

Содержание

Введение	3
1 Характеристика состояния распределительных сетей 10 кВ в Автозаводском районе г. Тольятти	6
1.1 Схема питания Автозаводского района г. Тольятти	6
1.2 Распределительные сети 10 кВ в г. Тольятти	10
1.3 Анализ состояния электросетевого хозяйства 5 и 3А кварталов	12
1.4 Анализ состояния электросетевого хозяйства 7 квартала	21
1.5 Анализ состояния электросетевого хозяйства территории прибрежного парка и набережной	30
2 Исследование вариантов модернизации распределительных электрических сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти	36
2.1 Воздушные линии	36
2.2 Кабельные линии	43
2.3 Выбор варианта продукции для модернизации распределительных линий 10кВ Автозаводского района г. Тольятти	45
3 Техничко-экономическое обоснование вариантов модернизации распределительных сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти	50
3.1 Техничко-экономическое обоснование варианта модернизации распределительных сетей 10 кВ от ГПП-2 до РП №3 и от ГПП-2 до РП № 8	50
3.2 Техничко-экономическое обоснование варианта модернизации распределительных сетей 10 кВ от ГПП-2 до КТП набережная	65
Заключение	69
Список используемых источников	72

Введение

Электроснабжение города одна из важнейших составляющих его жизнедеятельности. Непрерывный рост численности населения крупных городов вызывает увеличение потребления электрической энергии [29,30]. Следует отметить, что рост электропотребления связан не только с увеличением количества жителей и качества их жизни, но также с проникновением электрической энергии во все сферы жизнедеятельности населения, с цифровизацией сфер человеческого потребления [50].

Важную роль в электроснабжении города играют городские распределительные сети [23]. Особенностью городских распределительных сетей является также то, что они обеспечивают электроснабжение потребителей всех категорий надежности, поэтому к ним предъявляются требования по выполнению схемных решений [25,44].

Огромные масштабы жилищного строительства, осуществленного в городах, обуславливает необходимость непрерывного развития и совершенствования городских электрических сетей, являющихся связующим звеном между источниками и городскими потребителями электроэнергии.

Рост энергопотребления в предпринимательской и жилищно-коммунальной сферах деятельности привел к возникновению ряда проблем.

Одной из таких проблем является износ существующих сетей 10 кВ. В Автозаводском районе г. Тольятти большая часть распределительных сетей 10 кВ введена в эксплуатацию 70-80х годах прошлого века. Из-за внедрения новых технологий, уплотнения строительства происходит рост длины городских. К настоящему времени данные сети имеют износ более 60%.

Физический износ сетей приводит к увеличению числа аварий, приводящих к возникновению перебоев в электроснабжении потребителей [28].

Потери электроэнергии в сетях являются одним из показателей, которые наиболее объективно отражают экономичность работы электросетей

[19]. Международная практика показывает, что при распределении электроэнергии от источников до конечных потребителей потери при нормальном уровне работы оборудования и удовлетворительном состоянии всех элементов обычно составляют 3-5 процентов [46]. При потерях электроэнергии в сетях до 10 процентов, как правило, срочных специальных мер не предпринимается: такой уровень считается максимально допустимым с точки зрения физики передачи [11,12].

Распределительные сети 10 кВ, эксплуатируемые городскими сетевыми компаниями, характеризуются значительной долей потерь электроэнергии в суммарных потерях по всей цепи передачи электроэнергии от источников до электроприемников [13,15].

Объект исследования – распределительные сети 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти.

Предмет исследования – варианты реконструкции электрических сетей 10 кВ.

Целью исследования является повышение пропускной способности сетей 10 кВ для развития городской части Автозаводского района г. Тольятти.

Задачи исследования:

1. Анализ состояния распределительных электрических сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти;
2. Исследование вариантов модернизации распределительных электрических сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти;
3. Технико-экономическое обоснование вариантов модернизации распределительных электрических сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти.

Научная новизна исследования заключается в:

- обоснована необходимость реконструкции распределительных сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти;

- на основании сравнения технических характеристик, достоинств и недостатков способов исполнения линий 10 кВ выбран кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АПвПг.

Практическая значимость исследования. Результаты исследования могут быть использованы при реконструкции электрических 10 кВ АО «ССК».

Личное участие автора в организации и проведения исследования состоит в анализе графиков нагрузок ГПП № 2, выборе вариантов реконструкции распределительных сетей, в технико-экономическом обосновании принятых решений.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях:

- V Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов «Энергосбережение и энергобезопасность производственных процессов» (ноябрь 2019 г., Тольятти);

- студенческих днях науки в ТГУ (апрель 2020 г., Тольятти);

- на научных семинарах кафедры «Электроснабжение и электротехника» института химии и энергетики Тольяттинского государственного университета.

На защиту выносятся:

1. Характеристика состояния распределительных сетей 10 кВ в Автозаводском районе г. Тольятти;

2. Исследование вариантов модернизации распределительных электрических сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти;

3. Технико-экономическое обоснование вариантов модернизации распределительных сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 15 рисунков, список используемых литературы источников. Основной текст изложен на 76 страницах.

1 Характеристика состояния распределительных сетей 10 кВ в Автозаводском районе г. Тольятти

1.1 Схема питания Автозаводского района г. Тольятти

Электроснабжение Автозаводского района г. Тольятти осуществляется от головных понизительных подстанций №№ 1-5. Электроснабжение городской части района предусмотрено от ГПП №№ 1-4. Обслуживает электрические Автозаводского района ООО «ССК». На рисунке 1 представлена структурная схема питания Автозаводского района г. Тольятти.

ГПП №2 была введена в эксплуатацию в 1972 году. От ГПП №2 питаются потребители 1, 2 и 3 категории надежности электроснабжения. К потребителям 1 категории относится Тольяттинская городская клиническая больница №5. Чтобы обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителей 1 категории, они должны питаться от двухтрансформаторной подстанции [3]. Тогда перерыв в электроснабжении произойдет на время автоматического восстановления питания, что допустимо ПУЭ [1].

ГПП №2 является основным источником электроэнергии для электроприемников 2 и 3 категории надежности электроснабжения, составляющие 90% от всех потребителей. К потребителям 2 и 3 категории относятся жилищно-коммунальный сектор, учебные и социальные объекты Автозаводского района.

Для Автозаводского района характерна система электроснабжения с распределительными пунктами, которые связаны с центрами питания относительно небольшим числом питающих линий большой пропускной способности. От ГПП №2 запитаны:

- 1) РП № 17 – потребители 3Б и 11 кварталов;
- 2) РП № 9 – резервное питание потребителей 4 квартала;
- 3) РП № 3 – потребители 3А и 5 кварталов;
- 4) РП № 8 – потребители 7 квартала;

- 5) РП № 7 ОГТЦ – потребители инженерного центра (МАУ «ДКИТ»);
- 6) РП № 24 – потребители 8 квартала и набережной;
- 7) РП № 12 – резервное питание потребителей 9 квартала;
- 8) РП № 13 – резервное питание потребителей 10 квартала;
- 9) РП № 15 – потребители кварталов «Детский городок» и 11 квартал;
- 10) РП № 15А – потребители 8 квартала;
- 11) РП № 10 – питание потребителей 1 и 2 категории на территории Медгородка;
- 12) РП № 11 – питание потребителей 1 и 2 категории на территории Медгородка и 13 квартала;
- 13) РП № 25 – потребители Дворца спорта «Волгарь»;
- 14) Трансформаторная подстанция 10/0,4 «Тяговая»;
- 15) КТП – Набережная.

К шинам распределительных пунктов присоединяется различное число кабельных линий 10 кВ. Таким образом, распределительный пункт является как бы повторением источника питания. В каждом квартале Автозаводского района предусмотрен распределительный пункт 10 кВ.

В среднем в квартале находится от 10 до 17 трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ с трансформаторами мощностью от 630 до 1600 кВА.

На рисунке 2 представлена электрическая схема ГПП №2.

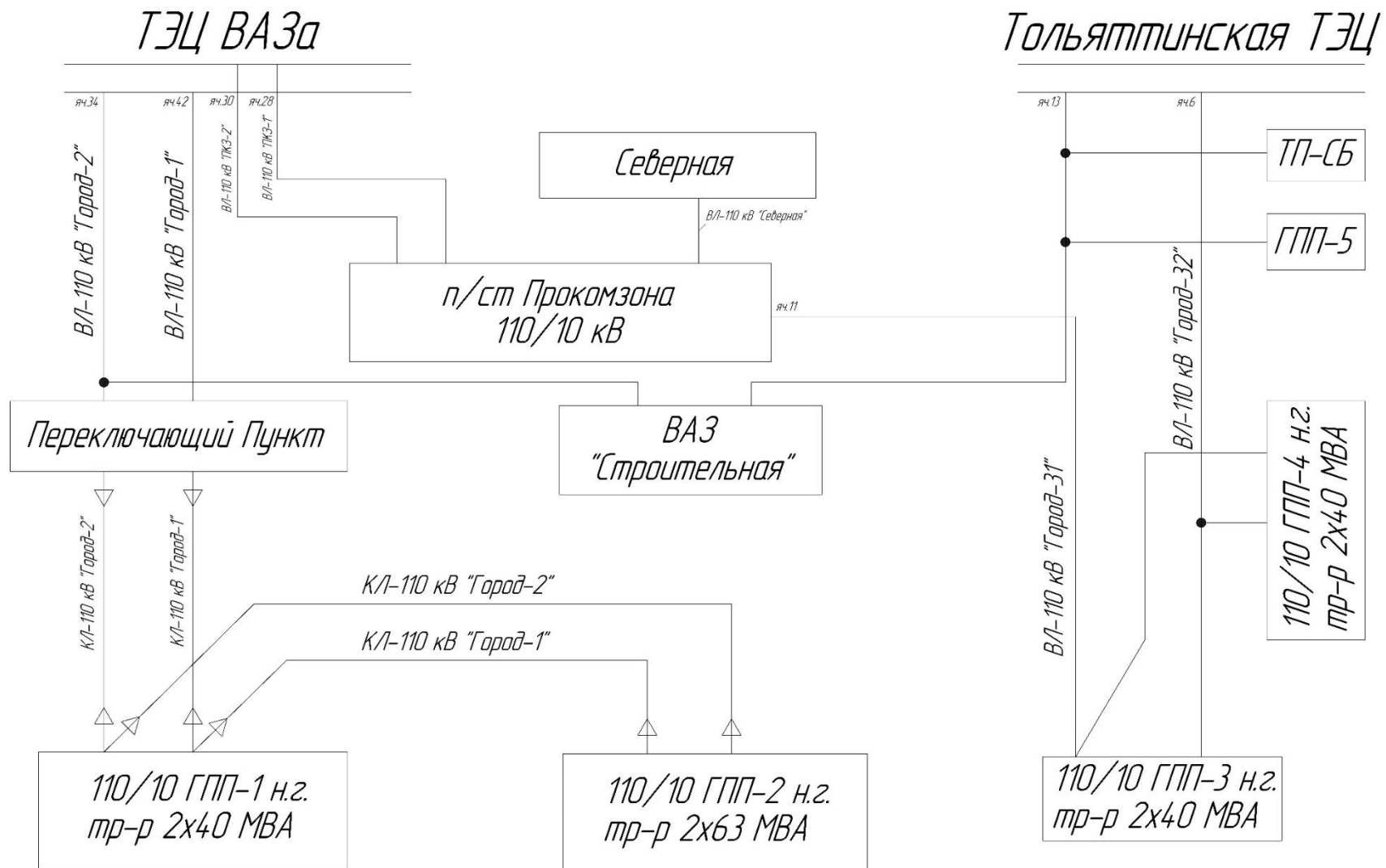


Рисунок 1 – Структурная схема питания Автозаводского района г. Тольятти

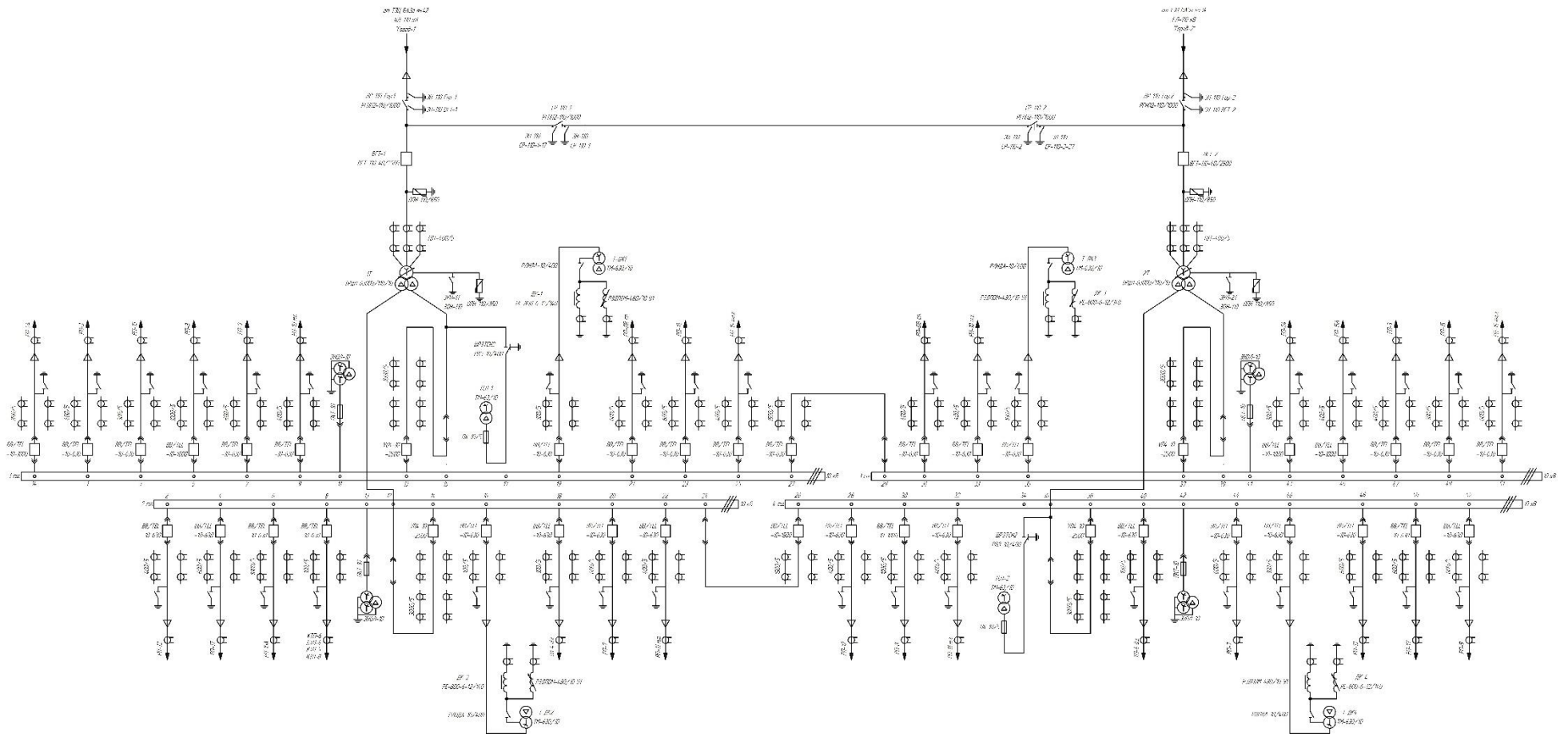


Рисунок 2 – Электрическая схема ГПП №2

1.2 Распределительные сети 10 кВ в г. Тольятти

Рост энергопотребления в предпринимательской и жилищно-коммунальной сферах деятельности привел к возникновению ряда проблем. Одной из таких проблем является износ существующих электрических сетей 10 кВ [18].

Основные питающие и распределительные сети городской части Автозаводского района г. Тольятти спроектированы и проложены в 70-80х годах прошлого века. В таблице 1 представлены сведения о сроках ввода в эксплуатацию электрических сетей 10 кВ от ГПП №2 до распределительных пунктов 10 кВ.

Таблица 1 – Сроки ввода в эксплуатацию электрических сетей 10 кВ

Кабельная линия	Год ввода в эксплуатацию
ГПП №2 – РП №3	1973
ГПП №2 – РП №8	1973
ГПП №2 – РП №10 Тольяттинская городская клиническая больница №5	1973
ГПП №2 – РП №11 Тольяттинская городская клиническая больница №5	1973
ГПП №2 – РП №25 Дворец спорта «Волгарь»	1975
ГПП №2 – КТП «Набережная»	1975
ГПП №2 – РП №15	1978
ГПП №2 – РП №15А	1985
ГПП №2 – РП №7 ОГТЦ	1985
ГПП №2 – РП №24	2001

Продолжение таблицы 1

Кабельная линия	Год ввода в эксплуатацию
ГПП №2 – РП №17	1987 (в 2010 произведена реконструкция кабельной линии 10 кВ)

Из таблицы 1 следует: при среднем сроке службы кабельных линий 25-30 лет, с учетом ремонтов и вновь вводимых кабельных линий, общий износ составляет более 70 %.

Электрические сети 10 кВ не только от ГПП №2 до распределительных пунктов 10 кВ, но также и между трансформаторными подстанциями также в основной своей части проложены в 70-80 годах.

Как уже упоминалось выше, с ростом электропотребления в различных сферах, возникает необходимость производить реконструкцию подстанций с увеличением мощности силовых трансформаторов, а, следовательно, проверку существующих сетей 10 кВ и при необходимости к замене существующих кабельных линий на сети с большим сечением.

Основные марки кабельной продукции, используемые для прокладки распределительных сетей 10 кВ в городской части Автозаводского района г. Тольятти приведены в таблице 2.

На основании данных таблицы 2 видно, что широкое применение в городской части Автозаводского района г. Тольятти получили 3 основные марки кабеля. Это кабели марок ААШв, АСБ и ААБ.

Про последнюю марку кабеля следует отметить, что кабель марки ААБ имеет однопроволочную или многопроволочную алюминиевую токопроводящую жилу, фазную бумажную изоляцию, поясную бумажную изоляцию, экран из бумаги, имеющей электропроводящие свойства, а также алюминиевую выпрессованную оболочку и защитный покров из крепированной бумаги, пластмассовых и стальных лент и стеклопряжи [16].

Таблица 2 – Основные марки кабельной продукции

№ п/п	Марка кабеля	Сечение
1	ААШВ	3x120, 3x150, 3x185
2	АСБ	3x95, 3x120, 3x150, 3x185, 3x240
3	ААБ	3x120, 3x150
4	ААБл	3x120, 3x150
5	ААБЛу	3x120
6	АСБу	3x95, 3x120

Силовые кабели данных марок нельзя подвергать растягиванию, но существует более значительный недостаток: прокладка кабелей на крутонаклонных трассах приведет к стеканию маслоканифольного состава, который пропитывает бумажную изоляцию [17].

1.3 Анализ состояния электросетевого хозяйства 5 и 3А кварталов

В Автозаводском районе наиболее изношенными считаются кабельные линии 10 кВ от ГПП №2 до РП № 3, от ГПП №2 до РП № 8, а также кабельные линии от ГПП №2 до комплектных трансформаторных подстанций (КТП) на территории набережной Автозаводского района.

С 1973 г. и по настоящее время через распределительный пункт № 3 осуществляется питание потребителей 5 и 3А кварталов. Особенностью распределительных сетей в данных кварталах является прокладка их в коллекторах. Питающие кабели 10 кВ марок ААШВ 2(3x240) и АСБ 2(3x240), введены в эксплуатацию в 1973 г.

На рисунках 3, 4 представлены графики нагрузок на ячейках №№ 1, 47 ГПП №2 в режимные дни (июнь 2016 г. и июнь 2018 г.) по данным системы АСКУЭ ООО «ССК». В таблицах 3, 4 представлены данные по замерам на ячейках №№ 1, 47 ГПП №2 в режимные дни (июнь 2016 г., июнь 2017 г. и июнь 2018 г.) по данным системы АСКУЭ ООО «ССК».



Рисунок 3 – Замеры тока в ячейках №1, 47 ГПП №2 в режимные летние дни в июне 2016 г.

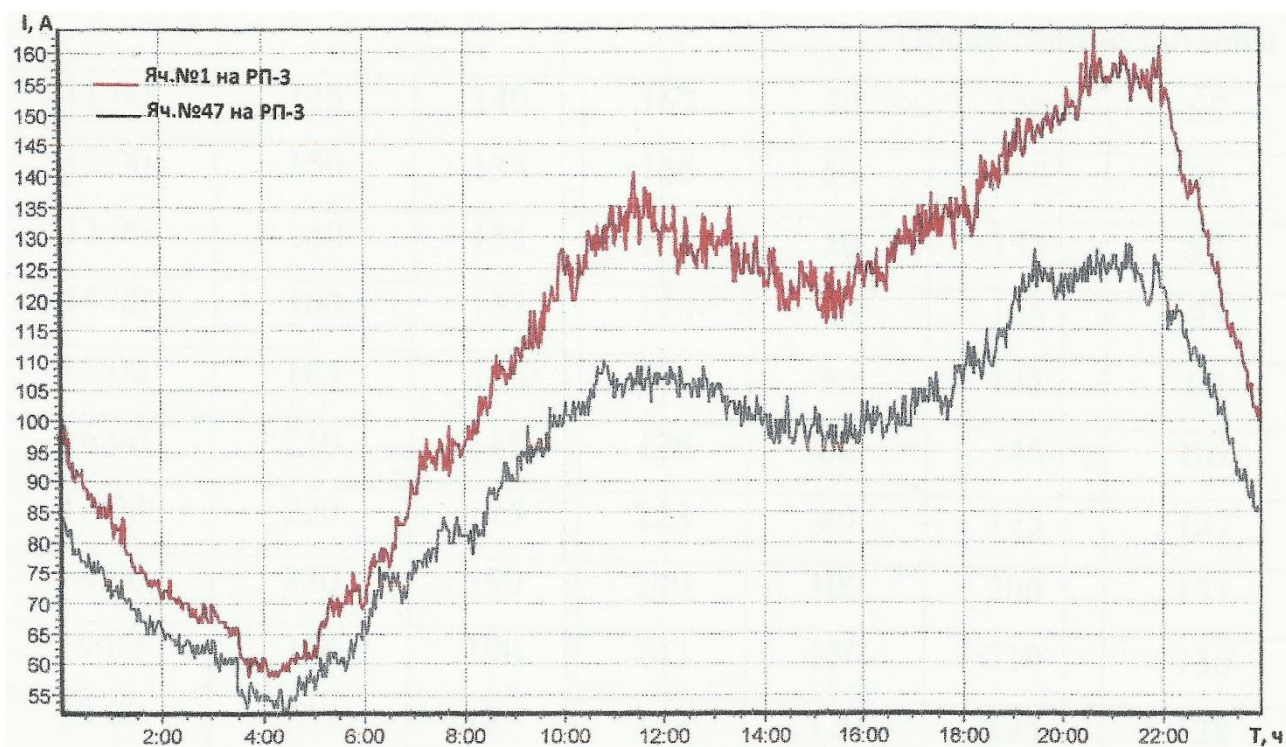


Рисунок 4 – Замеры тока в ячейках №1, 47 ГПП №2 в режимные летние дни в июне 2018 г.

Таблица 3 – Замеры на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 1

Время замера	Контролируемый параметр, А			Суточный max или min
	яч. № 1 РП № 3			
Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2017 г.	Июнь 2018 г.	2016/2017/2018 гг.
0:00	100	95	127	-
1:00	95	85	117	-
2:00	85	85	100	-
3:00	80	80	101	суточный min 2016 /2017
4:00	80	80	97	суточный min 2018 г.
5:00	85	85	107	-
6:00	96	100	126	-
7:00	140	130	157	-
8:00	145	130	165	-
9:00	145	130	162	-
10:00	145	140	169	-
11:00	145	140	167	-
12:00	150	135	166	-
13:00	160	135	165	-
14:00	160	135	170	-
15:00	185	130	164	-
16:00	210	145	178	-
17:00	220	175	223	суточный max 2016 г.
18:00	220	190	240	суточный max 2017 г.
19:00	218	190	243	суточный max 2018 г.
20:00	207	185	237	-
21:00	180	175	224	-
22:00	210	165	199	суточный max 2016/2018
23:00	130	145	163	-

Продолжение таблицы 3

Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2017 г.	Июнь 2018 г.	2016/2017/2018 гг.
24:00	100	110	135	-

Таблица 4 – Замеры на ГПП №2 по ячейке 10 кВ №47

Время замера	Контролируемый параметр, А			Суточный max или min
	яч. № 47 РП № 3			
Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2017 г.	Июнь 2018 г.	2016/2017/2018 гг.
0:00	20	105	68	-
1:00	20	95	60	-
2:00	20	95	54	-
3:00	20	90	52	суточный min 2018 г.
4:00	20	90	55	суточный min 2017 г.
5:00	20	95	57	суточный min 2016 г.
6:00	20	110	66	-
7:00	20	140	85	-
8:00	20	130	94	-
9:00	20	130	98	-
10:00	50	140	97	-
11:00	50	150	97	суточный max 2016/2018 (дневной)
12:00	50	140	96	-
13:00	50	135	92	-
14:00	50	145	93	-
15:00	50	145	90	-
16:00	60	145	102	-
17:00	80	175	127	-

Продолжение таблицы 4

Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2017 г.	Июнь 2018 г.	Суточный max или min
18:00	100	200	131	суточный max 2018 г. (вечерний)
19:00	150	210	130	суточный max 2016/2017
20:00	120	195	131	суточный max 2018 г.
21:00	100	185	124	-
22:00	150	165	109	суточный max 2016 г.
23:00	30	145	91	-
24:00	30	110	68	-

Из результатов замеров тока на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 1 следует, что суточный min в июне 2016 г. и июне 2017 г. приходится на 3:00, в июне 2018 г. – на 4:00. Суточный max на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 1 в июне 2016 г. приходится на 17:00 и 22:00 (два ярко выраженных вечерних максимума нагрузки), в июне 2017 г. – на 18:00, в июне 2018 г. – на 19:00 и 22:00 (два ярко выраженных вечерних максимума нагрузки).

Из результатов замеров тока на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 47 следует, что суточный min в июне 2016 г. приходится на 5:00, в июне 2017 г. – на 4:00 и в июне 2018 г. – на 3:00. Суточный max на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 47 в июне 2016 г. и в июне 2018 г. приходится на 11:00 (дневной максимум нагрузки). Вечерние максимумы нагрузки приходятся - в июне 2016 г. на 19:00 и 23:00 (два ярко выраженных вечерних максимума нагрузки), в июне 2017 г. приходится на 19:00, в июне 2018 г. – 18:00 и 20:00 (два ярко выраженных вечерних максимума нагрузки). Смещение максимумов можно объяснить погодными условиями и характером потребителей, подключенных к соответствующим ячейкам ГПП №2.

В таблице 5 представлены ориентировочные сведения о количестве потребителей 5 квартала.

В таблице 6 представлены ориентировочные сведения о количестве потребителей 3А квартала.

Таблица 5 – Потребители 5 квартала

Наименование объекта	Количество, шт.	Примечание
Жилые многоквартирные дома	29	5-16 этажей
Гаражно-строительные кооперативы	5	-
Образовательные учреждения	4	МБУ школа №41, МБУ школа №44, МБУ школа №76
Детские сады	4	детские сады «Ягодка», «Солнечный», «Клубничка», «Аврора», «Салют»
Торгово-офисные центры	4	-
Торговые павильоны	40	-
Проектируемые объекты	2	жилой дом 9 этажей и торгово-офисный центр
Сети уличного освещения	-	-
Сети теплоснабжения	-	-

Таблица 6 - Потребители 3А квартала

Наименование объекта	Количество, шт.	Примечание
Жилые многоквартирные дома	12	5-16 этажей
Гаражно-строительные кооперативы	5	-
Образовательные учреждения	1	МБУ Лицей №51
Детские сады	2	детские сады «Веселые звоночки», «Реченька»
Торгово-офисные центры	6	-

Продолжение таблицы 6

Наименование объекта	Количество, шт.	Примечание
Торговые павильоны	15	-
Проектируемые объекты	1	жилой дом 12 этажей
Сети уличного освещения	-	-
Сети теплоснабжения	-	-

Питание вышеуказанных потребителей 3А квартала осуществляется от подстанций, приведенных в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень трансформаторных подстанции 10/0,4 кВ 5 квартала и 3А квартала

Номер трансформаторной подстанции	Мощность силового трансформатора, кВА	Год ввода в эксплуатацию
ТП-301а, ТП-302а, ТП-303а	2х630	1973
ТП-304а	2х630	1974
ТП-306а	2х630	2007
ТП-501, ТП-502, ТП-503, ТП-504	2х630	1973
ТП-505, ТП-507, ТП-510, ТП-511	2х630	1974
ТП-506, ТП-508, ТП-509	2х1000	1974
ТП-512	2х630	1975
ТП-513	2х630	1994
ТП-514	2х630	1979
ТП-515	2х400	1987
ТП-516 (встр. в РП)	2х630	1973
ТП-517	2х1000	2013

На рисунке 5 представлена однолинейная схема распределительного пункта № 3.

Для определения необходимости в реконструкции кабельной линии 10 кВ от ГПП №2 до РП № 3 необходимо определить расчетный ток в линии.

Расчетный ток линии в аварийном режиме составит [20]:

$$I_{np} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (1)$$

где $U_{ном} = 10,5$ кВ – напряжение питающей линии;

S – мощность, передаваемая по каждой кабельной линии от ГПП-2 до РП № 3:

$$S_{\Sigma} = k_y \cdot (S_{T1} + S_{T2} + \dots S_{T17}), \quad (2)$$

где $k_y = 0,75$ – коэффициент совмещения максимумов нагрузок трансформаторов.

Тогда по формуле (2)

$$S_{\Sigma} = 0,75 \cdot (34 \cdot 630 + 2 \cdot 400 + 8 \cdot 1000) = 22665 \text{ кВА}.$$

Соответственно ток в линии будет равен по формуле (1):

$$I_{np} = \frac{22665}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 1246,3 \text{ А}.$$

Суммарная допустимая токовая нагрузка существующих кабелей при прокладке в земле составляет 1256 А.

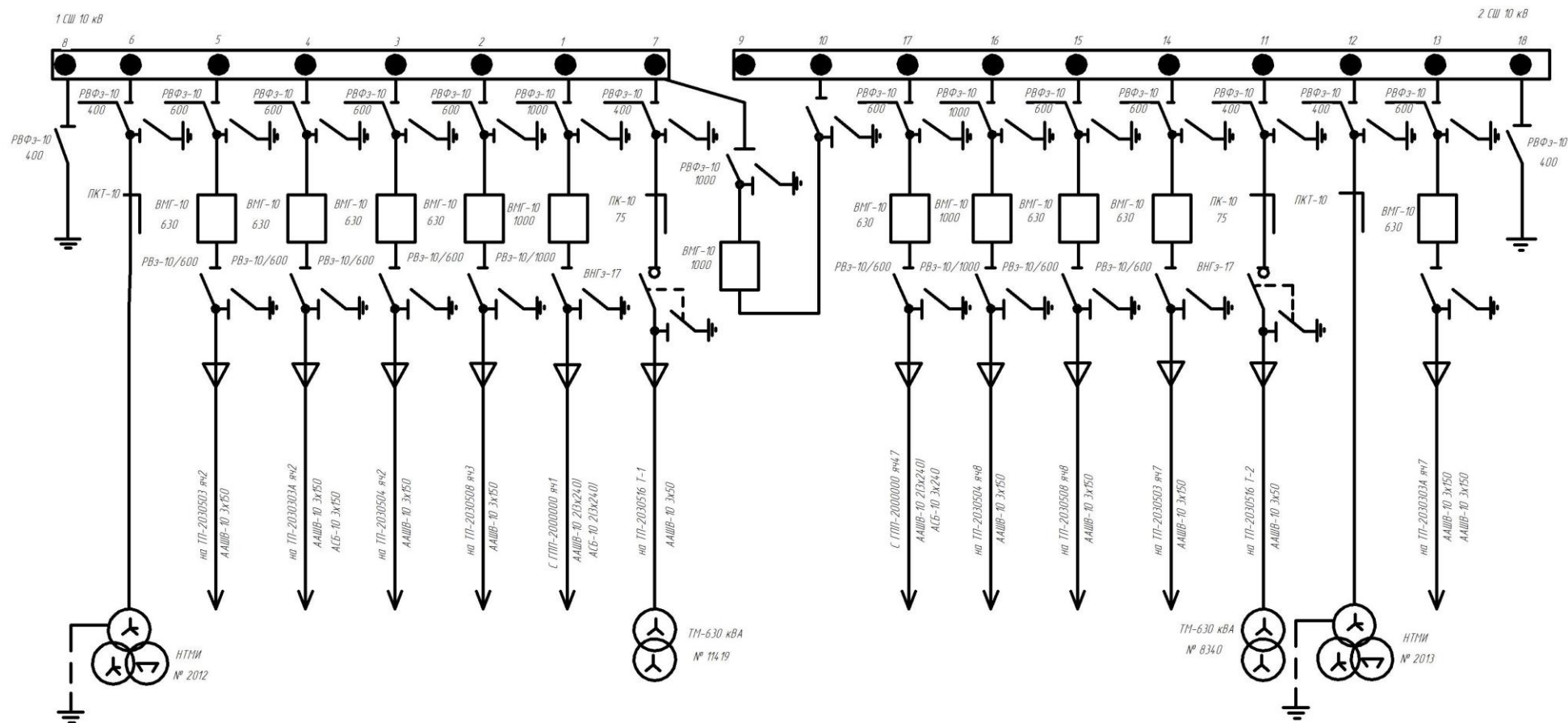


Рисунок 5 – Однолинейная схема РП № 3

Кабель от ГПП №2 до РП № 3 выработал свой ресурс. Срок службы кабеля данной марки при нормальных условиях эксплуатации составляет 30 лет [2,14]. Также при аварийном отключении одной из питающих линий, оставшийся кабель будет не способен пропустить максимальную нагрузку, что приведет к нарушению электроснабжения части потребителей, как жилой части квартала, так и объектов социально-экономической сферы, такие как, поликлиники, детские дошкольные учреждения и учреждения среднего образования [4,5].

Для обеспечения надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей, а также развитие инфраструктуры города необходимо произвести замену питающего кабеля, а также рассмотреть возможность перевода питания потребителей 3А квартала от распределительного пункта делового центра.

1.4 Анализ состояния электросетевого хозяйства 7 квартала

Кабельная линия от ГПП №2 до РП № 8 обеспечивает питанием потребителей 7 квартала, а также территорию Парка Победы. Питающий кабель марки ААБГ 3х240 введен в эксплуатацию в 1973 г.

На рисунках 6, 7 представлены графики нагрузок на ячейках №№ 5, 30 ГПП №2 в режимные дни (июнь 2016 г. и июнь 2018 г.) по данным системы АСКУЭ ООО «ССК». В таблицах 8, 9 представлены данные по замерам на ячейках №№ 5, 30 ГПП №2 в режимные дни (июнь 2016 г., июнь 2017 г. и июнь 2018 г.) по данным системы АСКУЭ ООО «ССК».

Из результатов замеров тока на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 5 следует, что суточный min в июне 2016 г. и июне 2018 г. приходится на 4:00, в июне 2017 г. – на 3:00. Суточный max на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 5 в июне 2016 г. приходится на 18:00, в июне 2017 г. и 2018 г. – на 19:00. В июне 2017 г. с 11:00 до 14:00 произошло аварийное отключение выключателя на ячейке №5.

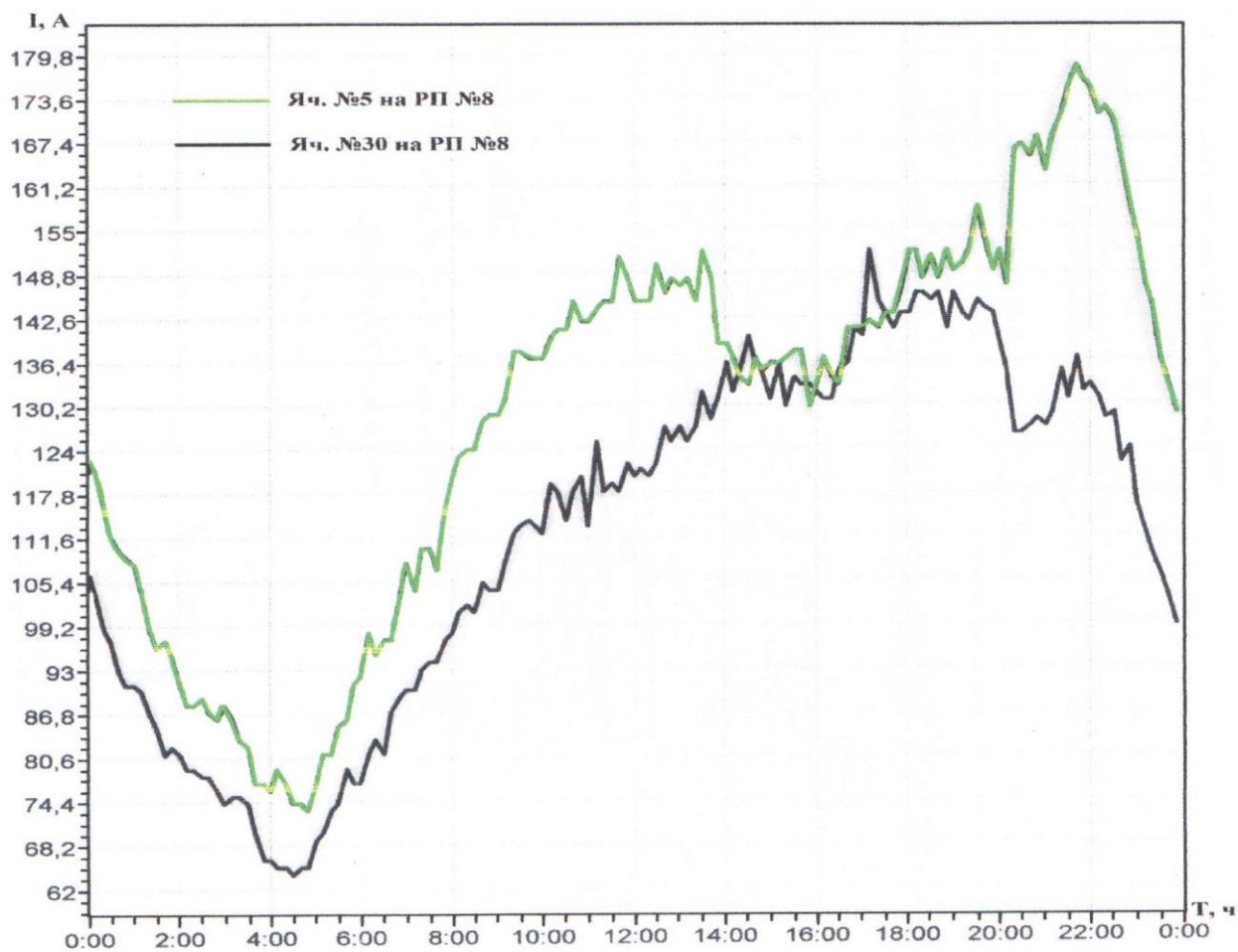


Рисунок 6 – Графики нагрузок на ячейках №№ 5, 30 ГПП №2 (июнь 2016 г.)

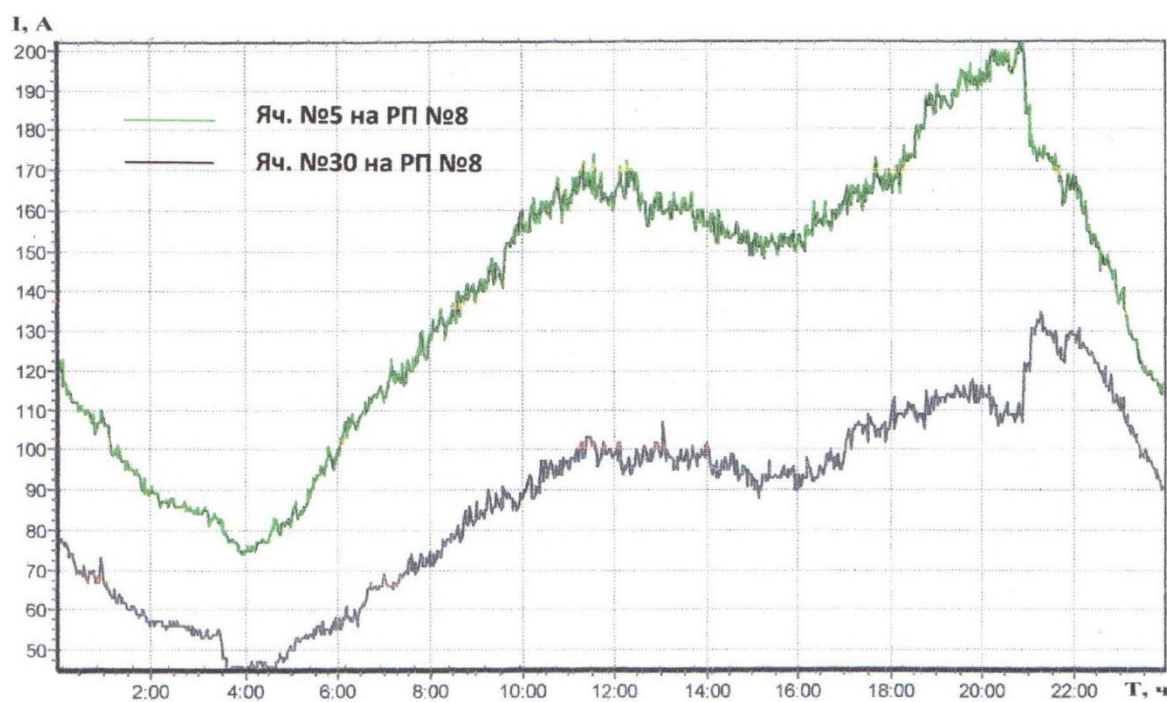


Рисунок 7 – Графики нагрузок на ячейках №№ 5, 30 ГПП №2 (июнь 2018 г.)

Таблица 8 – Замеры на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 5

Время замера	Контролируемый параметр, А			Суточный max или min
	яч. № 5 РП № 8			
Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2017 г.	Июнь 2018 г.	2016/2017/2018 гг.
0:00	80	150	127	-
1:00	60	130	109	-
2:00	40	120	97	-
3:00	35	110	91	суточный min 2017 г.
4:00	32	105	90	суточный min 2016/2018 гг.
5:00	50	120	99	-
6:00	60	140	117	-
7:00	160	180	152	-
8:00	180	200	169	-
9:00	180	200	165	-
10:00	200	220	176	-
11:00	200	0	176	аварийное отключение
12:00	200	0	169	суточный max 2016 г. (дневной) аварийное отключение в 2017 г.
13:00	200	0	176	аварийное отключение в 2017 г.
14:00	220	0	173	аварийное отключение в 2017 г.
15:00	220	210	170	-
16:00	220	240	179	-
17:00	300	280	223	-
18:00	300	290	235	суточный max 2016 г. (вечерний)
19:00	300	290	242	суточный max 2017/2018 гг.

20:00	240	290	235	-
-------	-----	-----	-----	---

Продолжение таблицы 8

Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2017 г.	Июнь 2018 г.	2016/2017/2018 гг.
21:00	128	260	217	-
22:00	230	220	186	-
23:00	190	200	153	-
24:00	100	320	130	-

Таблица 9 – Замеры на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 30

Время замера	Контролируемый параметр, А			Суточный max или min
	яч. № 30 РП № 8			
Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2017 г.	Июнь 2018 г.	2016/2017/2018 гг.
0:00	20	80	97	-
1:00	20	80	87	-
2:00	10	70	76	-
3:00	10	65	74	суточный min 2016/2018 гг.
4:00	10	60	74	суточный min 2017 г.
5:00	10	60	84	-
6:00	10	80	101	-
7:00	10	100	117	-
8:00	15	100	130	-
9:00	20	100	121	-
10:00	20	320	133	-
11:00	20	340	132	-
12:00	20	340	135	суточный max 2016 г. (дневной)

13:00	30	340	137	-
-------	----	-----	-----	---

Продолжение таблицы 9

Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2017 г.	Июнь 2018 г.	2016/2017/2018 гг.
14:00	40	340	132	-
15:00	50	120	131	-
16:00	60	120	132	-
17:00	80	140	177	-
18:00	100	160	184	суточный max 2016 г. (вечерний)
19:00	100	160	186	суточный max 2017/2018 гг.
20:00	100	155	182	-
21:00	70	140	167	-
22:00	40	120	145	-
23:00	40	0	122	аварийное отключение в 2017 г.
24:00	30	0	103	аварийное отключение в 2017 г.

Из результатов замеров тока на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 30 следует, что суточный min в июне 2016 г. и июне 2018 г. приходится на 3:00, в июне 2017 г. – на 4:00. Суточный max на ГПП №2 по ячейке 10 кВ № 30 в июне 2016 г. приходится на 12:00 (дневной max) и 18:00 (вечерний max), в июне 2017 г. и июне 2018 г. – на 19:00. В июне 2017 г. с 23:00 до 24:00 произошло аварийное отключение выключателя на ячейке №30.

Смещение максимумов графиков нагрузок в июне 2016 г., 2017 г. и 2018 г. можно объяснить погодными условиями и характером потребителей, подключенных к соответствующим ячейкам № 5 и № 30 ГПП №2.

В таблице 10 представлены ориентировочные сведения о количестве потребителей 7 квартала.

Таблица 10 – Потребители 7 квартала

Наименование объекта	Количество, шт.	Примечание
Жилые многоквартирные дома	41	5-16 этажей
Гаражно-строительные кооперативы	3	-
Образовательные учреждения	4	МБУ Лицей №37, МБУ школа №33 им. Г. Гершензона, МБОУ школа №32, МБУ школа №32
Детские сады	5	детские сады «Радость», «Веснушки», «Солнечный», «Сказочный», ясли-сад «Жиррафики»
Лечебные учреждения	2	городская поликлиника №1, детская поликлиника №1
Торгово-офисные центры	10	-
Торговые павильоны	50	-
Проектируемые объекты	2	торгово-офисные центры
Сети уличного освещения	-	-
Сети теплоснабжения	-	-

Питание вышеуказанных потребителей осуществляется от подстанций, приведенных в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень трансформаторных подстанции 10/0,4 кВ 7 квартала

Номер трансформаторной подстанции	Мощность силового трансформатора, кВА	Год ввода в эксплуатацию
ТП-701, ТП-703, ТП-706	2x1000	1970
ТП-702, ТП-704, ТП-705, ТП-707, ТП-708	2x630	1970
ТП-709, ТП-710, ТП-713, ТП-717, ТП-718	2x630	1971
ТП-712, ТП-714, ТП-715, ТП-716	2x630	1972
ТП-711	2x630	1973
ТП-719	2x630	1995
КТП-613	1x160	1971
КТП-1 Парк Победы	1x400	1981
КТП-2 Парк Победы	1x400	1981

На рисунке 8 представлена однолинейная схема распределительного пункта № 8.

Для обеспечения требуемой надежности электроснабжения потребителей необходим комплексный анализ состояния и обеспечение возможности замены питающего кабеля от ГПП №2 до РП № 8, а также модернизация распределительных электрических сетей 10 кВ внутри квартала между трансформаторными подстанциями.

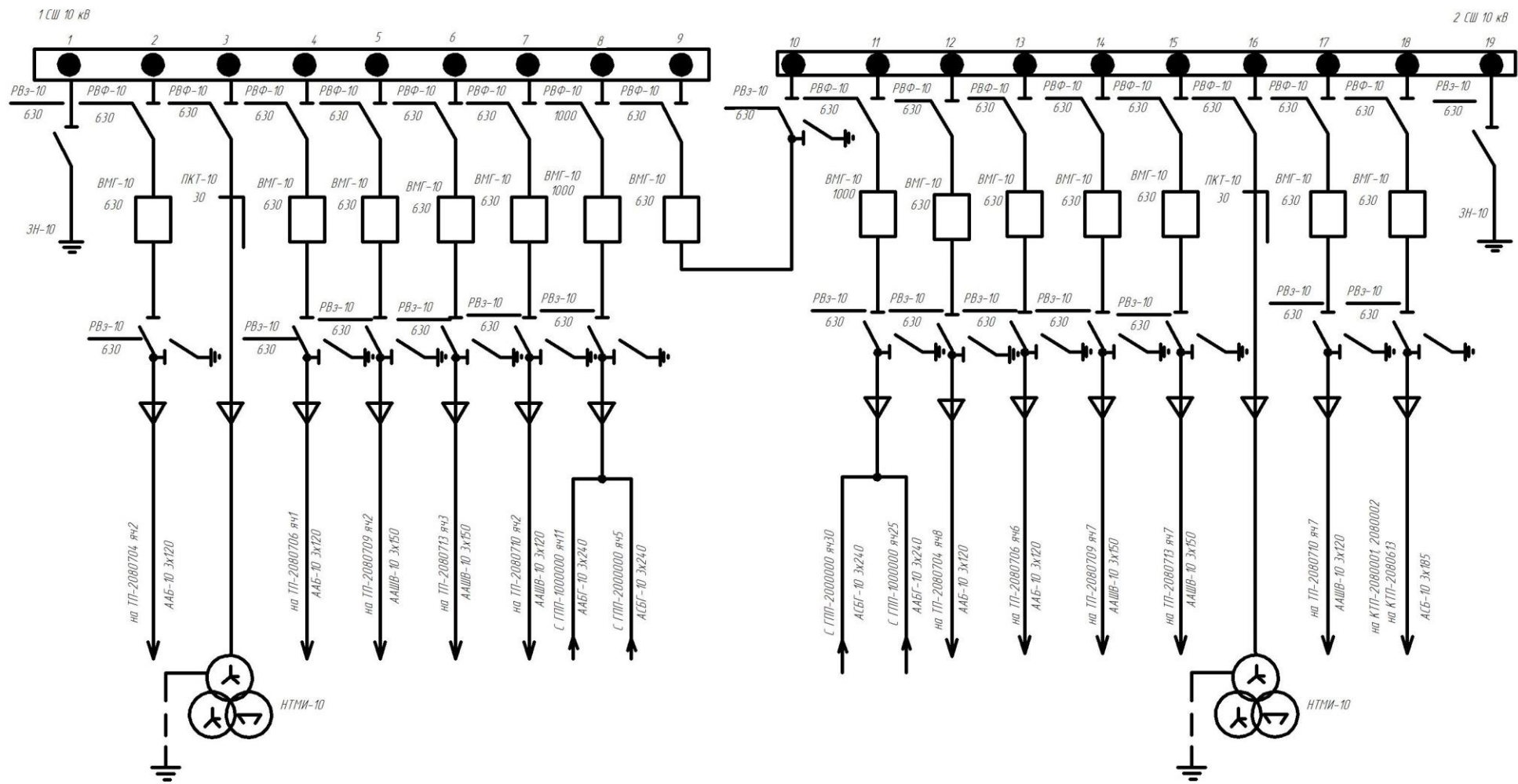


Рисунок 8 – однолинейная схема РП № 8

Строительство новых объектов внутри квартала, так называемая точечная застройка требует постоянного контроля за состоянием электрических распределительных сетей 10 кВ. С ростом электропотребления, как населением, так и коммерческими организациями необходим анализ состояния (пропускной способности) и при необходимости реконструкция существующих распределительных сетей 10 кВ.

Для определения необходимости в реконструкции кабельной линии 10 кВ от ГПП-2 до РП № 8 необходимо определить расчетный ток в линии.

Расчетный ток линии в аварийном режиме составит [20]:

$$I_{нр} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3)$$

где $U_{ном} = 10,5$ кВ – напряжение питающей линии;

S – мощность линии от ГПП-2 до РП № 8:

$$S_{\Sigma} = k_y \cdot (S_{T1} + S_{T2} + \dots S_{T22}), \quad (4)$$

где $k_y = 0,7$ – коэффициент совмещения максимумов нагрузок трансформаторов.

Тогда по формуле (4)

$$S_{\Sigma} = 0,7 \cdot (32 \cdot 630 + 1 \cdot 160 + 2 \cdot 400 + 6 \cdot 1000) = 18704 \text{ кВА}.$$

Соответственно ток в линии будет по формуле (3) равен:

$$I_{нр} = \frac{18704}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 1028,5 \text{ А}.$$

Суммарная допустимая токовая нагрузка существующих кабелей при прокладке в земле составляет 650 А.

Кабель от ГПП №2 до РП № 8 выработал свой ресурс. Срок службы кабеля данной марки при нормальных условиях эксплуатации составляет 30 лет [2,14]. Также при аварийном отключении одной из питающих линий, оставшийся кабель будет не способен пропустить максимальную нагрузку, что приведет к нарушению электроснабжения части потребителей, как жилой части квартала, так и объектов социально-экономической сферы, такие как, поликлиники, детские дошкольные учреждения и учреждения среднего образования [4,5].

1.5 Анализ состояния электросетевого хозяйства территории прибрежного парка и набережной

В настоящее время помимо износа существующих распределительных электрических сетей 10 кВ возникает проблема в отсутствии развития сетей электроснабжения.

Освоение новой территории для строительства, как жилых комплексов, так и объектов социально-культурного значения требует решения вопроса обеспечения ее энергетической инфраструктурой [5,34]. В случае сохранения темпов прироста нагрузок города, дальнейшее развитие города станет практически невозможным без комплексного развитие электрических сетей 10 кВ [22].

В г. Тольятти распределительные электрические сети напряжением 10 кВ являются наиболее протяженными, их общая длина оценивается более 3000 км. При этом сети именно этого класса напряжения являются наиболее аварийными. Модернизация и техническое перевооружение должны проходить с учетом перспективных схем развития электрических сетей района. При реконструкции сетей должны максимально использоваться существующие сетевые объекты. Эксплуатация распределительных сетей нового поколения должна обеспечиваться минимальными затратами на их обслуживание.

В настоящее время помимо износа существующих распределительных электрических сетей 10 кВ возникает проблема в отсутствии развития сетей электроснабжения. Особо остра эта проблема возникла на территории прибрежного парка и набережной. В таблице 12 представлены данные по замерам тока по ячейкам 10 кВ на ГПП №2 в режимный день (июнь 2016, 2017 и 2018 гг.) по данным системы АИСКУЭ ООО «ССК».

Таблица 12 – Замеры на ГПП №2 по ячейкам 10 кВ №№ 6, 4, 5, 8

Время замера	Контролируемый параметр, А		
	яч. № 5 КТП №№ 6, 4, 5, 8		
Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2016 г.	Июнь 2018 г.
0:00	8	20	13
1:00	6	20	12
2:00	5	20	12
3:00	5	20	12
4:00	5	20	13
5:00	5	20	13
6:00	5	20	14
7:00	5	20	14
8:00	10	20	14
9:00	10	15	13
10:00	8	15	13
11:00	8	15	14
12:00	8	20	13
13:00	10	20	12
14:00	10	10	14
15:00	10	10	14
16:00	10	10	13
17:00	10	10	18
18:00	10	20	15

Продолжение таблицы 12

Дата замера	Июнь 2016 г.	Июнь 2016 г.	Июнь 2018 г.
19:00	8	20	16
20:00	8	20	15
21:00	8	20	15
22:00	10	30	14
23:00	5	30	14
24:00	7	30	13

В настоящее время потребители, расположенные на территории набережной, питаются от подстанций, представленных в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень трансформаторных подстанции 10/0,4 кВ территории прибрежного парка и набережной

Номер трансформаторной подстанции	Мощность, кВА	Год ввода в эксплуатацию
КТП-1, КТП-2, КТП-4	1x250	1975
КТП-5, КТП-6, КТП-7	1x400	1982, 1983
КТП-8	1x400	1991
ТП-3	2x630	2000
ТП-10	2x250	2013
ТП-12	2x250	проектируемая
ТП-14	2x250	проектируемая

Из таблиц 12 и 13 можно сделать вывод о росте электропотребления в режимные дни; КТП-1, КТП-2, КТП-4 введены в эксплуатацию более 45 лет назад, КТП-5, КТП-6, КТП-7 введены в эксплуатацию более 30 лет назад. На стадии проектирования и ввода в эксплуатацию находятся две ТП: ТП-12 и ТП-14.

Для определения необходимости модернизации кабельной линии 10 кВ от ГПП №2 до КТП №№ 6, 4, 5, 8 необходимо определить расчетный ток в линии.

Расчетный ток линии в аварийном режиме составит [15]:

$$I_{нр} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (5)$$

где $U_{ном} = 10,5$ кВ – напряжение питающей линии;

S – мощность линии от ГПП №2 до КТП:

$$S_{\Sigma} = k_y \cdot (S_{T1} + S_{T2} + \dots S_{T4}), \quad (6)$$

где $k_y = 0,85$ – коэффициент совмещения максимумов нагрузок трансформаторов.

Тогда по формуле (6) мощность линии от ГПП №2 до КТП:

$$S_{\Sigma} = 0,85 \cdot (3 \cdot 250 + 1 \cdot 400) = 977,5 \text{ кВА}.$$

Соответственно ток в линии по формуле (5) будет равен:

$$I_{нр} = \frac{977,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 53,75 \text{ А}.$$

Освоение новой территории для строительства, как жилых комплексов, так и объектов социально-культурного значения требует решения вопроса обеспечения ее энергетической инфраструктурой [5].

На набережной предусмотрены объекты физкультурно-оздоровительного назначения, открытые спортивные площадки, дворец единоборств.

На рисунках 9, 10 представлены план развития территории прибрежного парка и набережной Автозаводского района г. Тольятти.



Рисунок 9 – План развития территории прибрежного парка



Ориентировочная суммарная подключаемая мощность составит 20 МВт. Выполненный анализ заявок на подключение показал, что основная часть потребителей на территории прибрежного парка и набережной будет относиться ко II категории по надежности электроснабжения [1,3]. Для обеспечения возможности присоединения объектов, как уже упоминалось выше, необходимо развитие сетей 10 кВ.

В настоящее время данная территория питается от ГПП №2. Трансформаторные подстанции набережной (ТП) подключены по стороне 10 кВ по цепочке. Кабельные линии 10 кВ между ТП введены в эксплуатацию в 75-х, 84-х годах. Подключение дополнительной мощности может привести к возникновению аварийных ситуаций, что в свою очередь спровоцирует перебои в электроснабжении потребителей.

1.6 Выводы по разделу 1

Для присоединения уже строящихся объектов на рассмотренной территории Автозаводского района планируется реконструкция кабельных линий 10 кВ. Учитывая дальнейшее развитие территории прибрежного парка и набережной, необходимо развитие электросетевого хозяйства.

Модернизация и техническое перевооружение должны проходить с учетом перспективных схем развития электрических сетей Автозаводского района. При модернизации сетей должны максимально использоваться существующие сетевые объекты. Эксплуатация распределительных сетей нового поколения должна обеспечиваться минимальными затратами на их обслуживание.

2 Исследование вариантов модернизации распределительных электрических сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти

Одним из важнейших критериев эффективной работы энергосистем является обеспечение надежного, безаварийного и качественного электроснабжения потребителей. Однако невозможно гарантировать реализацию данного критерия при удручающем состоянии электрических

Построение городской электрической сети по условиям обеспечения необходимой надежности электроснабжения потребителей, как правило, выполняется применительно к основной массе электроприемников рассматриваемого района города. При наличии отдельных электроприемников более высокой категории, или особой группы первой категории, этот принцип построения сетей дополняется необходимыми мерами по созданию требуемой надежности электроснабжения этих электроприемников [1,5].

Передача электроэнергии в системах электроснабжения городов осуществляется [27]:

- 1) воздушными линиями;
- 2) кабельными линиями.

2.1 Воздушные линии

Воздушные линии служат для передачи электроэнергии по проводам, проложенным на открытом воздухе и закрепленным на специальных опорах или кронштейнах инженерных сооружений с помощью изоляторов и арматуры. Основными конструктивными элементами воздушной линии являются провода, защитные тросы, опоры, изоляторы и линейная арматура [38,39]. Элементы воздушной линии должны обладать достаточной механической прочностью, поэтому при их проектировании, кроме электрических, делают и механические расчеты для определения не только

материала и сечения проводов, но и типа изоляторов и опор, расстояния между проводами и опорами и т.д.

Воздушные линии можно разделить на следующие типы:

- традиционные с голыми проводами;
- с изолированными проводами;
- компактные со сближенными фазами;
- воздушные жесткие и гибкие токопроводы.

На воздушных линиях выше 1 кВ с неизолированным проводом используются провода марок А, АС, реже марки М [30].

Провод марки А

Неизолированные провода А используются для монтажа воздушных линий передач электрической энергии. В состав входят проволоки, изготовленные из алюминия [52].

Алюминиевая проволочная конструкция является основой провода А. Проволока получена методом скручивания особой скруткой в направлении, которое обеспечивает противоположное размещение соседних витков, причем для наружных витков - правая скрутка.

Неизолированные провода А могут использоваться вне воды, во всех климатических зонах УХЛ согласно ГОСТ 15150, исключая макроклиматические районы с влажным тропическим и сухим тропическим климатом (ТВ и ТС). Неизолированные провода А применяются для распределения электроэнергии в воздушных электрических линиях. Нормативные требования к атмосферным показателям воздуха типов 1 и 2 при соблюдении условий атмосферного содержания сернистого газа до 150 мг/м^2 ($1,5 \text{ мг/м}^2$) в сутки.

Монтаж - воздушное размещение на опорах линий электропередач, согласно нормам эксплуатации электрического оборудования и правил использования электростанций и сетей. Диапазон рабочих температур эксплуатации от -60°C до $+40^\circ\text{C}$. Неизолированные провода А в ходе

использования допускают долговременный нагрев в температурных пределах до 90°C. Срок применения - более 45 лет [9].

Технические характеристики:

- долговременная предельная температура в процессе использования до +90°C;
- обеспечивают гарантию эксплуатации до 4 лет с момента ввода в строй;
- неизолированные провода А подлежат эксплуатации в течение 45 лет.

На рисунке 11 показан провод марки А.



Рисунок 11 – Провод марки А

Провод марки АС

Неизолированный провод АС состоит из стального сердечника и окутывающих его в один или два слоя алюминиевой проволоки скрученной правильной скруткой с направлением этой скрутки соседних повивов в противоположные стороны. Наружный повив всегда имеет правое направление скрутки. Неизолированные провода марки АС предназначены для передачи больших объемов электроэнергии воздушным путем через электросети, расположенные на побережьях морей, соленых озер, в районах с засоленным песком, районах с большим содержанием промышленных структур, а также прилегающих к ним местностям. Целевое предназначение проводов АС ориентировано для электроустановок, воздушных контактных сетей, электрического транспорта, защиты линий от мощных грозовых разрядов. По конструкции провод АС представляет из себя жилу,

являющуюся многопроволочной, скрученной из алюминиевых проволок, и сердечник, являющийся одиночной или же в редких случаях скрученный из нескольких стальных оцинкованных проволок. Климатические условия, в которых возможно использование провода АС определяются всеми без исключения макроклиматическими зонами с холодным и умеренным климатом [52]. Монтаж провода АС производится с помощью опор линий электропередачи в полном соответствии с правилами и нормами электроустановок, а также правилами и нормативами технической эксплуатации сетей и электрических станций. Условия эксплуатации провода АС могут проходить в рамках температурного режима от -60°C до $+40^{\circ}\text{C}$, максимально допустимая длительная температура нагрева жил при эксплуатации не больше $+90^{\circ}\text{C}$. При этом гарантированный срок службы составляет не меньше 45 лет [9,10].

На рисунке 12 показан провод марки АС.



Рисунок 12 – Провод марки АС

В таблице 14 представлены технические данные проводов марок А, АС и самонесущих изолированных проводов типа СИП [8,52].

В таблице 15 представлены сравнительные характеристики проводов СИП и АС по области применения, конструкции, способам прокладки, электрического травматизма обслуживающего персонала и т.д. [8,52].

Таблица 14 – Технические данные проводов

Сечение	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20°С, Ом, не более			
	А	АС	СИП фазная жила	СИП несущей жилы
16	1,8007	1,7817	1,910	-
25	1,1498	1,1521	1,200	1,380
35	0,8347	0,7774	0,868	0,986
50	0,5784	0,5951	0,641	0,720
70	0,4131	0,4218	0,443	0,493
95	0,3114	0,3007	-	0,363
120	0,2459	0,2440	0,253	-

Таблица 15 – Сравнительная характеристика проводов

Критерии	СИП	АС
Область применения	Для передачи и распределения электрической энергии в воздушных силовых и осветительных сетях на напряжение до 20 кВ	Передача электрической энергии в воздушных электрических сетях на суше любых климатических районов с умеренным и холодным климатом
Конструкция	Токопроводящая жила - скручена из круглых проволок из алюминиевого сплава, уплотненная, имеет круглую форму	Алюминиевый провод из алюминиевых проволок со стальным сердечником - круглый

Продолжение таблицы 15

Критерии	СИП	АС
Возможность короткого замыкания из-за погодных условий	нет	да
Возможность новых подключения абонентов без отключения от электропитания ранее подключенных	да	нет
Пожаробезопасность	да	нет
Возможность несанкционированного подключения потребителей	нет	да
Электрический травматизм	незначительный	высокий
Эстетичность	да	нет
Сложность электромонтажных работ	нет	да
Затраты на монтаж	низкие	высокие
Возможность монтажа по фасаду зданий в городских условиях	да	нет
Отсутствие изоляторов и траверс	да	нет
Потери, связанные с утечками тока	низкие	высокие
Реактивное сопротивление линий	низкое	высокие
Затраты на эксплуатацию	низкие	высокие
Стоимость монтажа	средняя	высокая

В таблице 16 представлены достоинства и недостатки проводов марок АС и СИП [30,52].

Таблица 16 – Достоинства и недостатки проводов марок АС и СИП

Качество	Провод марки АС	Провод марки СИП
Достоинства	Невысокая стоимость	Простота конструктивного исполнения линии
		Простота исполнений многоцепных линий электропередачи, возможность исполнения четырех и более цепных линий
		Уменьшение безопасных расстояний от зданий и инженерных сооружений
		Отсутствие необходимости в вырубке просеки перед монтажом
		Простота монтажных работ и, соответственно, уменьшение сроков строительства
		Сокращение объемов и времени аварийно-восстановительных работ
		Резкое снижение (более 80%) эксплуатационных затрат
		Высокая механическая прочность проводов

Продолжение таблицы 16

Качество	Провод марки АС	Провод марки СИП
		Обеспечение безопасности обслуживания и выполнения различных работ вблизи ВЛИ
Недостатки	Возможность короткого замыкания из-за погодных условий	Незначительное увеличение стоимости (не более 1,2)
	Отсутствие возможности новых подключений абонентов без отключения от электропитания ранее подключенных	Недостаточная готовность отечественных энергосистем к переходу на изолированные воздушные линии
	Сложность электромонтажных работ	

2.2 Кабельные линии

В соответствии с п.7.2.2. [3], электрические сети напряжением до 20 кВ включительно на селитебной территории городов и поселков, в районах застройки зданиями высотой 4 этажа и выше должны, как правило, выполняться кабельными.

Кабели на напряжение 10 кВ могут быть следующего исполнения [26]:

- кабели силовые с бумажно-пропитанной изоляцией;
- кабели силовые с резиновой изоляцией;
- кабели силовые с пластмассовой изоляцией.

К кабелям с бумажно-пропитанной изоляцией относят кабели с алюминиевыми или медными токопроводящими жилами с бумажной изоляцией, пропитанной вязким или нестекающим составом, в алюминиевой или свинцовой оболочке, с защитными покровами или без них,

предназначенные для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках в электрических сетях на напряжение до 10 кВ переменного тока частотой 50 Гц или в электрических сетях постоянного тока при температуре окружающей среды сгг -50 до +50 °С [24]. Кабели должны соответствовать требованиям ГОСТ 18410- 73 [2].

Основным преимуществом кабелей с резиновой изоляцией, является их гибкость, позволяющая при прокладке допускать меньшие радиусы изгибов. Однако по электрическим параметрам такие кабели значительно уступают силовым кабелям с пропитанной бумажной или пластмассовой изоляцией. Кроме того, изоляционные оболочки кабелей с течением времени теряют свои эластичные свойства; физико-механические и электрические параметры их снижаются из-за старения резины.

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) призваны заменить морально устаревшие кабели с пропитанной бумажной изоляцией. Этот процесс в промышленно развитых странах начал осуществляться с 60-х годов [45]. В России активно осуществляется переход сетей среднего напряжения на кабели с изоляцией из СПЭ при прокладке новых кабельных линий и замене либо капитальном ремонте старых [31-33,48].

На рисунках 13, 14 приведено сравнение токовых нагрузок кабельной линии с медной жилой из сшитого полиэтилена (красный и синий цвет линий) и с бумажной пропитанной изоляцией (зеленый цвет линии) [43].

Применение подземного кабеля дает и еще один плюс: вдвое сокращается размер охранной зоны, в пределах которой запрещено строительство промышленных и жилых объектов. Экономия места получается существенная, а в условиях крупного современного города, с высокими ценами на землю, это немаловажно.

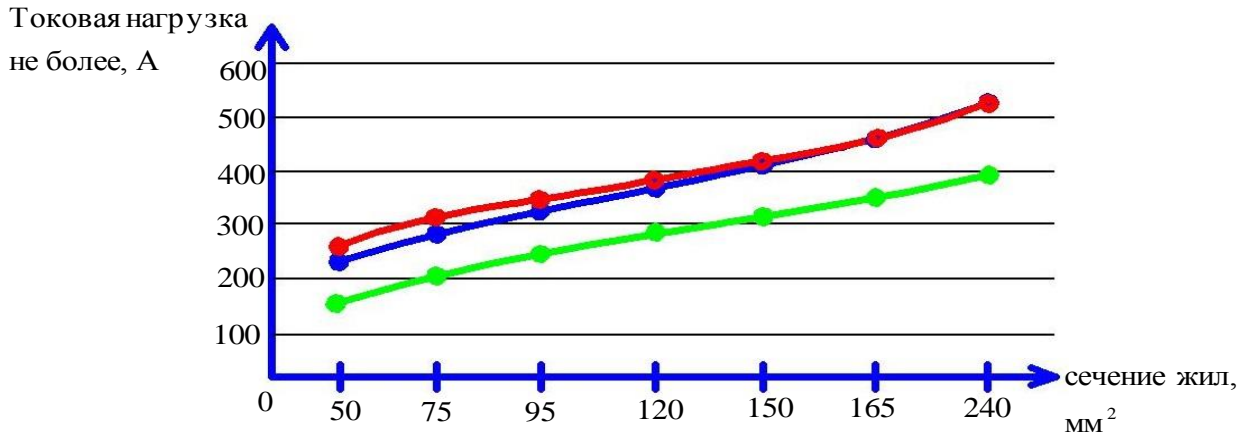


Рисунок 13 – Токовая нагрузка кабелей с медной жилой СПЭ в плоскости треугольником и БПИ

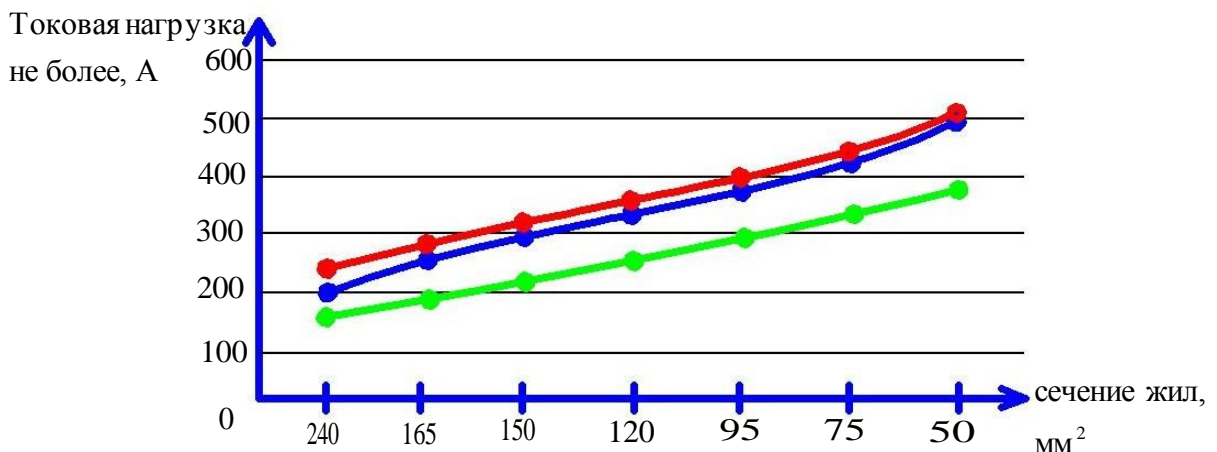


Рисунок 14 – Токовая нагрузка кабелей с медной жилой СПЭ в плоскости треугольником и БПИ

В условиях города применение кабельных линий вдвое сокращает размер охранной зоны, в пределах которой запрещено строительство промышленных и жилых объектов. Экономия места получается существенная, а в условиях крупного современного города, с высокими ценами на землю, это немаловажно. Также применение кабельных линий позволит высвободить сотни и тысячи квадратных километров, вовлечь дополнительные территории в жилую застройку - городу не придется

чрезмерно разрастаться вширь, что создает транспортные и другие проблемы.

К недостаткам кабельных линий относят их высокую стоимость, при протяжённых кабельных сетях стоимость строительства получается высокой. Кабельные линии менее доступны для визуального наблюдения их состояния, что также является существенным эксплуатационным недостатком [42].

2.3 Выбор варианта продукции для модернизации распределительных линий 10кВ Автозаводского района г. Тольятти

На основании изложенного в пунктах 2.1 и 2.2 для дальнейшего технико-экономического обоснования выбраны следующие варианты продукции для модернизации распределительных линий 10кВ Автозаводского района г. Тольятти:

- а) воздушная линия – провод марки СИП;
- б) кабельная линия – кабель из СПЭ.

В таблице 17 приведены основные марки кабелей из СПЭ, где представлены особенности конструктивного исполнения и условия эксплуатации кабелей из СПЭ.

Таблица 17 – Основные марки кабелей из СПЭ [7,53]

Марка	Конструкция	Условия эксплуатации
АПвП	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, в оболочке из полиэтилена	Для прокладки в земле, если кабель защищен от механических повреждений
АПвПу	То же, в усиленной оболочке из полиэтилена	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель

		защищен от
--	--	------------

Продолжение таблицы 17

Марка	Конструкция	Условия эксплуатации
		механических повреждений, для прокладки по трассам сложной конфигурации
АПВВ	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, в оболочке из полиэтилена, в оболочке из ПВХ пластиката	Для одиночной прокладки в траншеях, в кабельных сооружениях и производственных помещениях
АПВВнг-LS	То же, в оболочке из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности	Для групповой прокладки кабельных линий в кабельных сооружениях и производственных помещениях
АПВПг	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена с водоблокирующей лентой герметизации металлического экрана	Для прокладки в грунтах с повышенной влажностью и в сырых, частично затапливаемых помещениях, а также в воде (в несудоходных водоемах)
АПВПуг	То же, в усиленной оболочке из полиэтилена	Для прокладки в грунтах с повышенной влажностью и в сырых, частично затапливаемых

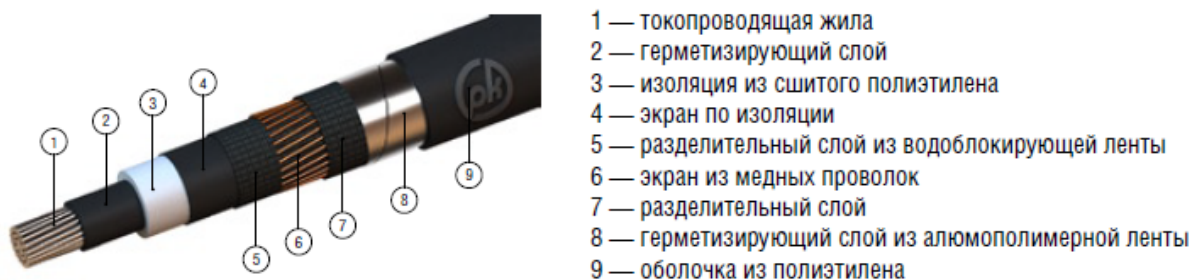
		помещениях, а также в воде (в несудоходных
--	--	--

Продолжение таблицы 17

Марка	Конструкция	Условия эксплуатации
		водоемах)
АПвП2г	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена с алюминиевой лентой поверх герметизированного экрана	Для прокладки в грунтах с повышенной влажностью и в сырых, частично затапливаемых помещениях, а также в воде (в несудоходных водоемах)

Так как основная часть трассы кабельных линий от ГПП №2 до РП № 3 и РП № 8 по коллектору, то по условиям прокладки выбираем кабель марки АПвПг., который нашел широкое применение, в том числе и в частично затапливаемых строениях и сооружениях, грунтах сырых и повышенной влажности. В конструкции имеются герметизирующие элементы.

На рисунке 15 представлена конструкция кабеля марки АПвПг с сечением алюминиевой жилы от 50 до 800 мм²; при этом экран из медных проволок скреплен медной лентой сечением не менее 16 мм² для кабелей с сечением жилы 50-120 мм², сечением не менее 25 мм² для кабелей с сечением жилы 150-300 мм², сечением не менее 35 мм² для кабелей с сечением жилы 400 мм² и более [37].



- 1 — токопроводящая жила
- 2 — герметизирующий слой
- 3 — изоляция из сшитого полиэтилена
- 4 — экран по изоляции
- 5 — разделительный слой из водоблокирующей ленты
- 6 — экран из медных проволок
- 7 — разделительный слой
- 8 — герметизирующий слой из алюмополимерной ленты
- 9 — оболочка из полиэтилена

Рисунок 15 – Конструкция кабеля марки АПвПг

В таблице 18 приведен анализ применения воздушных линий электропередач и кабельных линий 10 кВ в городских условиях [25].

Таблица 18 – Анализ применения воздушных линий электропередач и кабельных линий 10 кВ в городских условиях

Качество	Воздушные линии	Кабельные линии
Достоинства	Относительная дешевизна	
	Лучше ремонтпригодность	Высокой пропускной способностью
	Не требуется проводить земляные работы для замены провода	Максимально защищены от внешних атмосферных воздействий и охотников за цветным металлом
	Не затруднен визуальный осмотр состояния линии	Сокращается размер охранной зоны
Недостатки	Широкая полоса отчуждения (при использовании неизолированного провода)	Высокая стоимость строительства и последующей эксплуатации
	Незащищенность от внешнего воздействия	Менее доступны для визуального наблюдения
	Эстетическая непривлекательность	

2.4 Выводы по разделу 2

Таким образом, для дальнейшего технико-экономического обоснования выбраны следующие варианты продукции для модернизации распределительных линий 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти:

- а) воздушная линия – провод марки СИП-3;
- б) кабельная линия – кабель марки АПвПг.

3 Технико-экономическое обоснование вариантов модернизации распределительных сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти

3.1 Технико-экономическое обоснование варианта модернизации распределительных сетей 10 кВ от ГПП-2 до РП №3 и от ГПП-2 до РП №8

Осуществление инвестиций в форме капиталовложений, в отличие от финансовых вложений, не может успешно реализовываться без технико-экономического обоснования (ТЭО) инвестиционных возможностей проекта, без глубокого изучения и анализа альтернативных вариантов капиталовложений. Необходимо верно оценить имеющиеся материальные, трудовые и финансовые ресурсы с точки зрения их рационального использования в перспективе.

Для составления технико-экономического обоснования вариантов модернизации распределительных сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти необходимо подготовить сметно-финансовую документацию по всем статьям расходов: фонда оплаты труда, стоимость эксплуатации машин для укладки продукции, стоимости материалов, накладные расходы, сметная прибыль, дополнительные затраты в производстве ремонтно-строительных работ в зимнее время, затраты на проектные и изысканные работы, определить потребности в оборотных средствах, предусмотреть возможные риски (для этого закладывается резерв средств на непредвиденные работы и затраты) и др.

На основании расчета в п. 1.3 ток в линии от ГПП №2 до РП №3 при существующей нагрузке составляет 1246,3 А. Из [35] сечение жилы линии

$$F_{\text{ж}} = \frac{I_{\text{нр}}}{J_{\text{эк}}}, \quad (7)$$

где $I_{\text{нр}}$ – расчетный ток линии в нормальном режиме, А;

$J_{\text{эк}}$ – нормированное значение экономической плотности тока [1].

Тогда по формуле (7)

$$F_{\text{Э}} = \frac{1246,3}{1,4} = 890,2 \text{ мм}^2.$$

В таблицах 19, 20 приведены сведения по допустимому току в зависимости от сечения провода СИП-3 и кабеля АПвПг [52,53].

Таблица 19 – Допустимый ток провода СИП-3

Номинальное сечение токопроводящей жилы, мм ²	Допустимый ток нагрузки, А	Односекундный ток короткого замыкания, кА
50	245	4,3
70	310	6,4
95	370	8,6
120	430	11,0
150	485	13,5

Таблица 20 – Допустимый ток кабеля АПвПг

Номинальное сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток при прокладке в земле, А	
	При расположении в плоскости	При расположении треугольником
35	172	147
50	195	170
70	240	210
95	263	253
120	298	288

150	329	322
-----	-----	-----

Продолжение таблицы 20

Номинальное сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток при прокладке в земле, А	
	При расположении в плоскости	При расположении треугольником
185	371	364
240	426	422
300	477	476
400	525	541
500	587	614
630	365	695
800	719	780

Предварительно выбираем три одножильных проводника марки СИП-3 с сечением 3x150 мм² или три одножильных кабеля АПвПг 1x240 с $I_{\text{доп}}=426$ А на каждую жилу. Длина трассы от ГПП №2 до РП №3 составляет 1881 м.

На основании расчета в п. 1.4 ток в линии от ГПП-2 до РП №8 при существующей нагрузке составляет 1028,5 А.

Сечение жил линии выбираем по формуле (7):

$$F_{\text{ж}} = \frac{1028,5}{1,4} = 734,6 \text{ мм}^2.$$

Предварительно выбираем три одножильных проводника марки СИП-3 с сечением 3x150 мм² или три одножильных кабеля АПвПг 1x240 с $I_{\text{доп}}=426$ А на каждую жилу. Длина трассы от ГПП №2 до РП №3 составляет 2132 м.

Кабель необходимо проверить по условию термической стойкости.

Необходимое сечение кабеля с учетом термической стойкости [35] определяется по формуле (8):

$$S = \frac{I_k}{n \cdot C} \cdot \sqrt{t_{\text{с.з.о.л}}}, \quad (8)$$

где I_k – ток короткого замыкания, А;

$t_{\text{с.з.о.л}} = 1,025$ с – время срабатывания защиты отключения линии;

$n = 1$ – количество линий 10 кВ;

$C = 90$ – постоянная величина для кабеля с алюминиевыми жилами по таблице 8.3 [35].

По формуле (8) определяем значения необходимого сечения кабеля.

Для линии от ГПП №2 до РП №3:

$$S = \frac{17860}{1 \cdot 90} \cdot \sqrt{1,025} = 200,91 \approx 201 \text{ мм}^2, \quad (9)$$

$$240 \text{ мм}^2 > 201 \text{ мм}^2.$$

Для линии от ГПП №2 до РП №8:

$$S = \frac{18089,9}{1 \cdot 90} \cdot \sqrt{1,025} = 203,5 \approx 204 \text{ мм}^2, \quad (10)$$

$$240 \text{ мм}^2 > 204 \text{ мм}^2.$$

В таблицах 21, 22 представлены ориентировочная сметная стоимость прокладки 1 км линии с проводом марки СИП-3 и 1 км линии кабелем марки АПвПг по всем видам выполняемых работ: строительные работы, электромонтажные работы, испытания и измерения, благоустройство территории [52,53].

Таблица 21 – Ориентировочная сметная стоимость 1 км линии с проводом марки СИП-3

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
1	Электромонтажные работы				
1.1	Разводка конструкций и материалов опор ВЛ 10 кВ по трассе	1 опора	-	-	18 362,66
1.2	Установка железобетонных опор ВЛ 10 кВ	1 опора	-	-	54 864,44
1.3	Материалы				
1.3.1	Болты с гайками и шайбами строительные	т	0,014	90 698,39	1 269,78
1.3.2	Штыри установочные	шт.	99	18,67	15 351,17
1.3.3	Металлические плакаты	шт.	33		
1.3.4	Стойка железобетонная вибрированная для опор	шт.	33	13 245,09	437 087,97
1.3.5	Приставки железобетонные	шт.	2	9 200,00	18 400,00
1.3.6	Провод СИП-3, сечением 3 (1x150 мм ²)	км	3,087	45 001,69	138 920,22
1.3.7	Прочее				83 752,16

Продолжение таблицы 21

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
1.4	Забивка вертикальных заземлителей	1 км провода	3,087	233,25	7 697,15
1.5	Подвеска проводов марки СИП-3 на опорах	чел. час.	-	216 555,77	668 507,71
1.6	Фонд оплаты труда				154 673,00
1.7	Стоимость эксплуатации машин				265 254,12
1.8	Накладные расходы				147 239,47
1.9	Сметная прибыль				79 033,29
	Итого по разделу				1 657 533,31
2	Испытания и измерения				
2.1	Фазировка линии напряжением свыше 1 кВ	1 фазировка	1	388,23	388,23
2.2	Проверка наличия цепи между заземлителем и заземленными элементами	100 точек	6,6	3 105,89	20 498,86

Продолжение таблицы 21

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
2.3	Фонд оплаты труда	чел.час.	-	-	20 887,09
2.4	Накладные расходы	-	-	-	11 487,90
2.5	Сметная прибыль	-	-	-	6 683,87
	Итого по разделу	-	-	-	39 058,86
3	Итого по смете				
3.1	Фонд оплаты труда	-	-	-	175 560,09
3.2	Стоимость материалов	-	-	-	1 053 646,89
3.3	Стоимость эксплуатации машин	-	-	-	265 254,12
3.4	Итого прямые затраты	-	-	-	1 452 147,64
3.5	Накладные расходы	-	-	-	158 727,37
3.6	Сметная прибыль	-	-	-	85 717,16
3.7	Дополнительные затраты в производстве ремонтно-строительных работ в зимнее время	-	-	-	35 471,21

Продолжение таблицы 21

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
3.8	Проектные и изыскательные работы	-	-	-	346 412,68
3.9	Резерв средств на непредвиденные работы и затраты	-	-	-	41 569,52
	ИТОГО:	-	-	-	2 120 045,58

Таблица 22 – Ориентировочная сметная стоимость 1 км линии кабелем марки АПвПг

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
1	Строительные работы				
1.1	Разработка грунта в отвал экскаваторами	1000 м ³ грунта	0,227	34 807,58	7 901,32
1.2	Разработка грунта вручную в траншеях глубиной до 2 м	1000 м ³ грунта	0,97	27 227,00	26 410,19
1.3	Устройство переходов в грунтах для прокладки труб	м	200	3 265,12	653 021,19
1.4	Трубы полиэтиленовые низкого давления с наружным диаметром 110 мм	м	200	322,00	64 400
1.5	Устройство трубопроводов из асбестоцементных труб	1 каналокilометр трубопровода	0,016	109 281,75	1 748,50
1.6	Засыпка вручную траншей, и др.	1000 м ³ грунта	0,97	11 570,60	11 223,48
1.7	Засыпка траншей и котлованов с перемещением грунта бульдозерами	1000 м ³ грунта	0,227	8 108,91	1 840,72

Продолжение таблицы 22

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
1.8	Укладка стальных водопроводных труб с гидравлическим испытанием	1 км трубопровода	0,024	979 648,28	23 511,55
1.9	Нанесение нормальной антикоррозионной изоляции на стальные трубопроводы	1 км трубопровода	0,024	76 610,43	1 838,65
1.10	Устройство подстилающих и выравнивающих слоев оснований из песка	100 м ³ материала	0,54	28 423,30	15 348,58
1.11	Песок природный для строительных работ	м ³	54	681,98	36 826,92
1.12	Мастика изоляционная	т	0,14	22 595,68	3 163,40
1.13	Погрузка и разгрузка вручную	т	по 1,1	105,24	231,52

Продолжение таблицы 22

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
1.14	Погрузка и разгрузка с использованием механизмов	т	по 7,8	240,00	3 744,00
1.15	Перевозка груза до 10 км	т	8,9	58,45	520,21
1.16	Фонд оплаты труда	-	-	-	189 199,87
1.17	Стоимость эксплуатации машин	-	-	-	574 065,91
1.18	Накладные расходы	-	-	-	161 733,89
1.19	Сметная прибыль	-	-	-	99 051,85
	Итого по разделу				1 112 515,97
2.1	Устройство постели при одном кабеле в траншее	100 м кабеля	8,84	11 437,69	101 109,15
2.2	Кабель в готовых траншеях без покрытий	100 м кабеля	8,84	12 405,24	109 662,45
2.3	Кабель в проложенных трубах, блоках и коробах	100 м кабеля	1,16	18 156,94	21 062,05

Продолжение таблицы 22

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
2.4	Кабель 10 кВ для прокладки в земле и коллекторе марки АПвПг	1000 м	1	939 200,00	939 200,00
2.5	Покрытие кабеля кирпичом	100 м кабеля	8,84	9 886,92	87 223,56
2.6	Муфта концевая	1 шт.	6	-	18 324,58
2.7	Муфта соединительная	1 шт.	-	-	11 901,81
2.8	Муфта термоусаживаемая	1 шт.			20 169,48
2.9	Присоединение к зажимам жил проводов и кабелей	100 шт.		6 430,47	1 157,49
2.10	Герметизация проходов при вводе во взрывоопасные помещения	1 проход	14	178,96	2 505,50
2.11	Фонд оплаты труда				114 439,67
2.12	Стоимость эксплуатации машин				269 892,83
2.13	Накладные расходы				1 349 539,54

Продолжение таблицы 22

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
2.14	Сметная прибыль				59 508,63
	Итого по разделу				1 501 744,30
3	Испытания и измерения				
3.1	Фазировка линии	1 фазировка	1	446,47	446,47
3.2	Испытание силового кабеля длиной до 500 м	1 испытание	1	1 198,93	1 198,93
3.3	Испытание силового кабеля за каждые последующие 500 м	500 м кабеля	1	359,68	359,68
3.4	Фонд оплаты труда				2 005,08
3.5	Накладные расходы				1 102,79
3.6	Сметная прибыль				641,63
	Итого по разделу				3 749,50

Продолжение таблицы 22

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
4	Благоустройство				
4.1	Планировка участка вручную	100 м ²	18	1 155,99	20 807,85
4.2	Подготовка почвы для устройства газона	100 м ²	18	14 004,37	252 078,58
4.3	Посев газона	100 м ²	18	4 380,40	78 847,25
4.4	Фонд оплаты труда				115 477,97
4.5	Стоимость эксплуатации машин				50 547,64
4.6	Накладные расходы				351 733,68
4.7	Сметная прибыль				83 144,14
	Итого по разделу				548 046,23
5	Итоги по смете				
5.1	Фонд оплаты труда				421 122,59
5.2	Стоимость эксплуатации машин				894 506,38

Продолжение таблицы 22

№ п/п	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Единица измерения	Количество единиц по проектным данным	Стоимость, руб.	
				На единицу измерения	Общая
5.3	Стоимость материалов				1 424 212,6
5.4	Итого прямые затраты				2 555 008,53
5.5	Накладные расходы				368 701,22
5.6	Сметная прибыль				242 346,25
5.7	Дополнительные затраты в производстве ремонтно-строительных работ в зимнее время				67 673,36
5.8	Проектные и изысканные работы				646 745,87
5.9	Резерв средств на непредвиденные работы и затраты				77 609,50
	ИТОГО:				3 958 084,73

На основании ориентировочной сметной стоимости прокладки 1 км линии по каждому из вариантов можно сделать вывод, что менее затратным будет использование 1 варианта модернизации распределительной сети 10 кВ (воздушная линия с проводом марки СИП-3) от ГПП №2 РП №3, а также распределительной сети от ГПП №2 до РП №8.

Применение воздушной линии позволит наиболее быстро обеспечить нахождение места повреждения в случае аварии, а также быстрое ее устранение. Как уже упоминалось выше, у воздушных ЛЭП имеется ряд недостатков. Одним из основных является эстетическая непривлекательность [47]. В соответствии с п.7.2.2. [3] электрические сети напряжения до 20 кВ на территории городов с застройкой зданиями высотой 4 этажа и выше должны выполняться кабельными.

Применение кабельной линии вместо воздушной позволит исключить затраты на установку опор, а также выделения коридора под строительство линии [49]. В настоящее время в г. Тольятти складывается неблагоприятная ситуация с выделением земельных участков под строительство инженерных коммуникаций. Отвод земли под выполнение задач по модернизации распределительных сетей может занимать от 3 до 10 лет, что достаточно сильно влияет на ввод в эксплуатацию распределительных сетей, а соответственно увеличение пропускной способности линии. Ограничение пропускной способности не позволит вводить новые объекты, такие как жилые дома, так называемая точечная застройка, торгово-офисные здания, объекты социальной сферы, а также не позволит увеличить мощность на уже существующие объекты, в которых в последнее время появляется энергоемкое оборудование, например, кондиционеры.

Использование существующей трассы, позволит существенно сократить срок и стоимость осуществления модернизации распределительной сети. Существующая кабельная линия 10 кВ, как уже упоминалось выше, на 70 % проложена в коллекторах, что также позволит обеспечить быстрое нахождение места повреждения и последующий ремонт.

Исходя из сказанного, для модернизации распределительных сетей 10 кВ примем вариант с использованием кабеля из сшитого полиэтилена марки АПвПг.

3.2 Технико-экономическое обоснование варианта модернизации распределительных сетей 10кВ от ГПП №2 до КТП набережная

На основании расчета в п. 1.5 ток в линии от ГПП №2 до КТП, расположенных на территории прибрежного парка и набережной, при существующей нагрузке составляет 53,75 А.

Сечение жил линии выбираем по формуле (7):

$$F = \frac{I}{j} = \frac{53,75}{1,4} = 38,39 \text{ мм}^2 .$$

С учетом развития территории прибрежного парка и набережной предварительно выбираем три одножильных провода марки СИП-3 с сечением $3 \times 150 \text{ мм}^2$ или три одножильных кабеля АПвПг 1×240 с $I_{\text{доп}} = 426 \text{ А}$ на каждую жилу. Ориентировочная длина трассы составит 4,5 км.

Для технологического присоединения нагрузок территории прибрежного парка и набережной Автозаводского района г. Тольятти также необходимо предусмотреть строительство распределительного пункта 10 кВ РП-2360000 со встроенной трансформаторной подстанцией 10/0,4 кВ.

Подключаемая нагрузка первого этапа строительства территории прибрежного парка и набережной составляет – 12000 кВт.

Нагрузка второго этапа строительства территории прибрежного парка - 4516 кВт будет подключена при дальнейшей застройке данной территории.

Учитывая расположение территории прибрежного парка и набережной для модернизации распределительных линий 10 кВ выбираем три одножильных провода марки СИП-3 с сечением $1 \times 150 \text{ мм}^2$ [51]. Трасса

воздушной линии от ГПП №2 до проектируемого распределительного пункта предварительно будет проходить вдоль лесного массива за территориями детских дошкольных учреждений и объектов здравоохранения. Прокладка линии по данной территории позволит уменьшить трассу, количество пересечений с существующими инженерными сооружениями.

В таблице 23 приведен сравнительный анализ вариантов модернизации распределительных сетей 10 кВ от ГПП №2 до комплектных трансформаторных подстанций на территории прибрежного парка.

Таблица 23 – Сравнительный анализ вариантов модернизации распределительных сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти

№ п/п	Наименование работ и затрат	Провод марки СИП-3	Кабель марки АПвПг
1	Фонд оплаты труда	175 560,09 руб.	421 122,59 руб.
2	Стоимость материалов	1 053 646,89 руб.	1 424 212,6 руб.
3	Стоимость эксплуатации машин	265 254,12 руб.	894 506,38 руб.
4	Итого прямые затраты	1 452 147,64 руб.	2 555 008,53 руб.
5	Накладные расходы	158 727,37 руб.	368 701,22 руб.
6	Сметная прибыль	85 717,16 руб.	242 346,25 руб.
7	Дополнительные затраты при производстве ремонтно-строительных работ в зимнее время	35 471,21 руб.	67 673,36 руб.
8	Проектные и изыскательные работы	346 412,68 руб.	646 745,87 руб.
9	Резерв средств на непредвиденные работы и затраты	41 569,52 руб.	77 609,5 руб.

Продолжение таблицы 23

№ п/п	Наименование работ и затрат	Провод марки СИП-3	Кабель марки АПвПг
10	Итого:	2 120 045,58 руб.	3 958 084,73 руб.

Получили: вариант модернизации распределительных сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти проводом марки СИП-3 по объему работ составил 2 120 045,58 руб., вариант модернизации распределительных сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти кабелем марки АПвПг по объему работ составил 3 958 084,73 руб.

3.3 Выводы по разделу 3

Для модернизации распределительных сетей от ГПП №2 до комплектных трансформаторных подстанций на территории прибрежного парка и набережной было принято к использованию воздушная линия с проводом марки СИП-3. Строительство данной линии позволит существенно снизить затраты сетевой организации по осуществлению технологического присоединения планируемых к строительству на данной территории объектов. Развитие данной территории потребует также строительство двухтрансформаторных подстанций и распределительного пункта. В связи с отсутствием точных сведений по мощности планируемых к строительству объектов, предварительно для модернизации линии от ГПП №2 до территории прибрежного парка и набережной было выбрано 3 одножильных провода марки СИП-3 с сечением 1x150 мм².

Заключение

В данной работе рассмотрен вопрос повышения пропускной способности распределительных сетей 10 кВ городской части Автозаводского района г. Тольятти, запитанных от ГПП №2.

ГПП №2 была введена в эксплуатацию в 1972 году. От ГПП №2 питаются потребители 1, 2 и 3 категории надежности электроснабжения. К потребителям 1 категории относится Тольяттинская городская клиническая больница №5. Чтобы обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителей 1 категории, они должны питаться от двухтрансформаторной подстанции. Тогда перерыв в электроснабжении произойдет на время автоматического восстановления питания, что допустимо ПУЭ.

На основании анализа состояния распределительных сетей 10 кВ, а именно способ прокладки, срок службы, а также на основании графиков нагрузок и данным по замерам для модернизации были выбраны следующие кабельные линии:

- кабельная линия 10 кВ от ГПП №2 до распределительного пункта РП № 3;
- кабельная линия 10 кВ от ГПП №2 до распределительного пункта РП № 8;
- кабельная линия 10 кВ от ГПП №2 до комплектных трансформаторных подстанций на территории прибрежного парка и набережной.

Одним из вариантов модернизации существующих распределительных линий – применение воздушной линии. В работе рассмотрены основные способы исполнения воздушной линии, а именно исполнение проводами марок А, АС и самонесущим изолированным проводом. По результатам анализа достоинств и недостатков каждого из способа исполнения для использования в 1 варианте был выбран самонесущий изолированный провод.

Вторым вариантом модернизации было выбрано применение кабельной линии. В работе рассмотрены различные типы изоляционных материалов, используемых в настоящее время для изготовления кабельной продукции.

Одним из вариантов исполнения изоляции кабельной линии - кабель с бумажно-пропитанной изоляцией. Кабель с данной изоляцией должен включать в свою конструкцию металлическую оболочку, чтобы механически защитить изоляцию и предотвратить проникновение воды. Одним из достоинств данной изоляции является изготовление с бронепокровом из стальных лент, а также данный кабель имеет токопроводящие жилы секторной формы, позволяющие существенно уменьшить габариты изделия. Однако кабель с бумажно-пропитанной изоляцией имеет существенный недостаток: при прокладке кабелей на вертикальных и крутонаклонных трассах с большой разницей уровней прокладки маслоканифольный состав имеет свойство стекать, при этом бумажная изоляция обедняется и имеет склонность к преждевременному старению.

Другим вариантом исполнения изоляции кабельной линии - изоляция из сшитого полиэтилена. Основными преимуществами данной изоляции являются более высокая надежность в эксплуатации, меньшие расходы на реконструкцию и содержание, высокая стойкость к повреждениям и большая пропускная способность.

На основании сравнения технических характеристик, достоинств и недостатков способов исполнения изоляции кабельной линии 10 кВ для дальнейшего рассмотрения был выбран кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена. Так как 70% трассы кабельной линии проходит в коллекторах, был выбран кабель марки АПвПг.

Выполненный экономический расчет вариантов модернизации распределительных сетей 10 кВ Автозаводского района г. Тольятти:

- проводом марки СИП-3 по объему работ составил 2 120 045,58 руб.,
- кабелем марки АПвПг по объему работ составил 3 958 084,73 руб.

На основании технико-экономического обоснования вариантов модернизации распределительных сетей 10 кВ менее затратным является вариант применения воздушной линии с проводом марки СИП-3. Однако для модернизации кабельных линий 10кВ от ГПП №2 до РП № 3, а также от ГПП №2 до РП № 8 было принято к использованию кабельная линия из сшитого полиэтилена марки АПвПг, так как прокладка данных линий будет осуществляться по существующей трассе, что не потребует дополнительных затрат по выполнению геодезических работ, работ по отведению земельных участков.

Для модернизации распределительных сетей от ГПП №2 до комплектных трансформаторных подстанций на территории прибрежного парка и набережной было принято к использованию воздушная линия с проводом марки СИП-3.

Строительство данной линии позволит существенно снизить затраты сетевой организации по осуществлению технологического присоединения планируемых к строительству на данной территории объектов. Развитие данной территории потребует также строительство двухтрансформаторных подстанций и распределительного пункта. В связи с отсутствием точных сведений по мощности планируемых к строительству объектов, предварительно для модернизации линии от ГПП №2 до территории прибрежного парка и набережной было выбрано 3 одножильных провода марки СИП-3 с сечением $1 \times 150 \text{ мм}^2$.

Список используемых источников

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. с изм. и доп. М.: КНОРУС, 2010. 488 с.
2. ГОСТ 18410-73. Кабели силовые с пропитанной бумажной изоляцией. Технические условия : введ. 1975-01-01. М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1975.
3. Инструкция по проектированию городских электрических сетей (с изменениями и дополнениями 1999 года, 2014 года). РД 34.20.185-94. М.: Энергоатомиздат, 1995. 48 с.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей : введ. в действие с 01.07.03 (в ред. Приказа Минэнерго России от 13.09.2018 № 757). М.: ЗАО «Энергосервис», 2003. 160 с.
5. СП 42.13330.2016 (19.09.2019) Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89.
6. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания. РД 153-34.0-20.527-98: утв. Департаментом стратегии развития и научно-технической политики 23.03.98. 131 с.
7. ТУ 16. К71-335-2004. Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10 кВ. Технические условия ООО «Камский кабель» : введ. 01.01.2004. Пермь: 2017. 34 с.
8. ТУ 16-705.500-2006. Провода самонесущие изолированные и защищенные для воздушных линий электропередачи (Часть 1). Технические условия : введ. 01.01.2006. М., 2006. 23 с.
9. Балашов А.И., Боев М.А., Воронцов А.С. Кабели и провода. Основы кабельной техники / под редакцией И.Б. Пешкова. М.: Энергоатомиздат, 2019. 470 с.
10. Белоруссов Н.И. Электрические кабели, провода и шнуры. М.: Энергоатомиздат, 2017. 536 с.

11. Боков Г. Техническое перевооружение российских электрических сетей. Сколько это может стоить? // Новости Электротехники. 2016. №2(14). С. 23-27.
12. Волчков К.К., Козлов В.А. Эксплуатация сооружений городской электрической сети. СПб.: Энергия, 2015. 304 с.
13. Глазунов А.А., Лещинская Т.Б., Шведов Г.В. Многокритериальная оптимизация глубоких вводов в системах электроснабжения городов. М. : Аргконсалт, 2015. 116 с.
14. Григорьян А.Г., Дикерман Д.Н., Пешков И.Б. Производство кабелей и проводов с применением пластмасс и резин / под ред. И.Б.Пешкова. М.: Энергоатомиздат, 2015. 304 с.
15. Журавлев В.А. Электроснабжение городов // Новости Электротехники. 2016. № 1(61). С.17-23.
16. Инструкция по эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на переменное напряжение 10, 20, 35 кВ. изд. 1. ОАО «Электрокабель» Кольчугинский завод».
17. Каменский М.К. Термическое старение бумажной пропитанной L* изоляции силовых кабелей // Кабели и провода. 2017. № 5. С. 16-18.
18. Канискин В.А., Пугачев А.А., Таджикибаев А.И. Оценка технического состояния кабелей и кабельных сетей / под. ред. А.И. Таджикибаева. СПб.: ПЭРПЖ, 2017. 172 с.
19. Князев В. Основные направления развития распределительных электрических сетей // Кабель-news. 2016. № 4-5. С. 22-24.
20. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие. - М.: Издательство «Мастерство», 2017. 320 с.
22. Коржов А.В., Юрченко Е.Ю. Траектория прокладки силовых кабельных линий в современных городских условиях как фактор, влияющий на вероятность пробоя изоляции // Электробезопасность. 2016. № 2. С. 9-14.

23. Кужеков С.Л., Гончаров С.В. Городские электрические сети: учеб. пособие /Л. Кужеков, С.В. Гончаров. Ростов-на-Дону: Изд-во МарТ, 2017. 256 с.

24. Ложкин П.И., Евдокимов И.Г. Анализ электрических сетей 10 кВ Автозаводского района города Тольятти // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов: сборник трудов V Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов (г. Тольятти, ноябрь 2019 г.). Тольятти: ТГУ. 2019. С. 95-96.25.

Маслов А.Н., Свистунов А.С. Проблемы и особенности построения распределительных сетей крупных городов и мегаполисов : сборник докладов XII Всемирного электротехнического конгресса. М. : Аспект, 2018. С.172-174.

26. Мещанов Г.И., Образцов Ю.В., Пешков И.Б., Шувалов М.Ю. Силовые кабели на напряжение 10 - 500 кВ: история развития и перспективы // Кабели и провода. 2016. № 3. С. 18-21.

27. Мусин А.Х. Модель процесса технического обслуживания систем электроснабжения 6-10 кВ городов // Промышленная энергетика. 2018. №10. С. 12-15.

28. Мусин А.Х., Дудкин М.А. О понятии риска в системах электроснабжения городов // Электричество. 2015. №9. С. 35-40.

29. Мусин А.Х. Системы электроснабжения городов: Технология ресурсосберегающего обслуживания по реальной потребности. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2019. 147 с.

30. Мусин А.Х., Семкин Б.В. Электрические сети городов (системный анализ технологий обслуживания) : учеб. пособие. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2017. 116 с.

31. Невар Г. Об эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена // Кабель-news. 2018. № 3. С. 22-25.

32. Образцов Ю.В. Силовые кабели среднего напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена // Кабели и провода. 2018. №6. С. 15-18.

33. Образцов Ю.В. Силовые кабели среднего напряжения с силанольносшиваемой полиэтиленовой изоляцией // Кабели и провода. 2017. - № 4. С. 23-25.
34. Пищур А. Современные подходы к модернизации электрических сетей // Электроэнергия. Передача и распределение. 2015. №3. С. 32-34.
35. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для вузов / под ред. И.П. Крючкова [и др.]. М.: Академия, 2017. 416 с.
36. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий. М.: Издательский центр «Академия», 2016. 368 с.
37. Силовые кабели: каталог ООО «Камский кабель». URL.: <https://www.kamkabel.ru/production/catalog/> (дата обращения 15.05.2020).
38. Справочная книга электрика / под ред. В.И. Григорьева. М.: Колос, 2016. 746 с.
39. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. М.: ЭНАС, 2015. 392 с.
41. Стерхов В.А. Кабели 10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена: так ли важна технология сшивки?» - главный вопрос конференции // Новости Электротехники. 2016. №6(24). С. 16-21.
42. Ус А.Г., Евминов Л.И. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий: учеб. пособие. Минск.: НПО «ПИОН», 2016. 457 с.
43. Федосенко Р.Я. Надёжность кабельных линий распределительных сетей напряжением 6 - 10 кВ. М.: Энергия, 2015. 73 с.
44. Шведов Г.В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети: учебное пособие. М.: Издательский дом «МЭИ», 2017. 268 с.
45. Golwalka K. R. Integrated Maintenance and Energy Management in the Chemical Industries. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 766.

46. Ushakov V.Y. Electrical Power Engineering Current State, Problems and Perspectives. Springer Nature Switzerland AG. 2018. P. 308.

47. Alyunov A., Vyatkina O., Ivanov V., Karpov Yu., Melehin V., Andreev A., Mukhametova L. Improving methods for identifying electric motor parameters in case of stator winding damage // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 337 012070. 2019. P 304-308.

48. Nemirovskiy A., Kashin A., Kosmach V., Titovec Y., Toptygin I., Zaripova D. City Electric Networks: Prospects for Digitalization // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES) 337, 1, 012071, 2019. P. 163-167.

49. Rashevskaya M., Yanchenko S., Tsyruk S. Calculation of quality indicators of electric energy for distribution electric networks // SIELA.2018.8447097, 2018. P. 87-91.

50. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. URL.: http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/ES-2035_09_2015.pdf/ (дата обращения 15.05.2020).

51. Официальный сайт ГК «Электрощит-Самара». URL: <https://www.electroshield.ru/> (дата обращения 15.05.2020).

52. Каталог продукции ООО «ЭНЕРГОФОРУМ». URL: <https://energoforum.org/> (дата обращения 15.05.2020).

53. Каталог кабельной продукции. URL.: <https://cable.ru/products/> (дата обращения 15.05.2020).