А}$.

При прокладке четырех кабелей в земле на расстоянии 30 см: $k=0,87$

Выполним проверку выбранного сечения по условию нагрева в

нормальном режиме:

$$I_p = 190,76 < I_{\text{доп}} \cdot k = 279 \cdot 0,87 = 329,73 \text{ А.}$$

Следовательно условие выполняется. Найдем ток в после аварийном режиме, когда один из кабелей вышел из строя:

$$I_{\text{п/ав}} = \frac{S}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{505,202}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 381,52 \text{ А}$$

Выполним проверку предварительно выбранного сечения кабеля в после аварийного режима:

$$I_{\text{п/ав}} = 190,76 < I_{\text{доп}} \cdot k \cdot 1,3 = 379 \cdot 0,87 \cdot 1,3 = 428,65 \text{ А.}$$

Для кабеля данного сечения погонный активное сопротивление: $r_0=0,1$ Ом/км.

Длина кабельной линии: $L=57$ м.

Определим потерю напряжения в нормальном режиме:

$$\Delta U_{\text{н}} = \frac{P \cdot r_0 \cdot L}{4 \cdot 10 \cdot U^2} = \frac{452 \cdot 0,1 \cdot 0,057}{4 \cdot 10 \cdot 0,38^2} = 0.45\%$$

Итак проверка на допустимые потери напряжения выполняется, то есть удовлетворяет требованиям снижение напряжения не более чем на 5%.

Определим потерю напряжения в после аварийном режиме:

$$\Delta U_{\text{н/ав}} = \frac{P \cdot r_0 \cdot L}{4 \cdot 10 \cdot U^2} = \frac{452 \cdot 0,1 \cdot 0,057}{4 \cdot 10 \cdot 0,38^2} = 0.9\%$$

Требование выполняется, то делаем вывод, что выбранные сечения КЛ удовлетворяют всем требованиям [22].

Кабельная линия к дому №65

Дом связан с ТП–16 двумя кабельными линиями (один ввод).

Поток активной мощности: $P=270$ кВт.

Поток полной мощности: $S=317,65$ кВА.

Номинальное напряжение: $U=0,38$ кВ.

Рабочий ток в нормальном режиме:

$$I_p = \frac{S}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{317,65}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 241,31 \text{ А.}$$

Исходя из полученных результатов выбираем кабель сечением: $F=240 \text{ мм}^2$.

Для кабеля такого сечения допустимый длительный ток: $I_{\text{доп}}=438 \text{ А}$.

При прокладке двух кабелей в земле на расстоянии 30 см: $k=0,93$

Выполним проверку выбранного сечения по условию нагрева в нормальном режиме [21]:

$$I_p = 241,21 < I_{\text{доп}} \cdot k = 438 \cdot 0,93 = 407,34 \text{ А}.$$

Следовательно, условие выполняется. Найдем ток в после аварийном режиме, когда один из кабелей вышел из строя:

$$I_{\text{п/ав}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{317,65}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 482,61 \text{ А}$$

Выполним проверку предварительно выбранного сечения кабеля в после аварийного режима:

$$I_{\text{п/ав}} = 482,61 > I_{\text{доп}} \cdot k \cdot 1,3 = 438 \cdot 0,93 \cdot 1,3 = 529,34 \text{ А}.$$

Следовательно, условие выполняется.

Для кабеля данного сечения погонный активное сопротивление:
 $r_0=0,077 \text{ Ом/км}$.

Длина кабельной линии: $L=110 \text{ м}$.

Определим потерю напряжения в нормальном режиме:

$$\Delta U_{\text{н}} = \frac{P \cdot r_0 \cdot L}{2 \cdot 10 \cdot U^2} = \frac{270 \cdot 0,077 \cdot 0,11}{2 \cdot 10 \cdot 0,38^2} = 0,69\%$$

Итак проверка на допустимые потери напряжения выполняется, то есть удовлетворяет требованиям спада напряжения не более чем на 5%.

Определим потерю напряжения в после аварийном режиме:

$$\Delta U_{\text{н/ав}} = \frac{P \cdot r_0 \cdot L}{10 \cdot U^2} = \frac{270 \cdot 0,077 \cdot 0,11}{10 \cdot 0,38^2} = 1,38\%$$

Требование выполняется. Исходя из этого, делаем вывод, что выбранные сечения кабельных линий удовлетворяют всем требованиям.

Аналогично проводят расчет всех питающих кабельных линий 0,38кВ микрорайона.

Результаты расчетов сведем в табл. 4.2, 4.3 и 4.4.

Таблица 4.2 – Результаты расчетов токов кабельных линий напряжением 0,38кВ

№ п/п	Название линии	И _н , А	И _{п.ав} , А	К	И _{доп} ·1,3·К , А
1	2	3	4	5	6
1	Дом. № 1 – ТП–1	196,535	393,1	0,93	401,39
2	Дом. № 2 – ТП–1	196,535	393,1	0,93	401,39
3	Дом. № 3 – ТП–1	196,535	393,1	0,93	401,39
4	Дом. № 4 – ТП–2	113,78	227,55	0,93	258,73
5	Дом. № 5 – ТП–3	126,26	252,52	0,93	258,73
6	Дом. № 6 – ТП–3	126,26	252,52	0,93	258,73
7	Дом. № 7 – ТП–3	126,26	252,52	0,93	258,73
8	Дом. № 8 – ТП–3	113,78	227,55	0,93	258,73
9	Дом. № 9 – ТП–7	113,78	227,55	0,93	258,73
10	Дом. № 10 – ТП–7	113,78	227,55	0,93	258,73
11	Дом. № 11 – ТП–8	163,26	326,52	0,93	355,45
12	Дом. № 12 – ТП–8	163,26	326,52	0,93	355,45
13	Дом. № 13 – ТП–2	190,76	381,52	0,87	428,65
14	Дом. № 14 – ТП–8	140,5	280	0,93	313,13
15	Дом. № 15 – ТП–14	140,5	280	0,93	313,13
16	Дом. № 16 – ТП–8	140,5	280	0,93	313,13
17	Дом. № 17 – ТП–15	140,5	280	0,93	313,13
18	Дом. № 18 – ТП–10	156,970	313,95	0,93	355,46
19	Дом. № 19 – ТП–4	160,25	320,51	0,93	355,45
20	Дом. № 20 – ТП–4	160,25	320,51	0,93	355,45
21	Дом. № 21 – ТП–9	163,26	326,52	0,93	355,45
22	Дом. № 22 – ТП–9	163,26	326,52	0,93	355,45
23	Дом. № 23 – ТП–5	196,535	393,1	0,93	401,39
24	Дом. № 24 – ТП–5	196,535	393,1	0,93	401,39
25	Дом. № 25 – ТП–5	196,535	393,1	0,93	401,39
26	Дом. № 26 – ТП–9	96,2	192,4	0,93	209,16
27	Дом. № 27 – ТП–10	64,35	128,69	0,93	159,59
28	Дом. № 28 – ТП–10	160,25	320,51	0,93	355,45
29	Дом. № 29 – ТП–10	160,25	320,51	0,93	355,45
30	Дом. № 30 – ТП–12	113,78	227,55	0,93	258,73
31	Дом. № 31 – ТП–12	124,55	249,1	0,93	258,726
32	Дом. № 32 – ТП–11	74,32	148,63	0,93	176,51

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6
33	Строй. № 33 – ТП–12	56,97	113,95	0,93	159,59
34	Дом. № 34 – ТП–18	223,23	446,45	0,85	484
35	Дом. № 35 – ТП–19	160,25	320,51	0,93	355,45
36	Дом. № 36 – ТП–19	160,25	320,51	0,93	355,45
37	Дом. № 37 – ТП–19	126,06	252,12	0,93	258,73
38	Дом. № 38 – ТП–19	126,06	252,12	0,93	258,73
39	Дом. № 39 – ТП–19	126,06	252,12	0,93	258,73
40	Дом. № 40 – ТП–16	126,06	252,12	0,93	258,73
41	Дом. № 41 – ТП–16	126,06	252,12	0,93	258,73
42	Дом. № 42 – ТП–16	126,06	252,12	0,93	258,73
43	Дом. № 43 – ТП–21	156,970	313,95	0,93	355,46
44	Дом. № 44 – ТП–21	126,26	252,52	0,93	258,73
46	Дом. № 46 – ТП–21	126,26	252,52	0,93	258,73
47	Дом. № 47 – ТП–20	163,26	326,52	0,93	355,45
48	Дом. № 48 – ТП–14	190,76	381,52	0,87	428,65
49	Дом. № 49 – ТП–20	143,77	287,53	0,87	292,93
50	Дом. № 50 – ТП–7	159,36	318,72	0,87	332,25
51	Дом. № 51 – ТП–4	159,36	318,72	0,87	332,25
52	Дом. № 52 – ТП–1	50,24	100,48	0,93	159,59
53	Дом. № 53 – ТП–4	96,2	192,4	0,93	209,16
54	Дом. № 54 – ТП–7	156,970	313,95	0,93	355,46
55	Дом. № 55 – ТП–4	249,89	499,78	0,93	529,54
56	Дом. № 56 – ТП–8	5,68	11,36	0,93	113,65
57	Дом. № 57 – ТП–5	138,53	277,1	0,93	313,13
58	Дом. № 58 – ТП–8	172,5	344,98	0,87	375,5
59	Дом. № 59 – ТП–6	172,5	344,98	0,87	375,5
60	Дом. № 60 – ТП–9	124,55	249,1	0,93	258,726
61	Дом. № 61 – ТП–15	50,24	100,48	0,93	159,59
62	Дом. № 62 – ТП–11	249,89	499,78	0,93	529,54
63	Дом. № 63 – ТП–15	249,89	499,78	0,93	529,54
64	Дом. № 64 – ТП–10	172,5	344,98	0,87	375,5
65	Дом. № 65 – ТП–16	241,31	482,61	0,93	529,54
66	Дом. № 66 – ТП–11	52,93	105,86	0,93	159,59
67	Дом. № 67 – ТП–2	52,93	105,86	0,93	159,59
68	Дом. № 68 – ТП–16	122,94	245,89	0,93	258,73
69	Дом. № 69 – ТП–14	190,76	381,52	0,87	428,65
70	Дом. № 70 – ТП–17	172,5	344,98	0,87	375,5
71	Дом. № 71 – ТП–14	113,78	227,55	0,93	258,73

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6
72	Дом. № 72 – ТП–13	113,78	227,55	0,93	258,73
73	Дом. № 73 – ТП–17	124,55	249,1	0,93	258,726
74	Дом. № 74 – ТП–5	241,31	482,61	0,93	529,54
75	Дом. № 75 – ТП–6	79,89	159,78	0,93	176,51
76	Дом. № 76 – ТП–11	138,53	277,1	0,93	313,13
77	Дом. № 77 – ТП–17	163,26	326,52	0,93	355,45
78	Дом. № 78 – ТП–20	50,24	100,48	0,93	159,59
79	Дом. № 79 – ТП–20	249,89	499,78	0,93	529,54
80	Дом. № 80 – ТП–16	9,23	18,59	0,93	113,65
81	Дом. № 81 – ТП–21	5,68	11,36	0,93	113,65
82	Дом. № 82 – ТП–19	122,94	245,89	0,93	258,73
83	Дом. № 83 – ТП–21	163,26	326,52	0,93	355,45
84	Дом. № 84 – ТП–11	64,35	128,69	0,93	159,59
85	Дом. № 85 – ТП–13	241,31	482,61	0,93	529,54
86	Дом. № 86 – ТП–19	163,26	326,52	0,93	355,45
87	Дом. № 87 – ТП–13	96,2	192,4	0,93	209,16
88	Дом. № 88 – ТП–17	156,970	313,95	0,93	355,46
89	Дом. № 89 – ТП–15	163,26	326,52	0,93	355,45
90	Дом. № 90 – ТП–17	233,34	466,78	0,93	529,54
91	Дом. № 91 – ТП–2	96,2	192,4	0,93	209,16
92	Дом. № 92 – ТП–6	64,35	128,69	0,93	159,59
93	Дом. № 93 – ТП–12	99,71	199,4	0,93	209,16

Таблица 4.3 – Результаты расчетов потерь напряжения в нормальных и послеаварийных режимах работы

№ п/п	Наименование линии	Длина, км	ΔU , %	$\Delta U_{п/ав}$, %
1	2	3	4	5
1	Дом. № 1 – ТП–1	0,114	1,15	2,3
2	Дом. № 2 – ТП–1	0,064	0,64	1,29
3	Дом. № 3 – ТП–1	0,034	0,34	0,68
4	Дом. № 4 – ТП–2	0,282	3,5	7
5	Дом. № 5 – ТП–3	0,12	1,7	3,4
6	Дом. № 6 – ТП–3	0,06	0,85	1,7

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5
7	Дом. № 7 – ТП–3	0,026	0,37	0,74
8	Дом. № 8 – ТП–3	0,168	2,1	4,2
9	Дом. № 9 – ТП–7	0,094	1,16	2,33
10	Дом. № 10 – ТП–7	0,068	0,84	1,68
11	Дом. № 11 – ТП–8	0,056	0,57	1,14
12	Дом. № 12 – ТП–8	0,062	0,63	1,26
13	Дом. № 13 – ТП–2	0,0572	0,45	0,9
14	Дом. № 14 – ТП–8	0,094	1,1	2,2
15	Дом. № 15 – ТП–14	0,154	1,9	3,5
16	Дом. № 16 – ТП–8	0,07	0,8	1,6
17	Дом. № 17 – ТП–15	0,096	1,1	2,2
18	Дом. № 18 – ТП–10	0,114	1,23	2,46
19	Дом. № 19 – ТП–4	0,076	0,77	1,54
20	Дом. № 20 – ТП–4	0,15	1,53	3,06
21	Дом. № 21 – ТП–9	0,08	0,8	1,6
22	Дом. № 22 – ТП–9	0,072	0,73	1,46
23	Дом. № 23 – ТП–5	0,032	0,32	0,64
24	Дом. № 24 – ТП–5	0,096	0,96	1,92
25	Дом. № 25 – ТП–5	0,132	1,33	2,66
26	Дом. № 26 – ТП–9	0,03	0,43	0,86
27	Дом. № 27 – ТП–10	0,024	0,44	0,88
28	Дом. № 28 – ТП–10	0,056	0,6	1,2
29	Дом. № 29 – ТП–10	0,086	0,87	1,75
30	Дом. № 30 – ТП–12	0,192	2,38	4,7
31	Дом. № 31 – ТП–12	0,044	0,65	1,3
32	Дом. № 32 – ТП–11	0,148	2,4	4,8
33	Строй. № 33 – ТП–12	0,156	2,75	5,5
34	Дом. № 34 – ТП–18	0,02	0,15	0,3
35	Дом. № 35 – ТП–19	0,044	0,45	0,9
36	Строй. № 36 – ТП–19	0,072	0,7	1,4
37	Дом. № 37 – ТП–19	0,164	2,3	4,5
38	Дом. № 38 – ТП–19	0,124	1,72	3,44
39	Дом. № 39 – ТП–19	0,112	1,55	3,1
40	Дом. № 40 – ТП–16	0,058	0,8	1,6
41	Дом. № 41 – ТП–16	0,126	1,75	3,5
42	Дом. № 42 – ТП–16	0,204	2,8	5,6
43	Дом. № 43 – ТП–21	0,122	1,32	2,6
44	Дом. № 44 – ТП–21	0,048	0,68	1,36

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5
45	Дом. № 45 – ТП–21	0,054	0,77	1,54
46	Дом. № 46 – ТП–21	0,092	1,3	2,6
47	Дом. № 47 – ТП–20	0,162	1,6	3,2
48	Дом. № 48 – ТП–14	0,048	0,37	0,74
49	Дом. № 49 – ТП–20	0,026	0,31	0,62
50	Дом. № 50 – ТП–7	0,048	0,4	0,8
51	Дом. № 51 – ТП–4	0,072	0,57	1,14
52	Дом. № 52 – ТП–1	0,074	0,94	1,88
53	Дом. № 53 – ТП–4	0,028	0,4	0,8
54	Дом. № 54 – ТП–7	0,038	0,41	0,82
55	Дом. № 55 – ТП–4	0,017	0,14	0,28
56	Дом. № 56 – ТП–8	0,086	0,25	0,5
57	Дом. № 57 – ТП–5	0,046	0,48	0,96
58	Дом. № 58 – ТП–8	0,042	0,37	0,74
59	Дом. № 59 – ТП–6	0,024	0,2	0,4
60	Дом. № 60 – ТП–9	0,06	0,88	1,76
61	Дом. № 61 – ТП–15	0,03	0,38	0,76
62	Дом. № 62 – ТП–11	0,066	0,55	1,1
63	Дом. № 63 – ТП–15	0,088	0,73	1,46
64	Дом. № 64 – ТП–10	0,042	0,37	0,74
65	Дом. № 65 – ТП–16	0,11	0,69	1,38
66	Дом. № 66 – ТП–11	0,046	0,76	1,52
67	Дом. № 67 – ТП–2	0,1362	2,42	4,84
68	Дом. № 68 – ТП–16	0,03	0,39	0,78
69	Дом. № 69 – ТП–14	0,056	0,44	0,88
70	Дом. № 70 – ТП–17	0,114	1,01	2,02
71	Дом. № 71 – ТП–14	0,026	0,32	0,64
72	Дом. № 72 – ТП–13	0,038	0,47	0,94
73	Дом. № 73 – ТП–17	0,024	0,35	0,7
74	Дом. № 74 – ТП–5	0,06	0,43	0,86
75	Дом. № 75 – ТП–6	0,044	0,78	1,56
76	Дом. № 76 – ТП–11	0,088	1,2	2,4
77	Дом. № 77 – ТП–17	0,222	2,25	4,5
78	Дом. № 78 – ТП–20	0,03	0,38	0,76
79	Дом. № 79 – ТП–20	0,0232	0,14	0,28
80	Дом. № 80 – ТП–16	0,092	0,38	0,76
81	Дом. № 81 – ТП–21	0,062	0,27	0,54
82	Дом. № 82 – ТП–19	0,116	1,15	3
83	Дом. № 83 – ТП–21	0,052	0,53	1,06

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5
84	Дом. № 84 – ТП–11	0,046	0,85	1,7
85	Дом. № 85 – ТП–13	0,146	1,05	2,1
86	Дом. № 86 – ТП–19	0,118	1,2	2,4
87	Дом. № 87 – ТП–13	0,154	2,2	4,4
88	Дом. № 88 – ТП–17	0,094	1	2
89	Дом. № 89 – ТП–15	0,052	0,53	1,06
90	Дом. № 90 – ТП–17	0,1438	0,53	1,06
91	Дом. № 91 – ТП–2	0,17	2,4	4,8
92	Дом. № 92 – ТП–6	0,058	1,07	2,14
93	Дом. № 93 – ТП–12	0,126	1,7	3,4

Таблица 4.4 – Выбор сечения и количества вводов кабельных линий напряжением 0,38кВ

№ п/п	Наименование линии	Длина, км	Вводы	Марка кабеля
1	2	3	4	5
1	Дом. № 1 – ТП–1	0,114	2	ВВБ 4х150
2	Дом. № 2 – ТП–1	0,064	2	ВВБ 4х150
3	Дом. № 3 – ТП–1	0,034	2	ВВБ 4х150
4	Дом. № 4 – ТП–2	0,282	2	ВВБ 4х70
5	Дом. № 5 – ТП–3	0,12	2	ВВБ 4х70
6	Дом. № 6 – ТП–3	0,06	2	ВВБ 4х70
7	Дом. № 7 – ТП–3	0,026	2	ВВБ 4х70
8	Дом. № 8 – ТП–3	0,168	2	ВВБ 4х70
9	Дом. № 9 – ТП–7	0,094	2	ВВБ 4х70
10	Дом. № 10 – ТП–7	0,068	2	ВВБ 4х70
11	Дом. № 11 – ТП–8	0,056	2	ВВБ 4х120
12	Дом. № 12 – ТП–8	0,062	2	ВВБ 4х120
13	Дом. № 13 – ТП–2	0,0572	4	ВВБ 4х185
14	Дом. № 14 – ТП–8	0,094	2	ВВБ 4х95
15	Дом. № 15 – ТП–14	0,154	2	ВВБ 4х95
16	Дом. № 16 – ТП–8	0,07	2	ВВБ 4х95
17	Дом. № 17 – ТП–15	0,096	2	ВВБ 4х95
18	Дом. № 18 – ТП–10	0,114	2	ВВБ 4х120
19	Дом. № 19 – ТП–4	0,076	2	ВВБ 4х120
20	Дом. № 20 – ТП–4	0,15	2	ВВБ 4х120

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
21	Дом. № 21 – ТП-9	0,08	2	ВВБ 4х120
22	Дом. № 22 – ТП-9	0,072	2	ВВБ 4х120
23	Дом. № 23 – ТП-5	0,032	2	ВВБ 4х150
24	Дом. № 24 – ТП-5	0,096	2	ВВБ 4х150
25	Дом. № 25 – ТП-5	0,132	2	ВВБ 4х150
26	Дом. № 26 – ТП-9	0,03	2	ВВБ 4х50
27	Дом. № 27 – ТП-10	0,024	2	ОВБ 4х25
28	Дом. № 28 – ТП-10	0,056	2	ВВБ 4х120
29	Дом. № 29 – ТП-10	0,086	2	ВВБ 4х120
30	Дом. № 30 – ТП-12	0,192	2	ВВБ 4х70
31	Дом. № 31 – ТП-12	0,044	2	ВВБ 4х70
32	Дом. № 32 – ТП-11	0,148	2	ОВБ 4х35
33	Строй. № 33 – ТП-12	0,156	2	ОВБ 4х25
34	Дом. № 34 – ТП-18	0,02	5	ВВБ 4х240
35	Дом. № 35 – ТП-19	0,044	2	ВВБ 4х120
36	Дом. № 36 – ТП-19	0,072	2	ВВБ 4х120
37	Дом. № 37 – ТП-19	0,164	2	ВВБ 4х70
38	Дом. № 38 – ТП-19	0,124	2	ВВБ 4х70
39	Дом. № 39 – ТП-19	0,112	2	ВВБ 4х70
40	Дом. № 40 – ТП-16	0,058	2	ВВБ 4х70
41	Дом. № 41 – ТП-16	0,126	2	ВВБ 4х70
42	Дом. № 42 – ТП-16	0,204	2	ВВБ 4х70
43	Дом. № 43 – ТП-21	0,122	2	ВВБ 4х120
44	Дом. № 44 – ТП-21	0,048	2	ВВБ 4х70
45	Дом. № 45 – ТП-21	0,054	2	ВВБ 4х70
46	Дом. № 46 – ТП-21	0,092	2	ВВБ 4х70
47	Дом. № 47 – ТП-20	0,162	2	ВВБ 4х120
48	Дом. № 48 – ТП-14	0,048	4	ВВБ 4х185
49	Дом. № 49 – ТП-20	0,026	4	ВВБ 4х95
50	Дом. № 50 – ТП-7	0,048	4	ВВБ 4х150
51	Дом. № 51 – ТП-4	0,072	4	ВВБ 4х150
52	Дом. № 52 – ТП-1	0,074	2	ОВБ 4х25
53	Дом. № 53 – ТП-4	0,028	2	ВВБ 4х50
54	Дом. № 54 – ТП-7	0,038	2	ВВБ 4х120
55	Дом. № 55 – ТП-4	0,017	2	ВВБ 4х240
56	Дом. № 56 – ТП-8	0,086	2	ВВБ 4х16
57	Дом. № 57 – ТП-5	0,046	2	ВВБ 4х95

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
58	Дом. № 58 – ТП–8	0,042	4	ВВБ 4х150
59	Дом. № 59 – ТП–6	0,024	4	ВВБ 4х150
60	Дом. № 60 – ТП–9	0,06	2	ВВБ 4х70
61	Дом. № 61 – ТП–15	0,03	2	ОВБ 4х25
62	Дом. № 62 – ТП–11	0,066	2	ВВБ 4х240
63	Дом. № 63 – ТП–15	0,088	2	ВВБ 4х240
64	Дом. № 64 – ТП–10	0,042	4	ВВБ 4х150
65	Дом. № 65 – ТП–16	0,11	2	ВВБ 4х240
66	Дом. № 66 – ТП–11	0,046	2	ОВБ 4х25
67	Дом. № 67 – ТП–2	0,1362	2	ОВБ 4х25
68	Дом. № 68 – ТП–16	0,03	2	ВВБ 4х70
69	Дом. № 69 – ТП–14	0,056	4	ВВБ 4х185
70	Дом. № 70 – ТП–17	0,114	4	ВВБ 4х150
71	Дом. № 71 – ТП–14	0,026	2	ВВБ 4х70
72	Дом. № 72 – ТП–13	0,038	2	ВВБ 4х70
73	Дом. № 73 – ТП–17	0,024	2	ВВБ 4х70
74	Дом. № 74 – ТП–5	0,06	2	ВВБ 4х240
75	Дом. № 75 – ТП–6	0,044	2	ОВБ 4х35
76	Дом. № 76 – ТП–11	0,088	2	ВВБ 4х95
77	Дом. № 77 – ТП–17	0,222	2	ВВБ 4х120
78	Дом. № 78 – ТП–20	0,03	2	ОВБ 4х25
79	Дом. № 79 – ТП–20	0,0232	2	ВВБ 4х240
80	Дом. № 80 – ТП–16	0,092	2	ВВБ 4х16
81	Дом. № 81 – ТП–21	0,062	2	ВВБ 4х16
82	Дом. № 82 – ТП–19	0,116	2	ВВБ 4х70
83	Дом. № 83 – ТП–21	0,052	2	ВВБ 4х120
84	Дом. № 84 – ТП–11	0,046	2	ОВБ 4х25
85	Дом. № 85 – ТП–13	0,146	2	ВВБ 4х240
86	Дом. № 86 – ТП–19	0,118	2	ВВБ 4х120
87	Дом. № 87 – ТП–13	0,154	2	ВВБ 4х50
88	Дом. № 88 – ТП–17	0,094	2	ВВБ 4х120
89	Дом. № 89 – ТП–15	0,052	2	ВВБ 4х120
90	Дом. № 90 – ТП–17	0,1438	4	ВВБ 4х240
91	Дом. № 91 – ТП–2	0,17	2	ВВБ 4х50
92	Дом. № 92 – ТП–6	0,058	2	ОВБ 4х25
93	Дом. № 93 – ТП–12	0,126	2	ВВБ 4х50

Вывод к разделу 4

Несмотря на высокую токовую нагрузку КЛ 0,38кВ и значительную сложность монтажа силовых кабелей 0,38кВ с алюминиевыми жилами большого сечения, для обеспечения электрических связей между ТП и ГРП, выбраны кабели с медными жилами, которые дают возможность жил меньшего сечения. Проверка выбранных сечений кабельных линий под допустимым током нагрева и потери напряжения в нормальном и послеаварийном режимах показывает, что все выбранные кабели соответствуют заданным требованиям.

5 Расчет распределительных сетей 10 кВ

5.1 Определение расчетных нагрузок ТП

Определим нагрузку избранных ТП с учетом коэффициентов, учитывающие несовпадение максимумов нагрузки потребителей. Для каждого ТП расчет проводится относительно того потребителя, который имеет больше всего нагрузки.

$$S_{ТП1} = 3 \cdot S_{ж.б.1} + 0,9 \cdot S_{14} = 3 \cdot 258,7 + 0,9 \cdot 66,13 = 835,64 \text{ кВА};$$

$$S_{ТП2} = S_{13} + 0,4 \cdot S_{ж.б.6} + 0,4 \cdot S_{11} + 0,4 \cdot S_7 = 84,71 + 0,4 \cdot 149,77 + 0,4 \cdot 69,68 + 0,4 \cdot 505,22 = 373,37 \text{ кВА};$$

$$S_{ТП3} = 3 \cdot S_{ж.б.4} + 0,9 \cdot S_{ж.б.6} = 3 \cdot 166,21 + 0,9 \cdot 149,77 = 633,41 \text{ кВА};$$

$$S_{ТП4} = S_{ж.б.9} + 2 \cdot S_{ж.б.2} + 0,9 \cdot S_{ж.б.7} + 0,6 \cdot S_1 = 419,56 + 2 \cdot 210,95 + 0,9 \cdot 126,64 + 0,6 \cdot 328,95 = 633,41 \text{ кВА};$$

$$S_{ТП5} = S_8 + 0,6 \cdot S_{12} + 0,8 \cdot S_{ж.б.1} = 258,71 + 0,6 \cdot 182,35 + 0,8 \cdot 317,65 = 634,02 \text{ кВА};$$

Аналогичным образом найдем нагрузку остальных ТП данные расчетов сведем в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты расчетов нагрузок ТП

№п/п	Номер ТП	Нагрузки, кВА
1	2	3
1	СТП1	835,64
2	СТП2	373,37
3	СТП3	633,41
4	СТП4	1152,8
5	СТП5	634,02
6	СТП6	599,6

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3
7	СТП7	813,13
8	СТП8	1221,33
9	СТП9	658,56
10	СТП10	1050,83
11	СТП11	617,9
12	СТП12	463,75
13	СТП13	538,78
14	СТП14	1138,33
15	СТП15	563,29
16	СТП16	820,34
17	СТП17	1092,12
18	СТП18	1469,23
19	СТП19	1198,13
20	СТП20	795,4
21	СТП21	843,48

5.2 Выбор числа РП

В связи с удаленностью источников питания от центров нагрузок городских потребителей, достаточно высокой стоимостью ячеек РП 10кВ подстанций, а также исходя из условий удобства эксплуатации в большинстве случаев предусматривается сооружение РП с относительно простыми и дешевыми РП 10кВ. РП позволяет применять в распределительных сетях 10кВ кабели среднего и малого сечения. Необходимо выбрать наиболее выгодное количество РП. Для этого используем данные проектной практики по мощности РП в зависимости от плотности нагрузки.

Площадь района, рассматривается: $W = 1,2 \text{ км}^2$

Суммарная активная нагрузка района: $S=20334,17 \text{ кВА}$.

Поверхностная плотность нагрузки:

$$\rho = \frac{20,33}{1,2} = 16,95 \text{ МВм / КМ}^2$$

Поскольку поверхностная плотность превышает 15 МВт/км², то выбираем для сооружения два РП мощностью 11 МВт каждый.

5.3 Выбор схемы распределительной сети 10кВ

Схемы распределительных сетей среднего напряжения 10кВ, которые сооружаются на территории микрорайона, должны обеспечивать уровень надежности электроснабжения потребителей, требуемое качество электроэнергии, иметь возможность систематического усовершенствования по мере увеличения нагрузки без коренного преобладают, быть удобными в эксплуатации и безопасными в обслуживании. В зависимости от размеров микрорайона города, размещение подстанций глубокого ввода, распределительная сеть среднего напряжения может присоединяться непосредственно к РП 10кВ источников питания или может содержать дополнительное звено в виде питающего сети 10кВ и РП. Согласно ПУЭ необходимо технико–экономическое обоснование сооружения РП. Однако как показывает опыт развития городских сетей, в связи с удаленностью источников питания, а также за условиями удобства эксплуатации в большинстве случаев сооружение РП необходимое [23].

Основной принцип построения распределительной сети – это сочетание петлевых линий 10кВ, что резервируются. В нормальном режиме работы петлевые схемы разомкнуты у точек распределения. Петлевые линии 10кВ своими концами опираются на разные секции шин РУ, вследствие чего создается возможность двухстороннего питания каждой ТП. К каждой петлевой линии 10кВ подключается около 5–12 ТП. Благодаря простоте и наглядности, выгодным технико–экономическим показателям такие схемы рекомендуются в качестве основных при построении распределительных [24].

Для нашего района выбираем следующую схему распределительной сети: РП1(ТП12)–ТП6–ТП5–ТП4–ТП1–ТП2–ТП7–ТП8–ТП9–ТП11–ТП10–(ТП12) с перемычкой ТП2–ТП7;

РП2(ТП13)–ТП19–ТП18–ТП17–ТП15–ТП16–ТП14–ТП13–ТП20–ТП21–
(ТП13) с перемычкой ТП16–ТП14

Ориентировочная схема распределительной сети 10кВ приведена на рисунке 5.1.

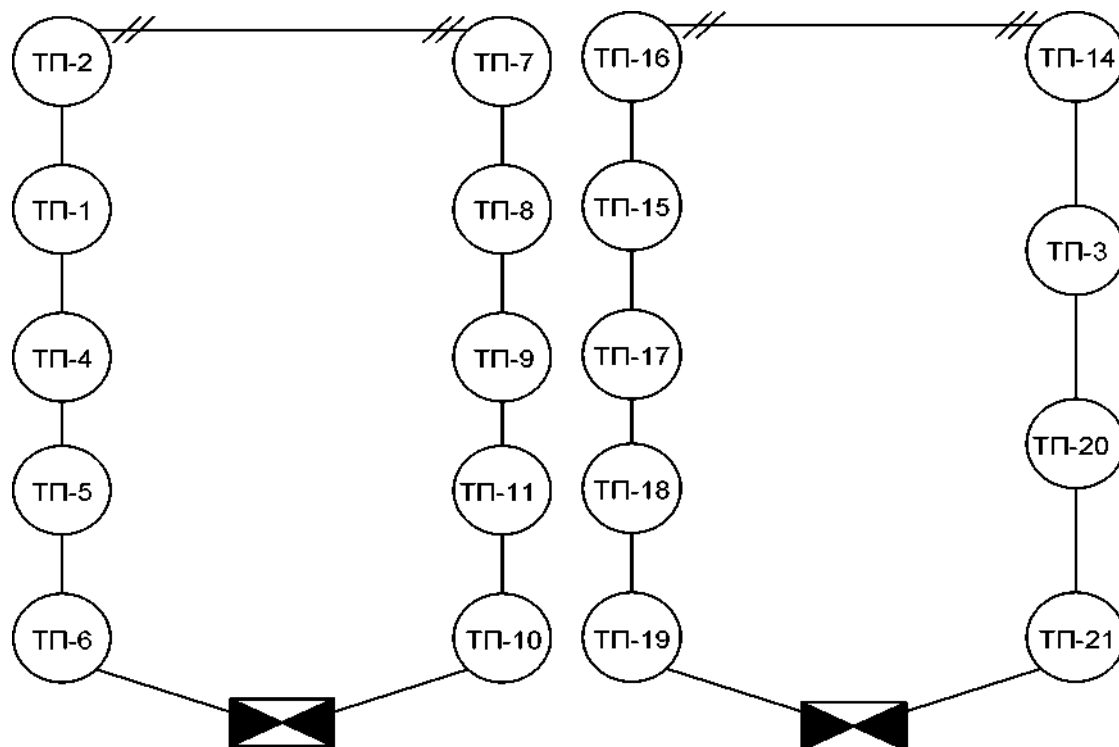


Рисунок 5.1 – Распределительная сеть 10 кВ микрорайона

5.4 Расчет и проверка сечений распределительной сети 10кВ

Сечения кабелей распределительной сети 10кВ выбирают по экономическим показателям, обеспечивающих минимум приведенных затрат, метод экономических интервалов, с последующей проверкой после аварийном режимах по допустимым струмам короткого замыкания [25].

Для сооружения кабельных линий 10кВ рекомендуется использование кабелей марки ПвБВ изготовлен на заводе «Южкабель». Кабели данной марки прокладываются в земле (траншеях) и в местах, где возможны механические воздействия на кабель, кроме растягивающих усилий.

Приведем паспортные данные по кабелям ПвБВ напряжением 10кВ в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Данные по кабелям ПвБВ напряжением 10кВ

Марка кабеля	Допустимая токовая нагрузка, А	Толщина изоляции жил, мм	Толщина оболочки мм	Масса на 1 км, кг	Активное сопротивление Γ_0 Ом/км
ПвБВ–10 3х95	263	3,4	3,5	6130	0,32
ПвБВ–10	298	3,4	3,5	7640	0,253
ПвБВ–10	332	3,4	3,5	8730	0,206
ПвБВ–10	374	3,4	3,5	10220	0,164
ПвБВ–10	431	3,4	3,5	12330	0,125

Длины участков, которые питают трансформаторные подстанции от РП 10 кВ представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Длины участков между ТП

Участок	Расстояние между ТП, км
1	2
РП1–ТП6	0,56
ТП6–ТП5	0,18
ТП5–ТП4	0,189
ТП4–ТП1	0,448
ТП1–ТП2	0,483
ТП2–ТП7	0,563
ТП7–ТП8	0,266
ТП8–ТП9	0,489

Продолжение таблицы 5.3

1	2
ТП9–ТП11	0,319
ТП11–ТП110	0,336
ТП10–ТП12	0,271
РП2–ТП19	0,343
ТП19–ТП18	0,239
ТП18–ТП17	0,124
ТП17–ТП15	0,247
ТП15–ТП16	0,293
ТП16–ТП14	0,222
ТП14–ТП3	0,427
ТП3–ТП20	0,590
ТП20–ТП21	0,344
ТП21–ТП13	0,767

Проведем расчет распределительной сети 10кВ.

Линейно–квадратичная мощность луча РП1–ТП2:

$$S_{\text{лкРП1-ТП2}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n S_i^2 \times 1_i}{1_\Sigma}} =$$

$$\sqrt{\frac{373,37^2 \times 483 + 1209^2 \times 448 + 2361,8^2 \times 189,5 + 2995,8^2 \times 180 + 3595,2^2 \times 556}{1676,5}} = 2512,39 \text{ КВА.}$$

Рабочий ток в нормальном режиме для луча РП1–ТП2:

$$I_{\text{пРП1-ТП2}} = \frac{S_{\text{лкРП1-ТП2}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{2512,3}{\sqrt{3} \cdot 10} = 145,05 \text{ А}$$

Сечения выбираем по интервалам токовых приведены в табл. 5.4 и проверяем с допустимыми токами таблице 5.5

Таблица 5.4 – Токовые интервалы для кабелей ПвБВ до 10кВ

$F_{\text{ек}}, \text{мм}^2$	35	50	70	95	120	150	185	240
$I_{\text{гран}}, A$	0–34	34–51	51–79	79–128	128–165	165–213	213–258	258–310

Таблица 5.5 – Допустимые значения токов для кабелей ПвБВ до 10кВ

$F_{\text{ек}}, \text{мм}^2$	95	120	150	185	240
$I_{\text{доп}}, A$	263	298	332	374	431

За токовыми интервалам выбираем сечение: $F=185 \text{ мм}^2$.

Проверим выбранное сечение по условиям нагрева:

$$I_p = 145,05 < I_{\text{доп}} = 374A.$$

Следовательно условие выполняется.

В послеаварийном режиме рассмотрим случай аварии на главном участке. Тогда по второй главной участке будет протекать сумма мощностей всех присоединенных ТП:

$$I_{\text{п/ав}} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \times U_{\text{н}}} = \frac{373,4+835,64+1152,8+634+599,6+813,1+1221,3+658,6+617,9+1050,8}{\sqrt{3} \times 10} = 459,41 A$$

Проверим выбранные сечения по условиям нагрева:

$$I_{\text{п/ав}} = 459,4 < I_{\text{доп}} \times 1,3 = 374 \times 1,3 = 486,2A.$$

Следовательно, условие выполняется.

Линейно–квадратичная мощность луча РП2–ТП14:

$$S_{\text{лкРП1-ТП2}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n S_i^2 \times 1_i}{1_\Sigma}} =$$

$$\sqrt{\frac{1138^2 \times 427 + 1773,4^2 \times 29,55 + 2568,8^2 \times 344 + 3412,3^2 \times 766,8}{1567,35}} = 2747,65 \text{ кВА.}$$

Рабочий ток в нормальном режиме для луча РП2–ТП14:

$$I_{\text{рРП1-ТП2}} = \frac{S_{\text{лкРП1-ТП2}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{н}}} = \frac{2747,65}{\sqrt{3} \times 10} = 158,64 \text{ А}$$

За токовыми интервалам выбираем сечение: F=240 мм² Проверим выбранное сечение по условиям нагрева [26]:

$$I_p = 158,64 < I_{\text{доп}} = 431 \text{ А.}$$

Следовательно условие выполняется.

В послеаварийном режиме рассматриваем случай аварии в сети с двусторонним питанием у РП. Тогда по второй главной участке будет протекать сумма мощностей всех присоединенных ТП:

$$I_{\text{п/ав}} = \frac{S_\Sigma}{\sqrt{3} \times U_{\text{н}}} =$$

$$\frac{563,3 + 820,34 + 1092,12 + 1469,23 + 1198,13 + 1138,3 + 633,4 + 795,4 + 843,48}{\sqrt{3} \times 10} = 493,85 \text{ А.}$$

Проверим выбранные сечения по условиям нагрева:

$$I_{\text{п/ав}} = 493,85 < I_{\text{доп}} \cdot 1,3 = 431 \cdot 1,3 = 499,2 \text{ А.}$$

Следовательно, условие выполняется.

Аналогичные расчеты запишем в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Результаты расчетов токов кабельных линий 10кВ

№ луча	СЛК, кВА	Ip, А	П/АВ, А	Сечение, мм ²
РП1–ТП2	2512,39	145,05	459,41	185
РП1–ТП7	2817,88	162,7		185
РП2–ТП16	3455,95	199,5	493,85	240
РП2–ТП14	2747,65	158,64		240

Вывод к разделу 5

Расчет нагрузок ТП доказал влияние коэффициентов несовпадения максимумов нагрузки на суммарную мощность потребителей.

Выбор кабеля ПВБВ с медными жилами и схемы распределительной сети напряжением 10 кВ обусловлен значительными нагрузками ТП, которые не могут быть обеспечены кругом КЛ с алюминиевыми жилами. Проверка выбранных КЛ по допустимым током нагрева доказала верность выбора этих сечений.

6 Анализ средств учета электроэнергии

6.1 Экономический эффект средств учета

В наше время, время постоянного роста стоимости энергоносителей, особое значение приобретает автоматизация контроля за процессами учета электроэнергии. Учет может быть коммерческим и техническим. Коммерческий учет стоимость потребленной электроэнергии в соответствии с сеткой тарифных планов для предприятий и населения, технический предназначен для учета распределения расходов электроэнергии в настоящее время предприятия. Главной задачей технического контроля является минимизация затрат и оптимизация распределения электроэнергии в пределах промышленного предприятия [27].

С другой стороны, любой поставщик электроэнергии должен осуществлять централизованный контроль за затратами всех клиентов, централизованно устанавливать тарифный план и проводить ценовую политику, оперативно реагировать на сбои в поставках и подключать или отключать клиентов в любом городе. Так же и предприятие должно не только контролировать общие расходы, но и управлять и оптимизировать распределение электроэнергии среди своих подразделений с целью уменьшения расходов [28].

Именно поэтому необходимо создавать такие системы, которые соединили бы в себе как коммерческий, так и технический учет, как учет одного объекта, так и территориально распределенной системы, как учет вообще, так и управление снабжением электроэнергии.

Поскольку стоимость электрической энергии зависит от затрат на ее производство и передачу, момента спроса (времени года, дней недели и часы суток), величине заявленной мощности и времени потребления мощности, то себестоимость ее является разной для каждого часа года [29].

Объекты (кроме многоквартирных жилых домов и населенных пунктов) с присоединенной мощностью электроустановок 150 кВт и больше и

среднемесячным объемом потребления заявленным объемом потребления электрической энергии для новых электроустановок 50000 кВт/год и более должны быть обеспечены средствами учета данных.

Были проанализированы некоторые системы учета, которые наиболее распространены на территории Украины АСКУЭ, АСТОЕ, ЛУЗОД и зарубежного аналога Smart Metering.

6.2 Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии

АСКУЭ – это совокупность объединенных в единую функциональную метрологически аттестованную систему локального оборудования сбора и обработки данных средств (средства) учета, каналов передачи информации и устройств приема, обработки, отображения и регистрации информации; локальное оборудование сбора и обработки данных. Структурная схема АСКУЭ представлена на рисунке 6.1.



Рисунок 6.1 – Структурная схема АСКУЭ

После внедрения АСКУЭ данные со счетчиков электроэнергии будут передаваться в энергопоставляющую компанию и на ваше предприятие.

Смысл создания и использования АСКУЭ заключается в постоянной экономии энергоресурсов и финансов предприятия при минимальных начальных денежных затратах. Величина экономического эффекта от использования системы коммерческого учета достигает по предприятиям в

среднем 15–30% от годового потребления энергоресурсов, а окупаемость затрат на создание АСКУЭ происходит за 2–3 квартала [30].

АСКУЭ обеспечивает точной и достоверной информацией, полученной путем автоматического измерения, сбора, обработки, хранения, представления и документирования измеренных параметров электроэнергии, что позволяет получать достоверный баланс и отчетность о генерации, нахождение, распределении, отпуске и потреблении электрической мощности и энергии в пределах предприятия.

Многоуровневая, иерархическая АСКУЭ обеспечивает непрерывное функционирование в режиме периодического опроса точек учета электроэнергии с возможностью одновременного обслуживания запросов оператора в интерактивном режиме. Нормальным режимом функционирования системы является автоматический режим сбора, обработки и хранения информации.

На сегодняшний день АСКУЭ предприятия является тем необходимым механизмом, без которого невозможно решать проблемы цивилизованных расчетов за энергоресурсы с их поставщиками, непрерывной экономии энергоносителей и снижения доли энергозатрат в себестоимости продукции предприятия.

По мере автоматизации технологических процессов предприятия, снижения степени человеческого участия в производстве и повышения уровня его организации АСКУЭ можно вводить в обратный контур управления энергопотреблением не через энергетика–диспетчера или руководителя, а через соответствующие устройства управления нагрузками–регуляторами. До тех пор, пока в технологии производства преобладает человек со своими случайными волевыми решениями, АСКУЭ сохранится как автоматизированная система, которая позволяет, в первую очередь, выявлять все потери энергоресурсов.

Автоматизированная система коммерческого учета данных обеспечивает [31]:

- контроль параметров энергопотребления во всех точках учета;
- ведение единого системного времени;
- накопление, обработку, хранение и документирование информации по каждой точке учета;
- ведение суточных и месячных архивов;
- перенастройка системы при изменении ее конфигурации (централизованно);
- решение функциональных задач системы по запросу оператора;
- разграничение по полномочиям и документирование доступа к системе. АСКУЭ выполняет следующие функции:
- оперативный автоматический контроль и учет параметров выработки, потребления электроэнергии и параметров межсистемных перетоков электроэнергии по каждой точке (группе) учета с заданным периодом контроля;
- хранение параметров учета в базе данных (серверах);
- обеспечение многотарифного учета потребления электроэнергии и почасового (получасового) учета генерации и межсистемных перетоков электроэнергии;
- обеспечение контроля за соблюдением предельных ограничений и лимитов энергопотребления;
- формирование баланса электроэнергии по предприятию, по отдельным подразделениям и подстанциям (при наличии в системе необходимых данных для расчета);
- вывод расчетных параметров на терминал и / или на устройство печати по требованию оператора;
- ведение единого системного времени с возможностью его корректировки.

6.3 Локальное оборудование сбора и обработки данных

ЛУЗОД – это устроенная с целью расчетов за потребленную электрическую энергию совокупность средств (или одного средства) учета, которые обеспечивают измерения, сбор, накопление и обработку результатов измерений с соответствующими периодами времени (формирование первичной измерительной информации) об объемах и параметрах потоков электрической энергии и по определению потребляемой мощности на отдельной площадке измерения и имеют интерфейс дистанционного считывания данных для работы в составе автоматизированной системы

коммерческого учета электрической энергии. После внедрения ЛУЗОД данные с счетчиков электроэнергии будут передаваться только в энергоснабжающую компанию. Структурная схема ЛУЗОД приведена на рисунке 6.2.



Рисунок 6.2 – Структурная схема ЛУЗОД

Принципиальное отличие ЛУЗОД от АСКУЭ заключается в том, что клиент, у которого установлено ЛУЗОД имеет возможность дистанционно просматривать данные о потреблении электрической энергии только в личном кабинете энергокомпании в которой потребитель обслуживается. Тогда как система АСКУЭ дает возможность дистанционно просматривать и контролировать данные о потреблении электрической энергии и мощности, пользуясь программным обеспечением, которое устанавливается во время монтажа и настройки АСКУЭ. Преимуществом системы локально сбора и обработки данных является то, что она проще в установке и имеет меньшую

стоимость в отличие от автоматической системы контроля и учета электроэнергии. Система ЛУЗОД обеспечивает максимально точную обработку и сбор получаемых данных множества приборов АСКУЭ чем. И устанавливается на небольших предприятиях которое имеет 2 и более счетчиков.

Прежде всего, внедрение системы позволяет:

1. Перейти на расчет за электроэнергию по дифференцированным тарифам.
2. Осуществить контроль за соблюдением лимитов энергопотребления.
3. Повысить точность учета электроэнергии на предприятии.
4. Снизить в часы пиковых нагрузок потребляемую мощность (например, отключая работающие вхолостую двигатели).
5. Проводить контроль качества электрической энергии.
6. Автоматизировать сбор данных.
7. Задания цехам лимитов энергопотребления, осуществления контроля превышений установленных норм и сигнализация о превышении.
8. Контроль работоспособности первичных приборов учета энергоносителей.

6.4 Автоматизированная система технического учета электроэнергии

До сих пор наиболее актуальными были системы коммерческого учета, устанавливаемыми на границе балансовой принадлежности и необходимые для справедливых расчетов между поставщиками и потребителями энергоресурсов. Однако они непригодны для определения эффективности потребления энергоресурсов технологическими и структурными подразделениями предприятия. После внедрения АСТОЕ данные с счетчиков электроэнергии будут передаваться только на ваше предприятие (на Ваш компьютер). Для внутреннего аудита и контроля энергоресурсов

непосредственно в местах их потребления (отдельные производства, цехи, участки, отдельные вид продукции и т.д.) предназначена система технического учета АСТОЕ).

Принцип работы автоматической системы технического учета электроэнергии Фиксация показаний счетчиков происходит в системе синхронно, через определенные программой промежутки времени. Данные учета каждого временного среза через устройства связи поступают на сервер, где осуществляется их хранение в определенном формате. В АСТОЕ используются интеллектуальные счетчики, оснащенные блоками памяти и интерфейсами для передачи данных. Некоторые типы счетчиков имеют встроенные модемы и могут самостоятельно, в заданное время осуществлять передачу показаний на сервер, используя телефонную линию, GSM сеть или радиоканал. Для успешного функционирования, все интеллектуальные компоненты системы должны быть синхронизированы со временем.

Полученная с помощью АСТОЕ информация позволяет, во–первых, выявить нерациональное использование электрической энергии, включая факты воровства энергоресурсов, и как результат, дает основания для замены оборудования на более энергоэффективное, изменения графика определенного вида работ и изменения тарифа с целью снижения энергозатрат. Во–вторых, расширяет возможности анализа финансово – экономической деятельности предприятия (при расчете себестоимости продукции, расходов на хозяйственные нужды и т.д.) и облегчает планирование потребления электроэнергии.



Рисунок 6.3 – Структурная схема АСТОЕ

Из рисунка 6.3 видно, что система содержит несколько уровней иерархии. Нижний уровень включает в себя средства измерения, расположенных в узлах учета. К ним относятся счетчики и измерительные трансформаторы. Средний уровень составляют устройства, которые осуществляют сбор и передачу данных (УСПД) и средства связи (модемы, радиостанции). Верхний уровень АСТОЕ – это серверное оборудование и программное обеспечение, связанное с АРМ пользователей зачастую по локальной сети.

АСТОЕ можно разделить на три уровня:

- нижний – первичные приборы учета (первичные преобразователи, счетчики) и регистраторы;
- средний – устройства связи и устройства сбора и передачи данных (УСПД), которые осуществляют регламентированный опрос счетчиков, консолидацию

полученных данных и их промежуточное резервное хранение и передачу данных на верхний уровень;

- верхний – централизованный сервер и клиентское АРМ, где сервер осуществляет архивирование данных точек учета, обработку информации с УСПД и серверов нижнего уровня и обработку запросов от клиентских АРМ верхнего уровня, а АРМ представляет результаты измерений и формирует отчеты.

При схожести функционала АСТОЕ отличаются по количеству учтенных энергоресурсов, по временному интервалу предоставления данных, по способу передачи данных и по уровню достоверности и надежности. Именно эти параметры служат критерием выбора поставщика системы.

В отличие от большинства существующих на сегодняшний день АСТОЕ система автоматизированного технического учета осуществляет сбор и обработку информации о потреблении электроэнергии. Данные могут предоставляться по 3–минутным интервалам и больше, в зависимости от требований. В качестве канала связи могут быть использованы проводной и

беспроводной Интернет, силовая электрическая сеть (PLC–связь), радиоканал с частотой 433МГц или 2,4 ГГц, телефонные каналы связи в том числе GSM data и любые другие кабельные каналы связи. При этом гарантируется поддержка в системе единого времени и 100–процентное совпадение показаний между Центром сбора и обработки данных (ЦСОД) и приборами учета благодаря встроенной системе верификации и многоуровневой системы защиты от несанкционированного доступа.

Назначение системы можно представить следующим образом:

- измерение потребленной электроэнергии в узлах учета, входящих в систему;
- передача результатов измерений по каналам связи на центральный сервер;
- хранение информации и санкционированный доступ к ней пользователей системы;
- анализ проживания с применением специальных прикладных программ, входящих в состав комплекса.

6.5 Обзор мировой практики средств учета электроэнергии

Как показывает мировая практика в странах Европы реализуется концепция Smart Metering (система интеллектуального учета электроэнергии).

Такая система позволяют успешно решать следующие задачи:

- повышение надежности и качества электроснабжения;
- повышения энергетической эффективности;
- сохранения окружающей среды;
- учет энергоресурсов;
- автоматизация распределительных сетей;
- управление режимами работы и мониторинг состояния электротехнического оборудования;
- автоматизация магистральных электрических сетей и узловых подстанций и регулирование перетоков;

- электрические сети и установки потребителей;

Направление развития и внедрения «умного учета» электроэнергии как компонента Smart Metering контролируется и поддерживается государством во многих зарубежных странах. Учет электроэнергии с помощью «умных счетчиков» позволяет оптимизировать энергопотребление, снижать коммерческие и технические потери энергии, уменьшать необходимость в новых энергетических мощностях и, наконец, предоставляет каждому потребителю возможность управлять своим энергопотреблением в режиме реального времени.

Уровни организации интеллектуальных систем учета Smart Metering:

- Верхний уровень – Smart Metering, в основе которого лежит MDM (Meter Data Managment) система, который обеспечивает комплексное управление инфраструктурой, включая дистанционный сбор, хранение, обработку данных результатов измерений, управление нагрузкой потребителя, мониторинг состояния элементов системы и многое другое;
- Средний уровень представляет собой коммуникационную среду, что обеспечивает безопасный и защищенный обмен данными между верхним и нижним уровнями системы.
- Нижний уровень включает установленные на стороне потребителя интеллектуальные приборы учета (счетчики).

Структурная схема Smart Metering изображена на рисунке таблице 6.4.

Так называемые «Умные» счетчики позволяют хранить данные об объемах потребления в энергонезависимой памяти и передавать их по каналам связи на удаленный сервер, расположенный в центре обработки данных. Такие приборы учета имеют защиту от физического вмешательства и сигнализируют о любых попытках несанкционированного вмешательства в их работу. За счет широких функциональных возможностей интеллектуальные системы являются эффективным инструментом для повышения платежной культуры потребителей и должны внедряться параллельно с применением комплекса технических мероприятий для предупреждения и устранения фактов хищения

электроэнергии. Уже на сегодня оснащено «умными» счетчиками до 95% промышленных и бытовых потребителей. Тогда, когда в Таджикистане внедрение средств учета электроэнергии промышленных предприятий только на 65%.

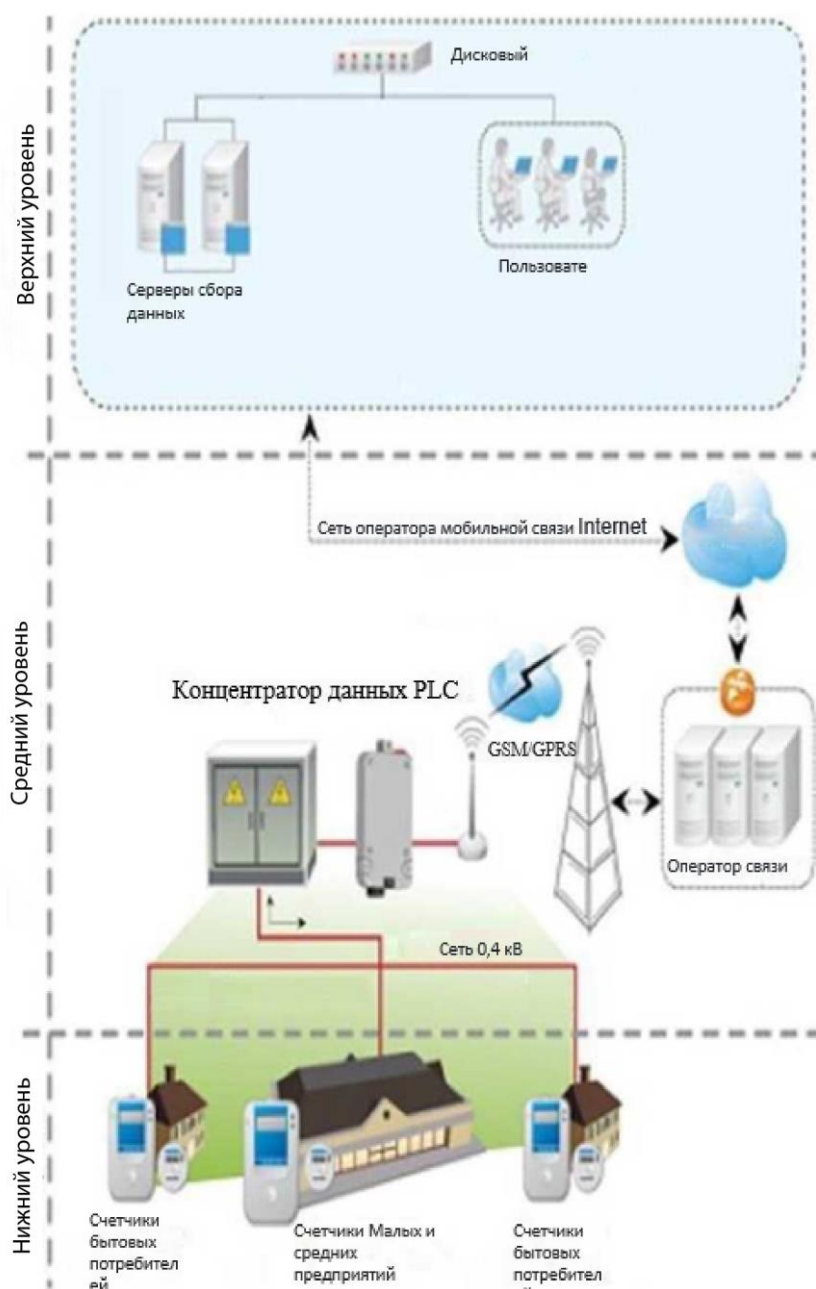


Рисунок 6.4 – Структурная схема Smart Metering

6.6 Каналы связи

Все уровни средства учета связаны между собой каналами связи.

Канал электросвязи –это совокупность технических средств, предназначенных для переноса электрических сигналов между двумя пунктами телекоммуникационной сети. Он характеризуется полосой частот или скоростью передачи.

Передачи данных для средств проводится преимущественно с помощью оптоволоконной и кабельной сети (LAN), а также сотовой мобильной связи GSM, в частности с помощью стандарта пакетной передачи данных GPRS (по этой технологии информация собирается со всех объектов учета, причем для части объектов канал GSM является основным, а для других – резервным).

Для связи уровней или центров сбора данных, как правило, используется прямое соединение по стандартным интерфейсам. УСПД с центрами сбора данных 3–го уровня, центры сбора данных 3–го и 4–го уровней могут быть соединены по выделенным, коммутируемым каналам связи.

Вывод к разделу 6

Анализа средств учета дал следующие результаты: система АСТОЕ устанавливается на предприятиях для учета потребления электроэнергии, информация передается непосредственно предприятию; система ЛУЗОД, передает по каналам связи информацию в энергоснабжающую компанию; система АСКУЭ передает информацию по каналам связи питательной компании и непосредственно потребителю.

Изучение иностранных средств учета электроэнергии, показало, что данные приборы учета применяются в 95% потребителей и предоставляют возможность контролировать объемы потребления, как поставщику так и непосредственно потребителю.

Основной целью внедрения автоматических средств учета электроэнергии является снижение затрат на потребление энергоресурсов, минимизация потерь за счет повышения точности полученных данных и сокращения времени сбора и обработки информации.

Заключение

В задании ВКР был предоставлен план микрорайона города с взаимным размещением жилых зданий и общественных сооружений, и их экспликации. За экспликациями были определены категории надежности потребителей, уровень электрификации и рассчитано нагрузки жилых домов и общественных сооружений. Подавляющее большинство потребителей есть потребители I–II категории за надежностью электроснабжения. Расчет нагрузок выполняется с учетом коэффициентов несовпадения максимумов нагрузки что является характерной чертой потребителей городских электрических сетей.

Для обеспечения питания потребителей было определено количество и мощность городских трансформаторных подстанций 10/0,4кВ. Соответственно для каждой подстанции рассчитаны мощности силовых трансформаторов. Было просчитано все КЛ напряжением 0,38кВ и выполнены соответствующие проверки выбранного сечений кабельных линий по допустимому току нагревания и потере напряжения в нормальных и послеаварийных режимах.

Расчет нагрузок ТП доказал влияние коэффициентов несовпадения максимумов нагрузки на суммарную мощность потребителей. Выбор кабелей ПВБВ с медными жилами и схемы распределительной сети напряжением 10кВ обусловлен нагрузками ТП. Проверка выбранных КЛ по допустимым током нагрева доказала верность выбора этих сечений.

Анализ средств учета показывает, что рассмотренные средства способны служить мощным инструментом для выработки и реализации политики энергосбережения, при правильном использовании которого открываются большие возможности.

В результате выполнения сравнительного анализа средств учета можно сделать следующие выводы: система АСТОЕ устанавливается на предприятиях для учета потребления электроэнергии, информация передается непосредственно предприятию; система ЛУЗОД, передает по каналам связи

информацию в энергоснабжающую компанию; система АСКУЭ передает информацию по каналам связи питательной компании и непосредственно потребителю.

Изучение иностранных средств учета электроэнергии, показало, что данные приборы учета применяются в 95% потребителей и предоставляют возможность контролировать объемы потребления, как поставщику, так и непосредственно потребителю.

Основной целью внедрения автоматических средств учета электроэнергии является снижение издержек и затрат на потребление энергоресурсов, минимизация потерь за счет повышения точности полученных данных и сокращения времени сбора обработки. Автоматизация учета электроэнергии на всех этапах, от производства до потребления, становится неременным условием эффективного функционирования современных энергосистем.

Вопросы энергосбережения, а также оптимизации энергопотребления одинаково актуально

Список используемых источников

1. Библия электрика : ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. 3–е изд. М.: Эксмо, 2016. 750 с.
2. Вводно–распределительные устройства [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Электросам.Ру» URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/vvodno–raspredelitelnoe–ustroistvo/> (дата обращения 11.02.2021).
3. Вводно–распределительные устройства ВРУ1–23–56 [Электронный ресурс] / Офиц. сайт завода «Электрощит» URL: https://www.esnn.ru/catalog/13/26_vru–1–23–56_vr32.html (дата обращения 10.02.2021).
4. ВСН 59 – 88 Ведомственные строительные нормы. Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294854/4294854755.pdf> (дата обращения 15.01.2021).
5. Кабельные линии напряжением до 229 кВ [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «RusCable.Ru» URL: <https://www.ruscable.ru/info/pue/2–3.html> (дата обращения 13.02.2021).
6. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника", профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений / Э. А. Киреева. М.: КНОРУС, 2016. 233 с.
7. Компания IEGroup – разработка и производство высокотехнологического оборудования [Электронный ресурс]. URL: www.incotex.com (дата обращения 15.01.2021).
8. Нагрузки жилых зданий [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Top Engineering». URL: <http://www.topeng.ru/sp31–110–2003–61.html>

(дата обращения 04.01.2021).

9. Общая схема электроснабжения жилого дома [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Elektrik Info». URL: <http://elektrik.info/main/electrodom/628–elektrosnabzhenie–mnogokvartirnogo–doma.html> (дата обращения 05.01.2021).

10. Питание трансформаторных подстанций [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Globe Core». URL: <https://oils.globecore.ru/naznachenie–i–tipy–transformatornyh–p.html> (дата обращения 05.01.2021).

11. Питающие, распределительные и групповые сети в электроснабжении [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Школа электрика» URL: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1799–pitajushhie–raspredelitelnye–i.html#:~:text=%D0%B2>. (дата обращения 11.02.2021).

12. Подключение датчиков освещенности и датчиков движения [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Sestek.Ru» URL: https://sestek.ru/page/podkliuchi_datchik_sveta.html (дата обращения 14.02.2021).

13. Потери энергии в электрических сетях и установках: учеб. пособие / Г. В. Маслакова [и др.]. Липецк: Липец. гос. техн. ун–т, 2018. 79 с.

14. РД 34.20.185–94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей. Офиц. изд. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004921> (дата обращения 05.01.2021).

15. РМ–2696 Инструкция по расчету электрических нагрузок жилых зданий. Офиц. изд. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293784/4293784789.pdf> (дата обращения 05.01.2021).

16. Рябчинский М.Н. Электроснабжение жилых и общественных зданий. Автоматизация городского хозяйства №6(48), 2016 URL: https://controleng.ru/wp-content/uploads/ce48_elektrosnabzhenie_zhilykh_i_obshchestvennykh_zdaniy.pdf (дата обращения 04.01.2021).

17. Сивков А.А. Основы электроснабжения: учебное пособие / А.А.

Сивков, А.С. Сайгаш, Д.Ю. Герасимов. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. 184 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SIVKOV/uchebnrab/Tab1/Power-supply-IDO.pdf> (дата обращения 05.01.2021).

18. Система заземления TN-C-S – схема и описание [Электронный ресурс]: Интернет-портал «Электромонтаж». URL: <https://electricvdome.ru/zazemlenie/sistema-zazemlenija-tn-c-s.html> (дата обращения 06.04.2020).

19. СНиП 2.04.05–86 Отопление, вентиляция и кондиционирование [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294815/4294815604.pdf> (дата обращения 06.04.2020).

20. СП 31–110–2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. Офиц. изд. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения 05.01.2021).

21. Счетчик электрической энергии трехфазный статический «Меркурий 230», «Mercury 230». Руководство по эксплуатации АВЛГ.411152.021 РЭ. URL: <https://www.incotexcom.ru/files/em/docs/merkuriy-230-avlg-411152-021-re-izm-4-2020-07-27.pdf> (дата обращения 05.01.2021).

22. Черненко А.Н. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Системы электроснабжения городов». ТГУ, 2018 г.

23. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования : учеб. пособие / В.П. Шеховцов. 3–е изд., испр. М. : Форум; ИНФРА–М, 2019. 214 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/1009603> (дата обращения 06.04.2020).

24. Электроснабжение жилых домов [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Инженерные сети и коммутации». URL: <https://proekt-sam.ru/proektsistem/elektrosnabzhenie-mnogokvartirnogo-doma.html> (дата обращения 04.01.2021).

25. Энергосбережение и энергоэффективность. Инновационные технологии и оборудование [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Энергосэйв» URL: <https://energysaving-expo.ru/> (дата обращения 14.02.2021).

26. Энергоэффективные технологии [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «МАЭ» URL: <https://sro150.ru/vopros-otvet/148-energoeffektivnost-i-energoberegayushchie-tehnologii-energoberezhenie-programma-energoberezheniya> (дата обращения 24.02.2021).

27. BF-80/1 Maschinenfabrik Reinhausen GmbH – MR : Design Submittal of 20 MVA Transformers [Electronic resource]. URL: <https://ru.scribd.com/document/23590321/4605-DS-002-B-Design-Submittal-of-20-MVA-Transformers> (дата обращения 21.03.2021).

28. Connecting Wire Details [Электронный ресурс]. URL: https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/cables/awg-swg-connecting-wires.php (дата обращения 10.03.2021).

29. IEA Electricity Information 2015 [Electronic resource]. URL: <https://www.iea.org/Textbase/nptoc/elec2013toc.pdf> (дата обращения 15.03.2021).

30. Osbert J. C. High Rupturing Capacity (HRC) Fuses [Electronic resource]. URL: <https://owlcation.com/stem/High-Rupturing-Capacity-HRC-Fuses> (дата обращения 20.03.2021).

31. Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council on the internal market for electricity, Chapter IV, Art. 20.1. [Electronic resource]. URL: <https://www.entsoe.eu/outlooks/midterm/> (дата обращения 15.03.2021).