

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения нового жилого квартала в Новомосковском микрорайоне города Щербинка

Обучающийся

В.А. Гнучий

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., А.Н. Черненко

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Бакалаврская работа направлена на разработку системы электроснабжения жилого квартала во вновь застраиваемом микрорайоне смешанной застройки в Новомосковском микрорайоне города Щербинка.

Цель работы заключается в разработке такой системы электроснабжения, которая бы позволила обеспечить потребителей микрорайона качественной электрической энергией и обязательным обеспечением требований по надежности электроснабжения. Для достижения поставленной цели в работе было произведено определение электрических нагрузок от жилых домов и прочих сооружений, размещаемых на территории микрорайона. Особенность работы заключалась в том, что рассматриваемый микрорайон является зоной частичной реновации и поэтому вновь проектируемые сети опираются на существующую инфраструктуру и коммуникации. Для потребителей была выполнена разбивка по категориям надежности в соответствии с которой в дальнейшем производился выбор схемы электроснабжения и расчет питающих линий. Каждая из выбранных линий подвергалась проверке по потерям напряжения и на нагрев токами в нормальном и возможном аварийном режимах. Результаты определения нагрузок использовались для выбора мощности трансформаторных подстанций, питающих городских потребителей. В работе выбраны линии, по которым передается электрическая энергия от главной понизительной подстанции до трансформаторных подстанций рассматриваемого микрорайона.

Суммарный объем пояснительной записки ВКР составляет 52 страницы печатного текста в который входят 19 таблиц с группированными в них исходными данными и результатами произведенных расчетов.

Содержание

Введение.....	4
1 Краткая характеристика рассматриваемого микрорайона города	5
1.1 Перечень жилых зданий и прочих сооружений.....	5
1.2 Классификация потребителей микрорайона в отношении надежности электроснабжения	7
2 Определение электрических нагрузок микрорайона.....	10
2.1 Расчет нагрузок жилых домов микрорайона.....	10
2.2 Определение нагрузок жилых многоквартирных домов микрорайона.	12
2.3 Определение нагрузок от общественных зданий микрорайона.....	18
2.4 Определение нагрузок общественных зданий микрорайона.....	20
3 Выбор числа и номинальной мощности трансформаторов в КТП микрорайона	24
4 Расчет параметров сетей микрорайона до 1000В	27
4.1 Выбор способа питания отдельных потребителей	27
4.2 Выбор сечения линий напряжением до 1000В	27
5 Определение параметров кабельных линий распределительной сети напряжением 10 кВ	43
5.1 Определение нагрузок по ТП микрорайона	43
5.2 Определение сечения КЛ напряжением 10кВ.....	44
Заключение	49
Список используемых источников.....	51

Введение

Система электроснабжения современного крупного города состоит из множества взаимосвязанных элементов в которые входят как кабельные линии разных классов напряжения и большой протяженности, так и трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ питающих непосредственно объекты и главные понизительные подстанции 110/10 кВ, которые обеспечивают трансформацию напряжения для питания целых районов города. Вся эта система должна обеспечивать бесперебойное электроснабжение разнообразных потребителей города среди которых могут присутствовать как промышленные предприятия, так и общественные здания, и жилые дома. Среди этих потребителей значительную долю могут составлять потребители первой категории, рассредоточенные по территории жилого микрорайона. «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» [2].

Цель работы заключается в разработке такой системы электроснабжения, которая бы позволила обеспечить потребителей микрорайона качественной электрической энергией и обязательным обеспечением требований по надежности электроснабжения. В основные задачи работы входили расчет нагрузок по микрорайону и выбор элементов системы электроснабжения микрорайона.

1 Краткая характеристика рассматриваемого микрорайона города

1.1 Перечень жилых зданий и прочих сооружений

Основу жилых зданий рассматриваемого микрорайона составляют многоквартирные здания с количеством этажей 9, 12, 14, 16 и 26. Большая часть домов в качестве источника энергии на котором происходит приготовление пищи в квартирах используют электрическую энергию, хотя имеется ряд зданий, в которых для этих целей используется природный газ. Перечень жилых домов микрорайона представлен в таблице 1.

В таблице 2 приведены характеристики общественных зданий, расположенных на территории микрорайона.

Таблица 1 – Перечень жилых домов микрорайона

№ домов на плане района	N домов, шт.	Этажность	Кол-во подъездов	n квартир, шт.
1	2	3	4	5
1, 2, 3, 23, 24, 25	6	16	1	110
19, 20, 28, 29, 35, 36	6	14	1	102
37, 38, 39, 40, 41, 42	6	12	1	146
5, 6, 7, 44, 45, 46	6	16	1	96
58, 59, 64, 70	4	26	1	170
4, 8, 9, 10, 30, 71, 72,	7	9	2	116
26, 53, 91, 87	4	12	2	86
11, 12, 21, 22, 47, 77, 89, 86, 83,	9	14	2	92
50, 51	2	12	4	231

Таблица 2 – Характеристики общественных зданий, расположенных на территории микрорайона

№ здания на плане района	№ зданий, шт.	Краткое описание	Вместимость, площадь, или другая хар-ка	
1	2	3	4	
68, 82	2	Закрытая парковка	640 мест	
55, 62, 63, 79	4	Школа	1250 мест	
33	1	Спорткомплекс	460 мест	
18, 43, 54, 88	4	Детский сад	450 мест	
75	1	Кинотеатр	645 мест	
49	1	Больница	160 мест	
80	1	Новая почта	130 м ² торговой площади	
32	1	Поликлиника	600 в смену	
61, 52, 78	3	Прачечная	420 кг. в смену	
90	1	Театр	790 мест	
27, 84, 92	3	Мегамаркет	360 м ² торговой площади	
14, 15, 16, 17,	4	Общежитие	860 мест	
57,76	2	Пром. товары	620 м ² торговой площади	
13, 48, 69	3	ВУЗ	11300 м ²	
66, 67	2	Аптека	85 м ²	
65, 74, 85	3	Отель	540 мест	
56, 81	2	Барбер шоп	5 рабочих мест	
31, 60, 73	3	Ресторан	156 мест	
93	1	Магазин пром. тов.	120 м ² торговой площади	
34	1	Mega Mall	-	13000 м ² общая площадь
			Киноплекс	1250 мест
			Фудкорт	950 мест
			Паркинг	350 мест
			Магазины	2000 м ²

1.2 Классификация потребителей микрорайона в отношении к надежности электроснабжения

«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].

Таким образом каждый из потребителей микрорайона должен быть отнесен к одной из трех категорий по надежности электроснабжения, что будет оказывать влияние на проектирование его системы электроснабжения. Согласно §1.2.17 ПУЭ к потребителям I 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 I 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 невыпуску 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 [4]. Результаты разбиения жилых зданий по категориям надежности электроснабжения приведены в таблице 3, для общественных зданий микрорайона данная

разбивка приведена в таблице 4.

Таблица 3 – Результаты разбиения жилых зданий по категориям надежности электроснабжения

№ домов на плане района	Этажность	Кол-во подъездов	п квартир, шт	Присвоенная кат. по надеж. электроснаб.
1, 2, 3, 23, 24, 25	16	1	110	I
50, 51	12	4	231	II
19, 20, 28, 29, 35, 36	14	1	102	II
11, 12, 21, 22, 47, 77, 89, 86, 83	14	2	92	II
37, 38, 39, 40, 41, 42	12	1	146	II
26, 53, 91, 87	12	2	86	II
5, 6, 7, 44, 45, 46	16	1	96	I
4, 8, 9, 10, 30, 71, 72,	9	2	116	II
58, 59, 64, 70	26	1	170	I

Таблица 4 – Результаты разбиения общественных зданий микрорайона по категориям надежности электроснабжения

№ здания на плане района	Краткое описание	Вместимость, площадь, или другая хар-ка объекта	Присвоенная кат. по надеж. электроснаб.
1	2	3	4
68, 82	Закрытая парковка	640 мест	I
55, 62, 63, 79	Школа	1250 мест	I
33	Спорткомплекс	460 мест	II
18, 43, 54, 88	Детский сад	450 мест	II

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	
75	Кинотеатр	645 мест	II	
49	Больница	160 мест	I	
80	Почтовое отдел.	130 м ² торг. площади	II	
32	Поликлиника	600 в смену	II	
61, 52, 78	Прачечная	420 кг. в смену	II	
90	Театр	790 мест	I	
93	Магазин пром. тов.	120 м ² торг. площади	II	
14, 15, 16, 17,	Общежитие	860 мест	II	
27, 84, 92	Мегамаркет	360 м ² торг. площади	II	
13, 48, 69	ВУЗ	11300 м ²	II	
57,76	Пром. товары	620 м ² торг. площади	II	
66, 67	Аптека	85 м ²	III	
65, 74, 85	Гостиница	540 мест	II	
56, 81	Барбер шоп	5 рабочих мест	III	
31, 60, 73	Ресторан	156 мест	II	
34	-		I	
	Mega Mall	Киноплекс		1250 мест
		Фудкорт		950 мест
		Паркинг		350 мест
		Магазины		2000 м ²
		13000 м ² общей площади		

Выводы по разделу.

В разделе приведены сведения о жилых и общественных зданиях микрорайона города, каждый из объектов отнесен к одной из трех категорий по надежности электроснабжения. Установлено, что большая часть объектов рассматриваемого микрорайона относится к I и II категориям.

2 Определение электрических нагрузок микрорайона

2.1 Расчет нагрузок жилых домов микрорайона

Используя следующие выражения определяем расчетные значения активной и полной нагрузок жилых многоквартирных домов с учетом установленных в них силовых электроприемников лифтовых установок и санитарно-технических устройств [7]:

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

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

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» [7].

Значение расчетной активной мощности, потребляемой квартирами на вводе жилого дома определяется из выражения [9]:

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

где « $P_{нум}$ – удельная нагрузка квартир, кВт на квартиру;

$n_{кв}$ – количество квартир в доме, получающих питание от данного ввода» [9].

Определяем нагрузку, создаваемую силовыми ЭП жилого дома $P_{с.о.}$ к которым относятся самые мощные потребители электроэнергии, такие как лифты в многоэтажных подъездах $P_{р.л}$ и ЭД насосных установок подачи воды, вентиляции и прочих санитарно-технических установок $P_{р.сант}$ [8]:

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

При этом расчетная мощность лифтов $P_{р.л}$ находится как:

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

где « k_{non} — коэффициент спроса, в зависимости от количества этажей зданий и от общего количества лифтов n_l ;

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

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

$ПВ$ — продолжительность включения электродвигателя лифтовых установок $ПВ = 0,6$ » [8].

При отсутствии достоверных сведений об установленных в домах сан-тех установках нормативные документы позволяют находить их мощность приближенно, исходя из значения мощности 0,05 кВт умноженного на количество квартир в жилом доме [10]:

$$P_{р.сант} = 0,05 \cdot n_{кв}.$$

2.2 Определение нагрузок жилых многоквартирных домов микрорайона

Произведем расчет для домов с номерами на плане 1, 2, 3, 23, 24, 25.

Данные многоэтажные дома являются однотипными и содержат:

- 110 квартир в одном доме,
- 16 этажей в каждом подъезде
- 1 подъезд на дом, тогда в расчетах принимаем:

$$n_{кв} = 110, n_{секц} = 1.$$

Исходя из этажности жилого дома в каждом подъезде устанавливается по два лифта, один пассажирский и один грузовой лифт.

Согласно нормативного документа значение коэффициента спроса для лифта принимается $k_{нон} = 0,9$ [11].

По справочным таблицам находим удельное потребление активной мощности одной квартирой $P_{нит} = 1,968 \text{ кВт}$.

Поскольку для приготовления пищи в данном доме используется электричество, то принимаем значение $\cos \varphi_{кв} = 0,98$.

Для лифтовых установок принимаем значение $\cos \varphi_{л} = 0,65$.

Для сан-тех установок принимаем $\cos \varphi_{сант} = 0,8$.

Предварительно определяем мощность, потребляемую лифтами [12]:

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

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

Находим мощность сан-тех установок жилого дома [14]:

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

Определяем нагрузку, создаваемую силовыми ЭП жилого дома $P_{с.о.}$ к которым относятся самые мощные потребители электроэнергии, такие как лифты в многоэтажных подъездах $P_{р.л}$ и ЭД насосных установок подачи воды, вентиляции и прочих санитарно-технических установок $P_{р.сант}$:

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

Рассчитаем значение расчетной активной мощности, потребляемой квартирами на вводе жилого дома [13]:

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

Итоговое значение активной нагрузки, потребляемой жилым домом с учетом силовых ЭП общедомового назначения:

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

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

Полную мощность на вводе жилого дома находим, зная коэффициенты мощности для отдельных видов ЭП:

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

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

Произведем расчет для домов с номерами на плане 59, 64, 70, 58.

Данные многоэтажные дома являются однотипными и содержат:

- 170 квартир в одном доме,
- 26 этажей в каждом подъезде
- 1 подъезд на дом, тогда в расчетах принимаем:

$$n_{кв} = 170, n_{секц} = 1.$$

Исходя из этажности жилого дома в каждом подъезде устанавливается по три лифта, два пассажирских и один грузовой лифт.

Таким образом в расчетах принимаем $n_{л} = 3$.

Согласно нормативного документа значение коэффициента спроса для лифта принимается $k_{\{нон\}} = 0,9$.

По справочным таблицам находим удельное потребление активной мощности одной квартирой $P_{\{нум\}} = 2,27 \text{ кВт}$.

Поскольку для приготовления пищи в данном доме используется электричество, то принимаем значение $\cos \varphi_{кв} = 0,98$.

Для лифтовых установок принимаем значение $\cos \varphi_{л} = 0,65$.

Для сан-тех установок принимаем $\cos \varphi_{сант} = 0,8$.

Предварительно определяем мощность, потребляемую лифтами [15]:

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

Находим мощность сан-тех установок жилого дома:

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

Определяем нагрузку, создаваемую силовыми ЭП жилого дома $P_{с.о.}$ к которым относятся самые мощные потребители электроэнергии, такие как лифты в многоэтажных подъездах $P_{р.л}$ и ЭД насосных установок подачи воды,

вентиляции и прочих санитарно-технических установок $P_{p.сант}$:

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

Рассчитаем значение расчетной активной мощности, потребляемой квартирами на вводе жилого дома:

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

Итоговое значение активной нагрузки, потребляемой жилым домом с учетом силовых ЭП общедомового назначения [16]:

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

Полную мощность на вводе жилого дома находим, зная коэффициенты мощности для отдельных видов ЭП:

$$S_{ж.б.59} = \frac{385,9}{0,93} + 0,9 \left(\frac{21,39}{0,65} + \frac{8,5}{0,8} \right) = 454,13 \text{ кВА};$$

Произведем расчет для домов с номерами на плане 50, 51.

Данные многоэтажные дома являются однотипными и содержат:

- 231 квартиру в доме,
- 12 этажей в каждом подъезде
- 4 подъезда на дом, тогда в расчетах принимаем:

$$n_{кв} = 231, n_{секц} = 4.$$

Исходя из этажности жилого дома в каждом подъезде устанавливается по два лифта, один пассажирский и один грузовой лифт.

Тогда общее количество лифтов в расчетах будет $n_l = 8$.

Согласно нормативного документа значение коэффициента спроса для лифта принимается $k_{non} = 0,9$.

По справочным таблицам находим удельное потребление активной мощности одной квартирой $P_{шт} = 1,37 \text{ кВт}$.

Поскольку для приготовления пищи в данном доме используется электричество, то принимаем значение $\cos \varphi_{кв} = 0,93$.

Для лифтовых установок принимаем значение $\cos \varphi_l = 0,65$.

Для сан-тех установок принимаем $\cos \varphi_{сант} = 0,8$.

Предварительно определяем мощность, потребляемую лифтами [18]:

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

Находим мощность сан-тех установок жилого дома:

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

Определяем нагрузку, создаваемую силовыми ЭП жилого дома $P_{с.о.}$ к которым относятся самые мощные потребители электроэнергии, такие как лифты в многоэтажных подъездах $P_{р.л}$ и ЭД насосных установок подачи воды, вентиляции и прочих санитарно-технических установок $P_{р.сант}$:

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

Рассчитаем значение расчетной активной мощности, потребляемой квартирами на вводе жилого дома [17]:

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

Итоговое значение активной нагрузки, потребляемой жилым домом с учетом силовых ЭП общедомового назначения:

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

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

Используя данную методику производим расчет нагрузок на вводе в дома для всего рассматриваемого в работе микрорайона, а полученные в результате расчетов данные заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты расчета нагрузок на вводе в дома для всего рассматриваемого в работе микрорайона

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

Путем суммирования определяем общие значения расчетной активной и полной нагрузок по жилым домам микрорайоне:

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

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

2.3 Определение нагрузок от общественных зданий микрорайона

Нагрузку общественны зданий находим исходя из удельных показателей нагрузки и параметров зданий и сооружений, находящихся в рассматриваемом микрорайоне [20]:

$$P_{\text{сп.сн.}} = P_{\text{нум}} \cdot N, \quad (6)$$

где « $P_{\text{нум}}$ – усредненное удельное расчетная нагрузка общественного здания;

N – характеристика общественного сооружения (количество мест, торговая площадь, посещений в смену и т.д.)» [20].

Значение полной нагрузки находим из выражения:

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

Удельные показатели потребления мощности и значения коэффициентов мощности общественных зданий микрорайона заносим в таблицу 6. На предприятиях общественного питания принимаем установку

электрических плит для приготовления пищи [21].

Таблица 6 – Удельные показатели потребления мощности и значения коэффициентов мощности общественных зданий микрорайона

№ здания на плане района	Краткое описание	Вместимость, площадь, или другая хар-ка объекта	P_{num}	$\cos\varphi$	
1	2	3	4	5	
68, 82	Закрытая парковка	640 мест	0,22	0,87	
55, 62, 63, 79	Школа	1250 мест	0,25	0,95	
33	Спорткомплекс	460 мест	0,15	0,92	
18, 43, 54, 88	Детский сад	450 мест	0,45	0,98	
75	Кинотеатр	645 мест	0,15	0,92	
49	Больница	160 мест	2,2	0,93	
80	Почтовое отдел.	130 м ² торг. площади	0,05	0,85	
32	Поликлиника	600 в смену	0,15	0,92	
61, 52, 78	Прачечная	420 кг. за раб. смену	0,08	0,75	
90	Театр	790 мест	0,35	0,9	
27, 84, 92	Мегамаркет	360 м ² торг. площади	0,2	0,85	
14, 15, 16, 17,	Общежитие	860 мест	0,2	0,93	
57,76	Промтовары	620 м ² торг. площади	0,25	0,85	
13, 48, 69	ВУЗ	11300 м ²	0,04	0,9	
66, 67	Аптека	85 м ²	0,12	0,93	
65, 74, 85	Гостиница	540 мест	0,5	0,85	
56, 81	Барбершоп	5 рабочих мест	1,45	0,97	
31, 60, 73	Ресторан	156 мест	1,03	0,98	
93	Магазин пром. тов.	120 м ² торг. площади	0,25	0,8	
34	Mega Mall	-	13000 м ² общей площ.	-	-
		Киноплекс	1250 мест	0,15	0,92
		Фудкорт	950 мест	0,85	0,98
		Паркинг	350 мест	0,22	0,87
		Магазины	2000 м ²	0,15	0,85

2.4 Определение нагрузок общественных зданий микрорайона

Произведем расчет для кинотеатра (номер 75 на плане).

Значение удельной мощности потребления на 1 посадочное место:

$$P_{\text{ншт}} = 0,15 \cdot \text{кВт} / \text{место}$$

Суммарное число посадочных мест: $N = 645 \text{ мест}$.

Среднее значение коэффициента мощности для данного общественного здания: $\cos\varphi = 0,92$.

Найдем значение активной мощности на вводе данного здания:

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

Находим значение полной мощности на вводе здания:

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

Произведем расчет для Магазина пром. тов. (номер 93 на плане).

Значение удельной мощности потребления на 1 м² площади помещений:

$$P_{\text{ншт}} = 0,25 \cdot \text{кВт} / \text{м}^2$$

Площадь помещений рассматриваемого здания: $N = 500 \text{ м}^2$.

Среднее значение коэффициента мощности для данного общественного здания: $\cos\varphi = 0,85$.

Найдем значение активной мощности на вводе данного здания:

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

Находим значение полной мощности на вводе здания:

$$S_{гр.Дом.93} = \frac{105}{0,85} = 105,17 \text{ кВА.}$$

Произведем расчет для ресторана (номера 31, 60, 73 на плане).

Значение удельной мощности потребления на 1 посадочное место:

$$P_{пит} = 1,03 \frac{\text{кВт}}{\text{место}}$$

Суммарное число посадочных мест: $N = 156 \text{ мест.}$

Среднее значение коэффициента мощности для данного общественного здания: $\cos\varphi = 0,98.$

Найдем значение активной мощности на вводе данного здания:

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

Находим значение полной мощности на вводе здания:

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

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

Используя данную методику производим расчет нагрузок на вводе в общественные здания всего рассматриваемого в работе микрорайона, а полученные в результате расчетов данные заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты расчета нагрузок на вводе в общественные здания для всего рассматриваемого в работе микрорайона

№ здания на плане района	Краткое описание	Вместимость, площадь, или другая хар-ка объекта	$P_{гр.Дом. кВА}$	$S_{гр.Дом. кВА}$
1	2	3	4	5
68, 82	Закрытая парковка	640 мест	140,8	161,84

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	
55, 62, 63, 79	Школа	1250 мест	312,5	328,95	
33	Спорткомплекс	460 мест	69	75	
18, 43, 54, 88	Детский сад	450 мест	202,5	206,63	
75	Кинотеатр	645 мест	96,75	105,16	
49	Больница	160 мест	352	378,49	
80	Почтовое отдел.	130 м ² площади	10,4	12,24	
32	Поликлиника	600 в смену	90	97,83	
61, 52, 78	Прачечная	420 кг. за раб. смену	49,6	66,13	
90	Театр	790 мест	276,5	307,22	
27, 84, 92	Мегамаркет	360 м ² площади	72	84,71	
14, 15, 16, 17	Общежитие	860 мест	172	184,95	
57,76	Промтовары	620 м ² площади	155	182,35	
13, 48, 69	ВУЗ	11300 м ²	452	502,22	
66, 67	Аптека	85 м ²	64,8	69,68	
65, 74, 85	Гостиница	540 мест	270	317,65	
56, 81	Барбершоп	5 рабочих мест	7,25	7,46	
31, 60, 73	Ресторан	156 мест	160,68	163,96	
93	Магазин пром. тов.	120 м ² площади	105	131,25	
34	Мега Mall	-	13000 м ²	1372	1469,2
		Киноплекс	1250 мест	187,5	203,8
		Фудкорт	950 мест	807,5	823,98
		Паркинг	350 мест	77	88,51
		Магазины	2000 м ²	300	352,94

Находим общее значение активной и полной мощностей, потребляемой общественными зданиями в микрорайоне:

$$\begin{aligned}
 P_{\Sigma \text{гр.Дом.}} = & 4 \cdot P_{\text{гр.Дом.1}} + 4 \cdot P_{\text{гр.Дом.2}} + P_{\text{гр.Дом.3}} + P_{\text{гр.Дом.4}} + P_{\text{гр.Дом.5}} + 4 \cdot \\
 & P_{\text{гр.Дом.6}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.7}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.8}} + 2 \cdot P_{\text{гр.Дом.9}} + 2 \cdot P_{\text{гр.Дом.10}} + \\
 & 2 \cdot P_{\text{гр.Дом.11}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.12}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.13}} + 3 \cdot P_{\text{гр.Дом.14}} + P_{\text{гр.Дом.15}} + \\
 & P_{\text{гр.Дом.16}} + P_{\text{гр.Дом.17}} + 2 \cdot P_{\text{гр.Дом.18}} + P_{\text{гр.Дом.19}} + P_{\text{гр.Дом.20}} = 4 \cdot 312,5 + 4 \cdot \\
 & 202,5 + 352 + 90 + 276,5 + 4 \cdot 172 + 3 \cdot 452 + 3 \cdot 270 + 3 \cdot 160,68 + 2 \cdot
 \end{aligned}$$

$$7,25 + 2 \cdot 64,8 + 3 \cdot 155 + 3 \cdot 72 + 3 \cdot 49,6 + 10,04 + 96,75 + 69 + 2 \cdot 140,8 + 1372 + 105 = 9023 \text{ кВт}$$

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

Выводы по разделу.

В результате произведенных в разделе расчетов были определены нагрузки как по жилым многоквартирным домам микрорайона с учетом установленных в них лифтов и санитарно-технических устройств, так и по общественным зданиям различного назначения. Суммарное значение нагрузки, приведенное к вводам зданий, составило 20,843МВА.

3 Выбор числа и номинальной мощности трансформаторов в КТП микрорайона

Для обеспечения требований по резервированию питания и уменьшения занимаемой полезной площади территории города принимаем к установке двухтрансформаторные подстанции. Выбираем для установки в КТП трансформаторы ТМГ, а мощность каждого определяем учетом возможной перегрузки при отключении одного из трансформаторов на КТП.

Технические характеристики силовых трансформаторов, предусмотренных для установки на подстанциях приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики силовых трансформаторов, предусмотренных для установки на подстанциях

Тип трансформатора на КТП	$S, \text{кВА}$	$U_{\text{вн}}, \text{кВ}$	$U_{\text{нн}}, \text{кВ}$	$U_{\text{кз}}, \%$	$P_{\text{кз}}, \text{кВт}$	$P_{\text{хх}}, \text{кВт}$
ТМГ	1000	10(6)	0,4	5,5	10,8	1,6
ТМГ	630	10(6)	0,4	5,5	7,6	1,16
ТМГ	400	10(6)	0,4	4,5	5,5	0,8

Определяем мощность КТП с учетом количества установленных на них силовых трансформаторов:

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

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

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

Максимальное значение подключенных к КТП нагрузок с учетом допустимой перегрузки силовых трансформаторов составит:

$$S_{\text{ТП1000нав}} = S_{\text{ТП1000}} \cdot 0,7 = 2000 \cdot 0,7 = 1400 \text{ кВА};$$

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

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

В таблице 9 приведено распределение жилых домов и общественных зданий по подстанциям микрорайона.

Таблица 9 – Распределение жилых домов и общественных зданий по подстанциям микрорайона

№ городской подстанции	Число СТ и их ном. мощность	№ здания на плане района	Sp, кВА	Коэф. загр., %
1	2	3	4	5
1	2x630	1, 2, 3, 52	842,43	66,8
2	2x630	4, 13, 67 91	848,425	67,3
3	2x400	5, 6, 7, 8	648,388	81
4	2x1000	19, 20, 51, 53, 55	1297	64,8
5	2x1000	23, 24, 25, 57, 74	1226	61,3
6	2x400	59, 75, 92	643,994	80,5
7	2x630	9, 10, 50, 54	925,764	73,5
8	2x1000	11, 12, 14, 16, 56, 58	1261	63
9	2x630	21, 22, 26, 60	720,551	57,2
10	2x1000	18, 27, 28, 29, 64	1167	58,4
11	2x630	32, 62, 66, 76, 84	763,509	60,6
12	2x400	30, 31, 33, 93	519,982	65
13	2x400	72, 87, 85	594,193	74,3
14	2x1000	15, 48, 69, 71	1339	67
15	2x630	17, 61, 63, 89	794,935	63,1
16	2x630	40, 41, 42, 65, 68, 80	989,538	78,5
17	2x1000	70, 73, 77, 88, 90	1346,85	67,3

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
18	2x1000	34	1469,23	73,5
19	2x1000	35, 36, 37 38, 39, 82 86	1297	65
20	2x630	47, 49, 78, 79	988,484	78,4
21	2x630	43, 44, 45, 46, 81, 83	927,634	73,6

Выводы по разделу.

Для обеспечения требований по резервированию питания и уменьшения занимаемой полезной площади территории города были выбраны к установке двухтрансформаторные подстанции. Выбраны для установки в КТП трансформаторы ТМГ как обладающие лучшими технико-экономическими показателями при размещении в отдельных зданиях, а мощность каждого трансформатора была определена с учетом возможной перегрузки при отключении одного из трансформаторов на КТП в послеаварийном режиме.

Было выполнено распределение жилых домов и общественных зданий по подстанциям микрорайона с учетом их взаимного расположения и категории надежности по электроснабжению.

4 Расчет параметров сетей микрорайона до 1000В

4.1 Выбор способа питания отдельных потребителей

Питание отдельных зданий осуществляется при помощи кабельных линий, проложенных в траншеях, кабельные линии выполняются при помощи кабеля ВВБ. В каждой кабельной линии прокладывается по два кабеля сечением которых выбирается исходя из суммарной мощности подключенных к ней потребителей электрической энергии.

4.2 Выбор сечения линий напряжением до 1000В

Сечение кабельных линий выбирается по нагреву токами продолжительного режима и проверяется на возможный перегрев при возникновении аварийной ситуации.

Выбранные линии проверяются на максимальные потери напряжения, которые согласно ГОСТ не должны приводить к отклонению напряжения у потребителей больше чем на 10% от номинального значения. Для поддержания напряжения в допустимых пределах используется как возможность увеличить сечение линии и снизить в ней потери, так и имеющиеся возможности регулирования на трансформаторных подстанциях 10/0,4 средствами ПБВ и при помощи РПН на главной понизительной подстанции микрорайона.

В 10 таблице приведены справочные данные по кабелям на номинальное напряжение до 1000В, которые могут использоваться в данной работе, к данным показателям относятся как удельные значения активного и индуктивного сопротивления, влияющие на итоговое значение сопротивления всей линии, так и значение длительно допустимого тока, определяемое механической прочностью линии.

Таблица 10 – Справочные данные по кабелям марки ВВБ на номинальное напряжение до 1000В

Кол-во жил и сечение кабеля	r_0 мОм / км	$I_{max.дон.}, A$	Глубина изоляц. слоя, мм	x_0 , мОм / км
4x16	1,16	94	1	5,8
4x25	0,74	132	1,2	5,6
4x35	0,53	146	1,2	4,9
4x50	0,37	173	1,4	4,8
4x70	0,265	214	1,4	4,1
4x95	0,195	259	1,6	4,1
4x120	0,154	294	1,6	3,7
4x150	0,124	332	1,8	3,7
4x185	0,1	379	2	3,7
4x240	0,077	438	2,2	3,6

Произведем расчет сечения для всех линий напряжением до 1000В, соединяющих трансформаторные подстанции и жилые и общественные здания рассматриваемого микрорайона города.

Произведем расчет питающей КЛ к жилому многоквартирному дому с номером на плане 13.

Питание дома осуществляется от ТП2 по 2м кабельным линиям.

Расчетное значение активной мощности, передаваемой по линии:

$$P = 452 \text{ кВт};$$

Расчетное значение полной мощности, передаваемой по линии:

$$S = 505,202 \text{ кВА};$$

В расчетах принимаем значение номинального напряжения равным:

$$U = 0,38 \text{ кВ}.$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{S}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U}, \quad (8)$$

где «S – расчетное значение мощности» [5];

$$I_{\text{норм}} = \frac{505,202}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 381,52 \text{ А.}$$

По результатам расчета тока нормального режима принимаем сечение кабельной линии равным: $F = 240 \text{ мм}^2$.

Исходя из указанных ранее справочных данных принимаем значение максимального длительно протекаемого по линии тока равным: $I_{\text{дон}} = 438 \text{ А}$.

С учетом совместной прокладки двух кабельных линий принимаем снижающий коэффициент: $k=0,93$.

Условие проверки выбранного сечения КЛ по нагреву в нормальном режиме работы:

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

Условие соблюдается.

Определяем значение тока в КЛ в послеаварийном режиме при отключении одной из линий:

$$I_{\text{н/ав}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}, \quad (9)$$

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

Условие проверки выбранного сечения КЛ по нагреву в послеаварийном режиме работы:

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

Расчетный ток послеаварийного режима превышает максимально допустимое значение для выбранного сечения, что является недопустимым. Поэтому увеличиваем количество питающих линий, а распределение нагрузки по ним принимаем в расчетах равномерным.

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

По новому, скорректированному значению рабочего тока принимаем новое сечение кабельной линии, равное: $F = 185 \text{ мм}^2$.

Исходя из указанных ранее справочных данных принимаем значение максимального длительно протекаемого по линии тока равным: $I_{доп} = 379 \text{ А}$.

С учетом совместной прокладки четырех кабельных линий принимаем снижающий коэффициент: $k = 0,87$

Условие проверки выбранного сечения КЛ по нагреву в нормальном режиме работы:

$$I_p = 190,76 < I_{доп} \cdot k = 379 \cdot 0,87 = 329,73 \text{ А.}$$

Условие соблюдается.

Определяем значение тока в КЛ в послеаварийном режиме при отключении одной из линий:

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

Условие проверки выбранного сечения КЛ по нагреву в послеаварийном

режиме работы:

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

Условие соблюдается.

Исходя из указанных ранее справочных данных принимаем погонное активное сопротивление равным: $r_0=0,1$ Ом/км.

Протяженность КЛ от ТП до жилого дома составляет: $L=57$ м.

Находим значение потерь напряжения в КЛ в нормальном режиме работы при функционировании обеих линий:

$$\Delta U_n = \frac{P \cdot r_0 \cdot L}{4 \cdot 10 \cdot U^2}, \quad (10)$$

где « r_0 – удельное активное сопротивление;

L – длина проводника» [7];

$$\Delta U_n = \frac{452 \cdot 0,1 \cdot 0,057}{4 \cdot 10 \cdot 0,38^2} = 0,45\%.$$

Потери в линии не превышают значения в 5%, что является допустимым.

Находим значение потерь напряжения в КЛ в послеаварийном режиме работы при отключении одной из линий:

$$\Delta U_{n/ав} = \frac{452 \cdot 0,1 \cdot 0,057}{4 \cdot 10 \cdot 0,38^2} = 0,9\%$$

Поскольку все рассмотренные выше условия выполняются, то можно сделать заключение о пригодности к использованию данной КЛ.

Произведем расчет питающей КЛ к жилому многоквартирному дому с номером на плане 65.

Питание дома осуществляется от ТП16 по 2м кабельным линиям.

Расчетное значение активной мощности, передаваемой по линии:

$$P = 270 \text{ кВт}.$$

Расчетное значение полной мощности, передаваемой по линии:

$$S = 317,65 \text{ кВА}.$$

В расчетах принимаем значение номинального напряжения равным:

$$U = 0,38 \text{ кВ}.$$

Определим значение рабочего тока в нормальном режиме работы при функционировании обеих КЛ:

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

По результатам расчета тока нормального режима принимаем сечение кабельной линии равным: $F = 240 \text{ мм}^2$.

Исходя из указанных ранее справочных данных принимаем значение максимального длительно протекаемого по линии тока равным: $I_{\text{доп}} = 438 \text{ А}$.

С учетом совместной прокладки двух кабельных линий принимаем снижающий коэффициент: $k = 0,93$.

Условие проверки выбранного сечения КЛ по нагреву в нормальном режиме работы:

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

Условие соблюдается.

Определяем значение тока в КЛ в послеаварийном режиме при отключении одной из линий:

$$I_{n/ав} = \frac{317,65}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 482,61 \text{ A}$$

Условие проверки выбранного сечения КЛ по нагреву в послеаварийном режиме работы:

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

Условие соблюдается.

Исходя из указанных ранее справочных данных принимаем погонное активное сопротивление равным: $r_0=0,077 \text{ Ом/км}$.

Протяженность КЛ от ТП до жилого дома составляет: $L=110 \text{ м}$.

Находим значение потерь напряжения в КЛ в нормальном режиме работы при функционировании обеих линий:

$$\Delta U_n = \frac{270 \cdot 0,077 \cdot 0,11}{2 \cdot 10 \cdot 0,38^2} = 0,69\%$$

Потери в линии не превышают значения в 5%, что является допустимым.

Находим значение потерь напряжения в КЛ в послеаварийном режиме работы при отключении одной из линий:

$$\Delta U_{n/ав} = \frac{270 \cdot 0,077 \cdot 0,11}{10 \cdot 0,38^2} = 1,38\%$$

Поскольку все рассмотренные выше условия выполняются, то можно сделать заключение о пригодности к использованию данной КЛ.

Таким же образом выполняем расчеты для всех оставшихся линий, а полученные в результате расчетов данные заносим в таблицы с номерами 11, 12 и 13.

Таблица 11 – Расчет токовых нагрузок на КЛ к жилым домам в нормальном и послеаварийном режимах

Начало КЛ, № жилого дома	Конец КЛ, №ТП	I_n, A	$I_{n.ав}, A$	K	$I_{дон} \cdot 1,3 \cdot K, A$
1	2	3	4	5	6
1	1	196,535	393,1	0,93	401,39
2	1	196,535	393,1	0,93	401,39
3	1	196,535	393,1	0,93	401,39
4	2	113,78	227,55	0,93	258,73
5	3	126,26	252,52	0,93	258,73
6	3	126,26	252,52	0,93	258,73
7	3	126,26	252,52	0,93	258,73
8	3	113,78	227,55	0,93	258,73
9	7	113,78	227,55	0,93	258,73
10	7	113,78	227,55	0,93	258,73
11	8	163,26	326,52	0,93	355,45
12	8	163,26	326,52	0,93	355,45
13	2	190,76	381,52	0,87	428,65
14	8	140,5	280	0,93	313,13
15	14	140,5	280	0,93	313,13
16	8	140,5	280	0,93	313,13
17	15	140,5	280	0,93	313,13
18	10	156,970	313,95	0,93	355,46
19	4	160,25	320,51	0,93	355,45
20	4	160,25	320,51	0,93	355,45
21	9	163,26	326,52	0,93	355,45
22	9	163,26	326,52	0,93	355,45
23	5	196,535	393,1	0,93	401,39
24	5	196,535	393,1	0,93	401,39
25	5	196,535	393,1	0,93	401,39
26	9	96,2	192,4	0,93	209,16
27	10	64,35	128,69	0,93	159,59
28	10	160,25	320,51	0,93	355,45
29	10	160,25	320,51	0,93	355,45
30	12	113,78	227,55	0,93	258,73
31	12	124,55	249,1	0,93	258,726
32	11	74,32	148,63	0,93	176,51
33	12	56,97	113,95	0,93	159,59

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6
34	18	223,23	446,45	0,85	484
35	19	160,25	320,51	0,93	355,45
36	19	160,25	320,51	0,93	355,45
37	19	126,06	252,12	0,93	258,73
38	19	126,06	252,12	0,93	258,73
39	19	126,06	252,12	0,93	258,73
40	16	126,06	252,12	0,93	258,73
41	16	126,06	252,12	0,93	258,73
42	16	126,06	252,12	0,93	258,73
43	21	156,970	313,95	0,93	355,46
44	21	126,26	252,52	0,93	258,73
46	21	126,26	252,52	0,93	258,73
47	20	163,26	326,52	0,93	355,45
48	14	190,76	381,52	0,87	428,65
49	20	143,77	287,53	0,87	292,93
50	7	159,36	318,72	0,87	332,25
51	4	159,36	318,72	0,87	332,25
52	1	50,24	100,48	0,93	159,59
53	4	96,2	192,4	0,93	209,16
54	7	156,970	313,95	0,93	355,46
55	4	249,89	499,78	0,93	529,54
56	8	5,68	11,36	0,93	113,65
57	5	138,53	277,1	0,93	313,13
58	8	172,5	344,98	0,87	375,5
59	6	172,5	344,98	0,87	375,5
60	9	124,55	249,1	0,93	258,726
61	15	50,24	100,48	0,93	159,59
62	11	249,89	499,78	0,93	529,54
63	15	249,89	499,78	0,93	529,54
64	10	172,5	344,98	0,87	375,5
65	16	241,31	482,61	0,93	529,54
66	11	52,93	105,86	0,93	159,59
67	2	52,93	105,86	0,93	159,59
68	16	122,94	245,89	0,93	258,73
69	14	190,76	381,52	0,87	428,65
70	17	172,5	344,98	0,87	375,5
71	14	113,78	227,55	0,93	258,73

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6
72	13	113,78	227,55	0,93	258,73
73	17	124,55	249,1	0,93	258,726
74	5	241,31	482,61	0,93	529,54
75	6	79,89	159,78	0,93	176,51
76	11	138,53	277,1	0,93	313,13
77	17	163,26	326,52	0,93	355,45
78	20	50,24	100,48	0,93	159,59
79	20	249,89	499,78	0,93	529,54
80	16	9,23	18,59	0,93	113,65
81	21	5,68	11,36	0,93	113,65
82	19	122,94	245,89	0,93	258,73
83	21	163,26	326,52	0,93	355,45
84	11	64,35	128,69	0,93	159,59
85	13	241,31	482,61	0,93	529,54
86	19	163,26	326,52	0,93	355,45
87	13	96,2	192,4	0,93	209,16
88	17	156,970	313,95	0,93	355,46
89	15	163,26	326,52	0,93	355,45
90	17	233,34	466,78	0,93	529,54
91	2	96,2	192,4	0,93	209,16
92	6	64,35	128,69	0,93	159,59
93	12	99,71	199,4	0,93	209,16

Таблица 12 – Расчет потерь напряжения в КЛ к жилым домам в нормальном и послеаварийном режимах работы линий

Начало КЛ, № жилого дома	Конец КЛ, №ТП	$L, км$	$\Delta U, \%$	$\Delta U_{n/ав}, \%$
1	2	3	4	5
1	1	0,114	1,15	2,3
2	1	0,064	0,64	1,29
3	1	0,034	0,34	0,68
4	2	0,282	3,5	7
5	3	0,12	1,7	3,4
6	3	0,06	0,85	1,7
7	3	0,026	0,37	0,74
8	3	0,168	2,1	4,2

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
9	7	0,094	1,16	2,33
10	7	0,068	0,84	1,68
11	8	0,056	0,57	1,14
12	8	0,062	0,63	1,26
13	2	0,0572	0,45	0,9
14	8	0,094	1,1	2,2
15	14	0,154	1,9	3,5
16	8	0,07	0,8	1,6
17	15	0,096	1,1	2,2
18	10	0,114	1,23	2,46
19	4	0,076	0,77	1,54
20	4	0,15	1,53	3,06
21	9	0,08	0,8	1,6
22	9	0,072	0,73	1,46
23	5	0,032	0,32	0,64
24	5	0,096	0,96	1,92
25	5	0,132	1,33	2,66
26	9	0,03	0,43	0,86
27	10	0,024	0,44	0,88
28	10	0,056	0,6	1,2
29	10	0,086	0,87	1,75
30	12	0,192	2,38	4,7
31	12	0,044	0,65	1,3
32	11	0,148	2,4	4,8
33	12	0,156	2,75	5,5
34	18	0,02	0,15	0,3
35	19	0,044	0,45	0,9
36	19	0,072	0,7	1,4
37	19	0,164	2,3	4,5
38	19	0,124	1,72	3,44
39	19	0,112	1,55	3,1
40	16	0,058	0,8	1,6
41	16	0,126	1,75	3,5
42	16	0,204	2,8	5,6
43	21	0,122	1,32	2,6
44	21	0,048	0,68	1,36
45	21	0,054	0,77	1,54

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
46	21	0,092	1,3	2,6
47	20	0,162	1,6	3,2
48	14	0,048	0,37	0,74
49	20	0,026	0,31	0,62
50	7	0,048	0,4	0,8
51	4	0,072	0,57	1,14
52	1	0,074	0,94	1,88
53	4	0,028	0,4	0,8
54	7	0,038	0,41	0,82
55	4	0,017	0,14	0,28
56	8	0,086	0,25	0,5
57	5	0,046	0,48	0,96
58	8	0,042	0,37	0,74
59	6	0,024	0,2	0,4
60	9	0,06	0,88	1,76
61	15	0,03	0,38	0,76
62	11	0,066	0,55	1,1
63	15	0,088	0,73	1,46
64	10	0,042	0,37	0,74
65	16	0,11	0,69	1,38
66	11	0,046	0,76	1,52
67	2	0,1362	2,42	4,84
68	16	0,03	0,39	0,78
69	14	0,056	0,44	0,88
70	17	0,114	1,01	2,02
71	14	0,026	0,32	0,64
72	13	0,038	0,47	0,94
73	17	0,024	0,35	0,7
74	5	0,06	0,43	0,86
75	6	0,044	0,78	1,56
76	11	0,088	1,2	2,4
77	17	0,222	2,25	4,5
78	20	0,03	0,38	0,76
79	20	0,0232	0,14	0,28
80	16	0,092	0,38	0,76
81	21	0,062	0,27	0,54
82	19	0,116	1,15	3
83	21	0,052	0,53	1,06

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
84	11	0,046	0,85	1,7
85	13	0,146	1,05	2,1
86	19	0,118	1,2	2,4
87	13	0,154	2,2	4,4
88	17	0,094	1	2
89	15	0,052	0,53	1,06
90	17	0,1438	0,53	1,06
91	2	0,17	2,4	4,8
92	6	0,058	1,07	2,14
93	12	0,126	1,7	3,4

Таблица 13 – Результаты определения сечения КЛ и их количества

Начало и конец КЛ	L, км	N, шт.	Тип, число жил и сечение КЛ
1	2	3	4
Ж/д 1 – ТП1	0,114	2	ВВБ 4x150
Ж/д 2 – ТП1	0,064	2	ВВБ 4x150
Ж/д 3 – ТП1	0,034	2	ВВБ 4x150
Ж/д 4 – ТП2	0,282	2	ВВБ 4x70
Ж/д 5 – ТП3	0,12	2	ВВБ 4x70
Ж/д 6 – ТП3	0,06	2	ВВБ 4x70
Ж/д 7 – ТП3	0,026	2	ВВБ 4x70
Ж/д 8 – ТП3	0,168	2	ВВБ 4x70
Ж/д 9 – ТП7	0,094	2	ВВБ 4x70
Ж/д 10 – ТП7	0,068	2	ВВБ 4x70
Ж/д 11 – ТП8	0,056	2	ВВБ 4x120
Ж/д 12 – ТП8	0,062	2	ВВБ 4x120
Ж/д 13 – ТП2	0,0572	4	ВВБ 4x185
Ж/д 14 – ТП8	0,094	2	ВВБ 4x95
Ж/д 15 – ТП14	0,154	2	ВВБ 4x95
Ж/д 16 – ТП8	0,07	2	ВВБ 4x95
Ж/д 17 – ТП15	0,096	2	ВВБ 4x95
Ж/д 18 – ТП10	0,114	2	ВВБ 4x120
Ж/д 19 – ТП4	0,076	2	ВВБ 4x120
Ж/д 20 – ТП4	0,15	2	ВВБ 4x120
Ж/д 21 – ТП9	0,08	2	ВВБ 4x120

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
Ж/д 22 – ТП9	0,072	2	ВВБ 4x120
Ж/д 23 – ТП5	0,032	2	ВВБ 4x150
Ж/д 24 – ТП5	0,096	2	ВВБ 4x150
Ж/д 25 – ТП5	0,132	2	ВВБ 4x150
Ж/д 26 – ТП9	0,03	2	ВВБ 4x50
Ж/д 27 – ТП10	0,024	2	ОВБ 4x25
Ж/д 28 – ТП10	0,056	2	ВВБ 4x120
Ж/д 29 – ТП10	0,086	2	ВВБ 4x120
Ж/д 30 – ТП12	0,192	2	ВВБ 4x70
Ж/д 31 – ТП12	0,044	2	ВВБ 4x70
Ж/д 32 – ТП11	0,148	2	ОВБ 4x35
Ж/д № 33 – ТП12	0,156	2	ОВБ 4x25
Ж/д 34 – ТП18	0,02	5	ВВБ 4x240
Ж/д 35 – ТП19	0,044	2	ВВБ 4x120
Ж/д 36 – ТП19	0,072	2	ВВБ 4x120
Ж/д 37 – ТП19	0,164	2	ВВБ 4x70
Ж/д 38 – ТП19	0,124	2	ВВБ 4x70
Ж/д 39 – ТП19	0,112	2	ВВБ 4x70
Ж/д 40 – ТП16	0,058	2	ВВБ 4x70
Ж/д 41 – ТП16	0,126	2	ВВБ 4x70
Ж/д 42 – ТП16	0,204	2	ВВБ 4x70
Ж/д 43 – ТП21	0,122	2	ВВБ 4x120
Ж/д 44 – ТП21	0,048	2	ВВБ 4x70
Ж/д 45 – ТП21	0,054	2	ВВБ 4x70
Ж/д 46 – ТП21	0,092	2	ВВБ 4x70
Ж/д 47 – ТП20	0,162	2	ВВБ 4x120
Ж/д 48 – ТП14	0,048	4	ВВБ 4x185
Ж/д 49 – ТП20	0,026	4	ВВБ 4x95
Ж/д 50 – ТП7	0,048	4	ВВБ 4x150
Ж/д 51 – ТП4	0,072	4	ВВБ 4x150
Ж/д 52 – ТП1	0,074	2	ОВБ 4x25
Ж/д 53 – ТП4	0,028	2	ВВБ 4x50
Ж/д 54 – ТП7	0,038	2	ВВБ 4x120
Ж/д 55 – ТП4	0,017	2	ВВБ 4x240
Ж/д 56 – ТП8	0,086	2	ВВБ 4x16
Ж/д 57 – ТП5	0,046	2	ВВБ 4x95
Ж/д 58 – ТП8	0,042	4	ВВБ 4x150

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
Ж/д 59 – ТП6	0,024	4	ВВБ 4x150
Ж/д 60 – ТП9	0,06	2	ВВБ 4x70
Ж/д 61 – ТП15	0,03	2	ОВБ 4x25
Ж/д 62 – ТП11	0,066	2	ВВБ 4x240
Ж/д 63 – ТП15	0,088	2	ВВБ 4x240
Ж/д 64 – ТП10	0,042	4	ВВБ 4x150
Ж/д 65 – ТП16	0,11	2	ВВБ 4x240
Ж/д 66 – ТП11	0,046	2	ОВБ 4x25
Ж/д 67 – ТП2	0,1362	2	ОВБ 4x25
Ж/д 68 – ТП16	0,03	2	ВВБ 4x70
Ж/д 69 – ТП14	0,056	4	ВВБ 4x185
Ж/д 70 – ТП17	0,114	4	ВВБ 4x150
Ж/д 71 – ТП14	0,026	2	ВВБ 4x70
Ж/д 72 – ТП13	0,038	2	ВВБ 4x70
Ж/д 73 – ТП17	0,024	2	ВВБ 4x70
Ж/д 74 – ТП5	0,06	2	ВВБ 4x240
Ж/д 75 – ТП6	0,044	2	ОВБ 4x35
Ж/д 76 – ТП11	0,088	2	ВВБ 4x95
Ж/д 77 – ТП17	0,222	2	ВВБ 4x120
Ж/д 78 – ТП20	0,03	2	ОВБ 4x25
Ж/д 79 – ТП20	0,0232	2	ВВБ 4x240
Ж/д 80 – ТП16	0,092	2	ВВБ 4x16
Ж/д 81 – ТП21	0,062	2	ВВБ 4x16
Ж/д 82 – ТП19	0,116	2	ВВБ 4x70
Ж/д 83 – ТП21	0,052	2	ВВБ 4x120
Ж/д 84 – ТП11	0,046	2	ОВБ 4x25
Ж/д 85 – ТП13	0,146	2	ВВБ 4x240
Ж/д 86 – ТП19	0,118	2	ВВБ 4x120
Ж/д 87 – ТП13	0,154	2	ВВБ 4x50
Ж/д 88 – ТП17	0,094	2	ВВБ 4x120
Ж/д 89 – ТП15	0,052	2	ВВБ 4x120
Ж/д 90 – ТП17	0,1438	4	ВВБ 4x240
Ж/д 91 – ТП2	0,17	2	ВВБ 4x50
Ж/д 92 – ТП6	0,058	2	ОВБ 4x25
Ж/д 93 – ТП12	0,126	2	ВВБ 4x50

Выводы по разделу.

Питание отдельных зданий осуществляется при помощи кабельных

линий, проложенных в траншеях, кабельные линии выполняются при помощи кабеля ВВБ. Выбор кабелей с медными жилами был обусловлен большей токовой нагрузкой, гибкостью и долговечностью. В каждой кабельной линии прокладывается минимум по два кабеля, сечение которых выбирается исходя из суммарной мощности подключенных к ней потребителей электрической энергии.

Сечение кабельных линий выбирается по нагреву токами продолжительного режима и проверяется на возможный перегрев при возникновении аварийной ситуации. Кроме того, учитывались потери напряжения в линии в нормальном и послеаварийном режиме, сопряженном с увеличением передаваемой по линии мощности. При невозможности прокладки двух линий из-за недопустимых значений токов или потерь напряжения, количество линий увеличивалось с соответствующим пересчетом их сечения.

5 Определение параметров кабельных линий распределительной сети напряжением 10 кВ

5.1 Определение нагрузок по ТП микрорайона

Находим нагрузку по каждой ТП микрорайона с учетом коэффициента несовпадения максимумов, подключенных к ТП потребителей электроэнергии.

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

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

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

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

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

Результаты расчетов нагрузок по ТП микрорайона представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты расчетов нагрузок по ТП микрорайона

№ подстанции микрорайона	$S, \text{кВА}$
1	2
КТП1	835,64
КТП2	373,37
КТП3	633,41
КТП4	1152,8
КТП5	634,02

Продолжение таблицы 14

1	2
КТП6	599,6
КТП7	813,13
КТП8	1221,33
КТП9	658,56
КТП10	1050,83
КТП11	617,9
КТП12	463,75
КТП13	538,78
КТП14	1138,33
КТП15	563,29
КТП16	820,34
КТП17	1092,12
КТП18	1469,23
КТП19	1198,13
КТП20	795,4
КТП21	843,48

5.2 Определение сечения КЛ напряжением 10кВ

При выборе сечения линий напряжением выше 1000 В на первый план выходят экономические соображения, ради которых сечение сетей завышается с целью снижения потерь электрической энергии при передаче.

Кабельные линии распределительной сети 10 кВ выполним кабелем типа ПвБВ, который рекомендуется для траншейной прокладки и обладает хорошей защитой от механических повреждений.

В 15 таблице приведены справочные данные по кабелям на номинальное напряжение 10 кВ, которые могут использоваться в данной работе.

Таблица 15 – Справочные данные по кабелям типа ПвБВ на номинальное напряжение 10 кВ

Кол-во жил и сечение кабеля	$I_{max.доп.}, A$	Глубина изоляц. слоя, мм	Глубина слоя внеш. оболочки, мм	$m, кг / км$	$r_0, Ом / км$
3x95	263	3,4	3,5	6130	0,32
3x120	298	3,4	3,5	7640	0,253
3x150	332	3,4	3,5	8730	0,206
3x185	374	3,4	3,5	10220	0,164
3x240	431	3,4	3,5	12330	0,125

В таблице 16 приведены протяженности линий напряжением 10 кВ от высоковольтного РП до ТП и между отдельными ТП.

Таблица 16 – Протяженности линий напряжением 10 кВ от высоковольтного РП до ТП и между отдельными ТП

Начало и конец КЛ	$L, км$
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
ТП9–ТП11	0,319
ТП11–ТП110	0,336
ТП10–ТП12	0,271

Продолжение таблицы 16

1	2
П2–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

Определяем линейно–квадратичную мощность, приходящуюся на линию от РП1 до ТП2:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{лкРП1-ТП2}} &= \sqrt{\frac{\sum_i^n S_i^2 \times l_i}{l_{\Sigma}}} = \\
 &= \sqrt{\frac{373,37^2 \times 483 + 1209^2 \times 448 + 2361,8^2 \times 189,5 + 2995,8^2 \times 180 + 3595,2^2 \times 556}{1676,5}} = \\
 &= 2512,39 \text{ кВА}.
 \end{aligned}$$

Находим значение рабочего тока в нормальном режиме функционирования для линии от РП1 до ТП2:

$$I_{\text{рРП1-ТП2}} = \frac{S_{\text{лкРП1-ТП2}}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2512,3}{\sqrt{3} \cdot 10} = 145,05 \text{ А}.$$

Размер сечения жилы принимаем исходя из интервалов токовых

нагрузок согласно таблице 17 и полученные значения сверяем с максимальными токами, которые приведены в таблице 18.

Таблица 17 – Интервалы токовых нагрузок

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

Таблица 18 – Максимальные продолжительные токи для кабелей 10 кВ различных сечений

$F_{ек}, мм^2$	95	120	150	185	240
$I_{дон}, А$	263	298	332	374	431

Принимаем сечение: $F=185 мм^2$.

Выбранное сечение проходит проверку на нагрев токами длительного режима:

$$I_p = 145,05 < I_{дон} = 374А.$$

Условие выполняется.

Проверяем на нагрев током послеаварийного режима, для этого определяем значение мощности в данном режиме:

$$I_{n/ав} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \times U_n} =$$

$$= \frac{373,4 + 835,64 + 1152,8 + 634 + 599,6 + 813,1 + 1221,3 + 658,6 + 617,9 + 1050,8}{\sqrt{3} \times 10} =$$

$$= 459,41 \text{ A}$$

Проводим проверку на нагрев:

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

Условие выполняется и в послеаварийном режиме.

Результаты выбора сечения линий 10 кВ заносим в таблицу 19.

Таблица 19 – Результаты выбора сечения линий 10 кВ

Начало и конец КЛ	$S_{лк}, \text{кВА}$	I_p, A	$I_{П/AB}, \text{A}$	$F, \text{мм}^2$
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

Выводы по разделу.

Были определены нагрузки по каждой ТП микрорайона с учетом коэффициента несовпадения максимумов, подключенных к ТП потребителей электроэнергии.

Кабельные линии распределительной сети 10 кВ выполнены кабелем типа ПвБВ, который рекомендуется для траншейной прокладки и обладает хорошей защитой от механических повреждений.

Выбраны сечения для каждой линии 10 кВ и проверены на допустимый нагрев в нормальном и послеаварийном режимах работы.

Заключение

Цель работы заключалась в разработке такой системы электроснабжения, которая бы позволила обеспечить потребителей микрорайона качественной электрической энергией и обязательным обеспечением требований по надежности электроснабжения.

В работе приведены сведения о жилых и общественных зданиях микрорайона города, каждый из объектов отнесен к одной из трех категорий по надежности электроснабжения. Установлено, что большая часть объектов рассматриваемого микрорайона относится к I и II категориям.

В результате произведенных расчетов были определены нагрузки как по жилым многоквартирным домам микрорайона с учетом установленных в них лифтов и санитарно-технических устройств, так и по общественным зданиям различного назначения. Суммарное значение нагрузки, приведенное к вводам зданий, составило 20,843МВА.

Для обеспечения требований по резервированию питания и уменьшения занимаемой полезной площади территории города были выбраны к установке двухтрансформаторные подстанции. Выбраны для установки в КТП трансформаторы ТМГ как обладающие лучшими технико-экономическими показателями при размещении в отдельных зданиях, а мощность каждого трансформатора была определена с учетом возможной перегрузки при отключении одного из трансформаторов на КТП в послеаварийном режиме.

Было выполнено распределение жилых домов и общественных зданий по подстанциям микрорайона с учетом их взаимного расположения и категории надежности по электроснабжению.

Питание отдельных зданий осуществляется при помощи кабельных линий, проложенных в траншеях, кабельные линии выполняются при помощи кабеля ВВБ. Выбор кабелей с медными жилами был обусловлен большей токовой нагрузкой, гибкостью и долговечностью. В каждой кабельной линии прокладывается минимум по два кабеля, сечение которых выбирается исходя

из суммарной мощности подключенных к ней потребителей электрической энергии.

Сечение кабельных линий выбирается по нагреву токами продолжительного режима и проверяется на возможный перегрев при возникновении аварийной ситуации. Кроме того, учитывались потери напряжения в линии в нормальном и послеаварийном режиме, сопряженном с увеличением передаваемой по линии мощности. При невозможности прокладки двух линий из-за недопустимых значений токов или потерь напряжения, количество линий увеличивалось с соответствующим пересчетом их сечения.

Были определены нагрузки по каждой ТП микрорайона с учетом коэффициента несовпадения максимумов, подключенных к ТП потребителей электроэнергии.

Кабельные линии распределительной сети 10 кВ выполнены кабелем типа ПвБВ, который рекомендуется для траншейной прокладки и обладает хорошей защитой от механических повреждений.

Выбраны сечения для каждой линии 10 кВ и проверены на допустимый нагрев в нормальном и послеаварийном режимах работы.

Список используемых источников

1. Антонов С.Н. Проектирование электроэнергетических систем : учебное пособие. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2014. 104 с.
2. Анчарова Т. В., Рашевская М.А., Стебунова. Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учебник , 2-е изд., перераб. и доп. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. 415 с.
3. Валеев И.М., Мусаев Т.А. Методика расчета режима работы системы электроснабжения городского района : монография. Казань : КНИТУ, 2016. 132 с.
4. Гальперин М.В. Электротехника и электроника : учебник, 2-е изд. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. 480 с.
5. Кобелев А.В., Кочергин С.В., Печагин Е.А. Режимы работы электроэнергетических систем : учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика». Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. 80 с.
6. Комиссаров Ю.А., Бабокин Г.И. Общая электротехника и электроника : учебник. 2-е изд., испр. и доп. М. : ИНФРА-М, 2017. 479 с.
7. Кудрин Б.И. Электроснабжение: учебник. М.: Феникс, 2018. 382 с.
8. Кузнецов С.М. Проектирование тяговых и трансформаторных подстанций : учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. 92 с.
9. Кулеева Л.И., Митрофанов С.В., Семенова Л.А. Проектирование подстанции : учебное пособие. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. 111 с.
10. Ополева Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учеб. пособие. М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2018. 416 с.
11. СП 31-110-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.

М.: Госстрой РФ, 2003.

12. Ушаков В.Я. Современные проблемы электроэнергетики [Электронный ресурс] : учебное пособие. Томск: Томский политехнический университет, 2014. 447 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/34715.html> (дата обращения: 13.12.2021).

13. Хорольский В.Я., Таранов М.А. Надежность электроснабжения : учеб. пособие. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. 127 с.

14. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. 3-е изд. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. 136 с.

15. Шеховцов В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование : учебник, 3-е изд. М. : ИНФРА-М, 2018. 407 с.

16. Ding H. Construction and Test of Three-Coil Magnet Power Supply System for a High-Pulsed Magnetic Field // IEEE Transactions on Applied Superconductivity. 2018. vol. 28. no. 3. pp. 1-6.

17. Lepadat I., Helerea E., Abagiu S., Mihai C. Losses in power supply system of industrial consumers - A technical and economic issue // 2017 5th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEEE). Galati. 2017. pp. 1-6.

18. Sahdev S.K. Basic Electrical Engineering. - Pearson India, 2015. 768 p.

19. Xu Y., He K., Lu C., Ding H. A new three-structure repetitive pulse magnetic field power supply system // IEEE Transactions on Applied Superconductivity. 2018. vol. 4, no. 99. pp. 1-1.

20. Yang F., Gu C. Optimal design of power supply system for a novel permanent bistable electromagnetic clutch // 2017 20th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS). Sydney. NSW. 2017. pp. 1-4.