

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)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Модернизация системы электроснабжения Комсомольского района с применением цифровых технологий

Студент

И.Е. Болонова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент В.А. Шаповалов

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

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Анализ системы электроснабжения Комсомольского района.....	6
1.1 Характеристика систем электроснабжения городов.....	6
1.2 Способы повышения энергоэффективности СЭС города.....	10
1.3 Характеристика системы электроснабжения Комсомольского района.....	13
1.4 Выявление проблем в СЭС Комсомольского района.....	20
Глава 2 Обзор цифровых технологий в сфере энергоснабжения.....	24
2.1 Цифровые технологии в мировой практике.....	25
2.2 Зарубежный опыт цифровизации энергетики.....	28
2.3 Тенденции России по цифровизации энергетического комплекса.....	30
2.4 Технологии цифровой трансформации.....	31
2.5 Пример применения «умного» оборудования.....	32
Глава 3 Стратегия цифровой трансформации Комсомольского района.....	42
3.1 Критерии внедрения цифровой трансформации.....	42
3.2 Перспективы развития электрических сетей района.....	49
3.3 Умные технологии в бюджетной сфере.....	57
Заключение.....	66
Список используемых источников.....	68

Введение

Города являются массовыми потребителями электроэнергии, в связи с тем, что в них проживает число населения, значительно превышающее число сельских жителей, в них, как правило, имеются промышленные предприятия и развитая транспортная сеть, требующая поддержания надлежащего уровня освещения, а также, в случае использования электротранспорта – нуждающаяся в источнике питания.

Система городского электроснабжения выстраивается исходя из размеров города, количества и мощности промышленных предприятий, а также из уровня развития инфраструктуры.

Питание крупных потребителей осуществляется с помощью распределительной сети класса напряжения 6–10 кВ, потребители сравнительно меньшей мощности запитываются от сети напряжением 0,38 кВ и совсем малой мощности – однофазные 0,22 кВ.

В настоящее время наблюдается тенденция к росту потребляемой мощности электроэнергии – это провоцирует необходимость совершенствовать систему электроснабжения непрерывно и по возможности комплексно. «Увеличение энергопотребления обусловлено, в первую очередь, все большим внедрением цифровых технологий, а как следствие – большей востребованности в использовании именно электрической энергии. Нельзя к тому же исключить факторы растущей урбанизации, усиления промышленного комплекса и на развитие инфраструктуры, потребляющей значительную часть мощности, не смотря на постепенное внедрение энергосберегающих технологий» [13].

Необходимость совершенствования систем электроснабжения в пользу повышения энергоэффективности и уменьшения объемов используемых ресурсов, обусловлена несколькими основополагающими факторами.

В первую очередь, нужно отметить, что внедрение технологий, позволяющих более эффективно использовать энергетические ресурсы, осуществляется, как правило, частично и, зачастую, довольно медленными темпами. Как известно, невозможно достичь экономии энергии, если создать грамотную систему электроснабжения, но не оснастить соответствующими технологиями каждый дом и не предусмотреть мероприятия по сбережению. Этот принцип действует и в обратном случае. По сему, необходим комплексный подход к решению проблемы энергоэффективности городов и их районов, в частности.

Одной из современных тенденций в сфере энергосбережения является децентрализованная генерация и децентрализованное распределение передаваемой мощности, данный вопрос также стоит рассмотреть на предмет применимости к рассматриваемой системе электроснабжения.

Во-вторых, согласно статистике, в городской среде существует немало причин неразумного расхода энергоресурсов. Среди них: несовершенство систем электроснабжения и применение устаревших технологий, эксплуатация морально и физически устаревшего оборудования, отсутствие мотивации жителей города к сбережению электроэнергии, несовершенство объектов бюджетной сферы и большие энергопотери в этой области.

Третьим и не менее важным фактором является проблема использования невозобновляемых ресурсов. По данным на 2016 год, доля исчерпаемых природных ископаемых ресурсов в общем объеме от первичных источников энергии составляет целых 76% по России, в то время как доля атомной энергетики составляет – 13%, гидроэнергетика – 6% и 5% – альтернативные источники. «Сама суть проблемы в том, что объемы добычи этих ресурсов с каждым годом растут несоизмеримо быстрыми темпами по сравнению со скоростью внедрения альтернативных методов получения электроэнергии. Нужно понимать, что рано или поздно запас ископаемых ресурсов будет подходить к концу, а стоимость электроэнергии будет

стремительно расти, пока не станет недоступной для жителей планеты. Чтобы не прийти к такому развитию событий необходимо принимать меры уже сегодня» [9].

Цель работы заключается в повышении энергоэффективности системы электроснабжения района города.

Задачи магистерской диссертации:

- Анализ существующей системы электроснабжения и выявление основных проблем;
- Обзор существующих технологий в сфере городского электроснабжения;
- Разработка комплекса мероприятий и внедрение технологий, способствующих энергосбережению.

Решение описанных задач позволит усовершенствовать систему электроснабжения Комсомольского района г. Тольятти и создать устойчивую базу для перехода к формату цифровой энергетики. Предполагаемая модернизация позволит повысить энергетическую эффективность объектов электросетевого хозяйства, а также бытовой сферы, усовершенствовать систему генерации и распределения электроэнергии и снизить показатели потерь электроэнергии.

Глава 1 Анализ системы электроснабжения Комсомольского района

1.1 Характеристика систем электроснабжения городов

«Под системой электроснабжения города понимается совокупность электрических сетей и трансформаторных подстанций, расположенных на территории города и предназначенных для электроснабжения его потребителей» [34].

Особенность системы электроснабжения в городе заключается в том, что на небольшой территории могут быть сосредоточены потребители как III, так II и даже I категории надежности электроснабжения. Эта особенность имеет немаловажное, можно даже сказать – ключевое значение при построении схемы электроснабжения.

Согласно ПУЭ, к трансформаторным подстанциям (ТП) предъявляется ряд требований, среди которых следующие: подстанции запрещено встраивать в жилые здания, больницы, школы, спальные отделения санаториев. В случае применения масляных трансформаторов, запрещается размещать их над местами, в которых могут скапливаться многочисленные группы людей.

Электрическая сеть связывает источник питания с потребителем. Под источником может подразумеваться электрические станции и понижающие подстанции классом напряжения 35–500 кВ, питание самих источников производится энергетическими системами.

Малые городские сети электроснабжения, как правило, состоят из городской электрической станции, районной подстанции, которая питается от энергетической системы, и тот и другой источник питания в данном случае может снабжать электроэнергией промышленность в районе города. Схема, зачастую, применяется петлевая.

Питание распределительной сети напряжением 0,4 кВ осуществляют ТП с различными по мощности трансформаторами, в зависимости от типа нагрузки схемы могут различаться. Изолированно от общей сети эксплуатируются, например, те подстанции, от которых питаются промпредприятия и коммунально-бытовая сфера. Также, в зависимости от категоричности потребителя, к нему могут быть подведены линии от резервных источников питания и предусмотрены устройства автоматического переключения, на случай неисправности основного источника питания.

В средних по размеру городах схема несколько отличается. Принцип построения схемы в данном случае заключается в наличии электростанции как основного источника питания, вводятся сети 35-110 кВ вне города для связи с основной энергосистемой

В городах, в зависимости от размеров подстанции могут быть объединены или использоваться изолированно от других, для средних городских сетей мощность ТП, как правило, меньше или равна 25 МВА.

Что касается распределительной сети, здесь отличие в появлении распределительных пунктов и питающих линий мощностью, порядка 3-10 МВА, особое внимание уделяется обеспечению надежности электроснабжения потребителей.

Стоит обратить внимание на наличие в таких городах, как правило, крупных промпредприятий, зачастую имеющих собственные трансформаторные подстанции, питание которых осуществляется по линиям напряжения 6-10 кВ, это же относится и к сфере жилищно-коммунального хозяйства, при наличии потребителей первой категории.

Крупные электрические сети в свою очередь представляют собой систему со множеством источников питания, на порядок отличающихся также величиной мощности. Здесь более развиты сети 110 кВ и выше мощность ПС, которые связаны с энергетической сетью.

Центральные районы, как правило, питаются от линий напряжением 35 кВ и понижающих подстанций распределительной сети. Схема, в основном, применяется радиальная с возможностью резервирования. Мощность подстанций в таком случае варьируется в диапазоне 30-40 МВт. Применяются схемы глубокого ввода ВН конкретно для электроснабжения потребителей.

Двухтрансформаторные подстанции снабжаются, зачастую, по двухлучевой схеме с применением автоматического ввода резерва на стороне НН. Таким образом, в случае аварии нагрузка переходит на резервный источник питания. Эта быстродействующая схема позволяет повысить надежность системы электроснабжения, она особенно актуальна при наличии потребителей 1 категории. Также она является автоматизированной, то есть для ее срабатывания не требуется участие человека.

Существует также замкнутая схема электроснабжения, характеризующаяся теми же показателями, что и двухлучевая, но имеющая при всем этом пропускную способность выше, чем у ранее упомянутой. Минусы ее заключаются в большей ресурсоемкости и сложности, поэтому такие схемы сейчас применяют крайне редко и, зачастую, их относят к экспериментальным.

Конфигурация системы электроснабжения города зависит от ряда факторов, в том числе исторических и географических, так как ранее заложенные коммуникации ограничивают коридоры прокладки новых.

В настоящее время при проектировании и строительстве кабельных линий напряжением 6-10 кВ отдают предпочтение прокладке подземным способом. Это обусловлено следующими факторами:

1. «Гибкость проектирования систем электроснабжения: пролегание кабеля под землей дает значительные преимущества перед воздушными ЛЭП в части сохранения окружающей среды и внешнего облика города, помимо того, кабели, уложенные в землю,

не создают опасного для здоровья электромагнитного излучения, имеют улучшенные характеристики по потере мощности, высокую стойкость при аварийных нагрузках» [4].

2. Приемлемая рентабельность: современный уровень развития технологий и разработка специализированных материалов позволили значительно снизить себестоимость прокладки ЛЭП под землей, что позволяет этой технологии объективно конкурировать с воздушными линиями электропередач.
3. Повышенная надежность: Атмосферные явления, как правило, имеют незначительное влияние на кабельные линии, проложенные под землей, кроме того, они менее подвержены износу и имеют больший по сравнению с воздушными, срок службы.
4. Современные технологии монтажа: в связи с постоянным совершенствованием технологий прокладки кабелей подземным способом, применения современной техники и материалов данный процесс в последнее время стал значительно менее энерго- и ресурсозатратным.
5. Возможность мониторинга состояния кабеля: подземные кабельные сети значительно сокращают стоимость обслуживания по сравнению с воздушными линиями, так как обнаружить повреждение на подземной линии значительно проще.

«Помимо перечисленного, в современных городах наблюдается тенденция к замене воздушных ЛЭП на подземные в эстетических целях. В связи с этим разрабатываются программы, обязывающие или рекомендуемые руководствоваться данным принципом при разработке проектов на реконструкцию, модернизацию, новое строительство сетей электроснабжения, а также выдаче технических условий на технологическое присоединение. Действующим примером является федеральная программа «Чистое небо», которая активно применяется более чем в 25 городах России

уже на протяжении пяти лет. Также программу закладывают в стратегии социально-экономического развития некоторых городов на период до 2030 года, из чего следует, что тенденция будет только расти» [4].

1.2 Способы повышения энергоэффективности СЭС города

Существует масса мероприятий, позволяющих сделать систему энергоснабжения в городской среде более эффективной, носят они как организационный, так и технический характер.

Во-первых, на объектах генерации и распределения электрической энергии необходимо регулярно проводить энергетические обследования.

Нынешнее законодательство сферы сбережения электроэнергии предписывает необходимость проведения обследования на вышеуказанных объектах электроэнергетики каждые пять лет. Этот метод позволяет зафиксировать точные параметры, отражающие состояние системы, а также показывает, сколько было использовано и сколько используется в настоящий момент энергетических ресурсов. Выводы, сделанные на основании этих обследований, позволяют уточнить какие технические мероприятия необходимо ввести и что необходимо усовершенствовать, чтобы повысить энергетическую эффективность на том или ином объекте.

Во-вторых, нельзя упускать из вида важность использования и морально и физически современного электрооборудования, этот фактор особенно важен при дальнейшем развитии энергосистемы.

Это подкрепляется, опять же, предписаниями федерального закона в область сбережения электрической энергии. Согласно нему, необходимо придерживаться стратегии использования более энергоэффективного оборудования. К нему относятся установки, потребляющие меньше энергетических ресурсов, производя тоже или большее количество энергии, что и его менее энергоэффективные предшественники. Немаловажно при

этом сокращение потерь электрической энергии в объектах ее генерации и сетях распределения и транспортировки.

В-третьих, для экономии ресурсов, потребляемых для генерации энергии, необходимо исключать из эксплуатации низкоэффективные объекты.

Наконец, существует необходимость в том, чтобы оптимизировать режимы работы и схемы электрических станций и распределительных сетей.

Оптимизация является средством, позволяющим значительно сокращать объемы используемого на производство энергии топлива. Ее принципы заключаются в том, чтобы перевести нагрузку на наиболее энергоэффективные энергетических блоков и поддерживать их равномерную загрузку в соответствии с номинальными параметрами.

Так как современные города имеют быстрые темпы развития и соответственно соизмеримо им все большие потребности, при внедрении мероприятий, повышающих энергетическую эффективность, руководствуются принципами реконструкции имеющихся (насколько это возможно при тех или иных условиях) и строительства новых объектов электроэнергетики (для подключения большего числа потребителей).

Среди способов повышения качества и надежности электроснабжения особое внимание уделяют наиболее эффективным. Для достижения эффективности проводят полную или частичную модернизацию электросети среднего и низкого класса напряжения, используют при этом проводники большего сечения и самонесущие провода, благодаря чему, повышается качество и надежность системы электроснабжения, а также снижаются потери при передаче выработанной энергии.

Для повышения энергоэффективности и, соответственно, осуществления поставленной цели необходим подход в несколько этапов, каждый из которых будет иметь свои функции.

Во-первых, необходимо анализировать существующую систему электроснабжения и выявить проблемы, препятствующие эффективному использованию энергии. Так же найти области, в которых необходимо применение энергосберегающих технологий.

Во вторую очередь необходимо разработать комплексную систему электроснабжения, предусмотрев применение современных технологий и наиболее эффективного оборудования на каждом из его этапов. Как говорилось ранее - невозможно достичь существенных результатов, если не воздействовать на все сферы человеческой жизнедеятельности, будь то быт, промышленность или транспорт.

В третьей части исследования необходимо сделать упор на применение энергосберегающих технологий, воспользовавшись основными принципами энергосбережения – экономить то, что дороже стоит и экономить то, что возможно при минимуме затрат.

Таким образом, из вышесказанного вытекают три основные задачи исследования:

- Анализ существующей системы электроснабжения и выявление основных проблем;
- Обзор существующих технологий в сфере городского электроснабжения;
- Разработка комплекса мероприятий и внедрение технологий, способствующих энергосбережению.

1.3 Характеристика системы электроснабжения Комсомольского района

1.3.1 Комсомольский район в составе г.о. Тольятти

Тольятти является административный центр Стравропольского района Самарской области и вторым по величине городом в своем регионе.

Территориально находится на северо-западе области, простираясь на 40 км по левому берегу Волги, включает в себя три района: Автозаводский, Центральный и Комсомольский, каждый из которых обособлен от остальных. Площадь г.о. Тольятти 28433га. Расположение районов в г.о. Тольятти показано на рисунке 1.

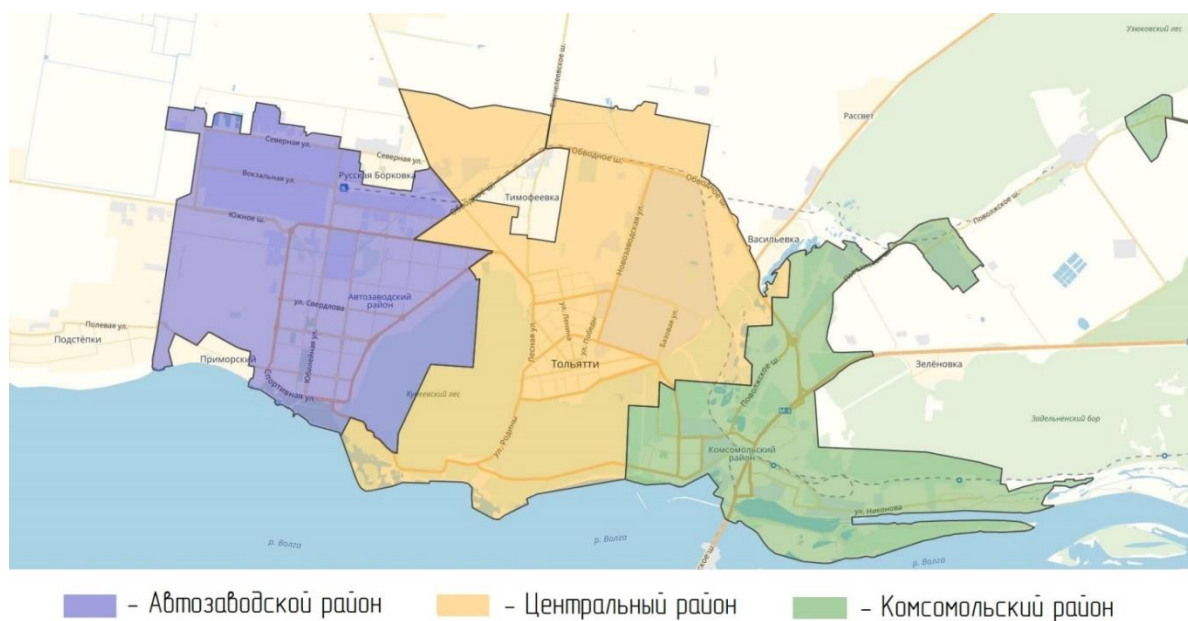


Рисунок 1 – Расположение районов г.о. Тольятти

В работе будет рассматриваться именно Комсомольский район, так как предварительная оценка состояния системы электроснабжения показала необходимость комплексного подхода к внедрению более современных технологий.

Исследуемый район располагается юго-восточнее остальных и включает в себя микрорайоны Поволжский Жигулёвское Море, Шлюзовой, а также относительно удаленные, бывшие до недавнего времени отдельными населенными пунктами - микрорайоны Федоровка и Новоматюшкино.

По состоянию на 2016г. численность населения составляет примерно 118 тысяч человек. Этот показатель при соотношении площадей каждого из районов показывает, что рассматриваемый имеет наименьшую плотность населения. План комсомольского района с указанием расположения микрорайонов представлен на рисунке 2.

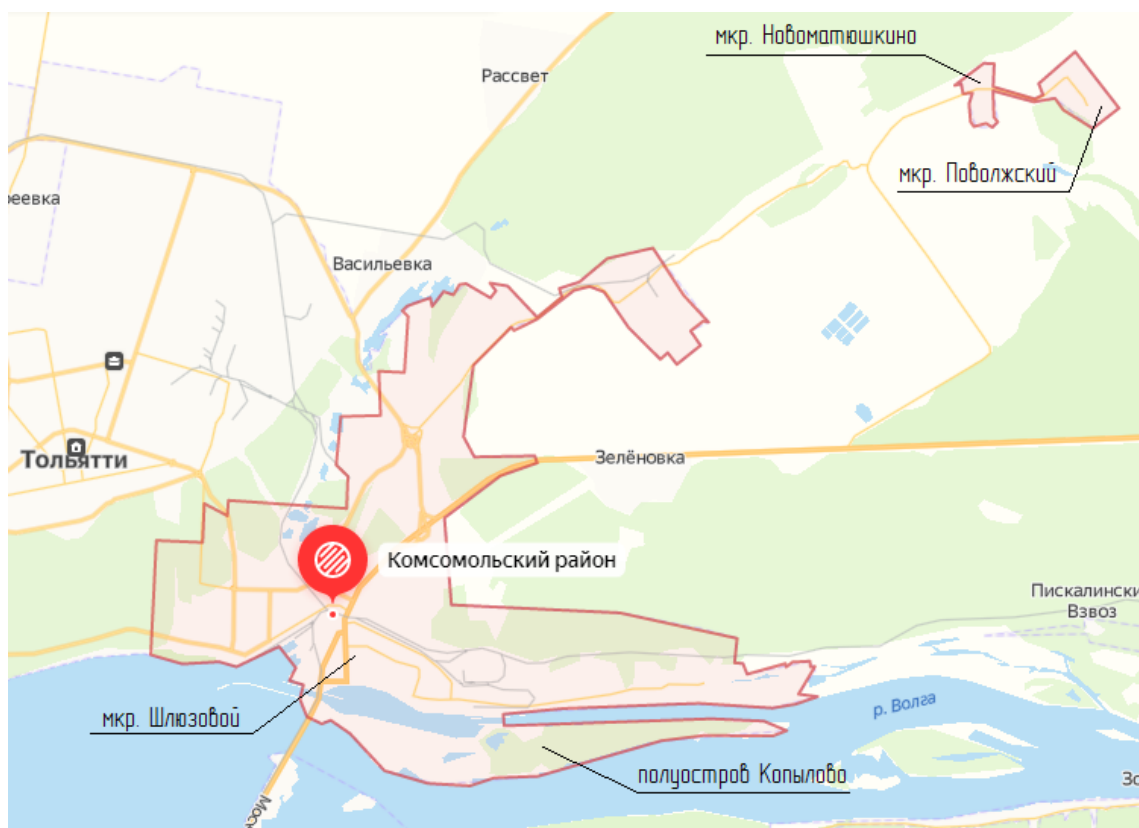


Рисунок 2 – Расположение микрорайонов в Комсомольском районе

1.3.2 Причастность к инвестиционным программам

В городском округе Тольятти реализуется, утвержденный постановлением Правительства Самарской области от 21.04.2010 N 160,

«Комплексный инвестиционный план модернизации городского округа Тольятти Самарской области на 2010 - 2020 годы».

«Одним из его основных направлений является диверсификация экономики на основе создания на прилегающей к городскому округу Тольятти территории особой экономической зоны промышленно-производственного типа, организации производства во вновь создаваемых сферах экономической деятельности инновационного типа, создание благоприятных условий для развития малого и среднего предпринимательства» [25].

Этот фактор имеет определяющее значение для комсомольского района, так как на его территории уже начинают воплощаться первые шаги к реализации этого плана.

1.3.3 Характеристика системы электроснабжения

Объекты ЖКХ в городском хозяйстве Тольятти снабжаются тремя источниками питания независимыми друг от друга, к ним относятся: Жигулевская ГЭС, Тольяттинская ТЭЦ и ТЭЦ ВАЗа. Блок-схема распределения нагрузок представлена на рисунке 3.

Электрической энергия передается по ЛЭП напряжением 500, 220 и 110 кВ через ГПП 500/220/110/35/10/6 кВ.

Установленная суммарная мощность источников питания составляет 4 138,3 МВт, из них: Жигулевская ГЭС - 2 346,3 МВт, Тольяттинская ТЭЦ - 620,0 МВт, ТЭЦ ВАЗа - 1 172,0 МВт.

Протяженность кабельных линий 110/35/10/6/0,4 кВ – 3 729,531 км.

Протяженность воздушных линий 110/35/10/6/0,4 кВ – 1 045,823 км.

Количество ТП и РП для передачи электроэнергии потребителям – 2228.

Передачей энергии непосредственно потребителям занимаются такие мероприятия как: АО «ОРЭС-Тольятти», «Энергетика и связь

строительство», АО «Самарская сетевая компания», что также отображено на рисунке 3.

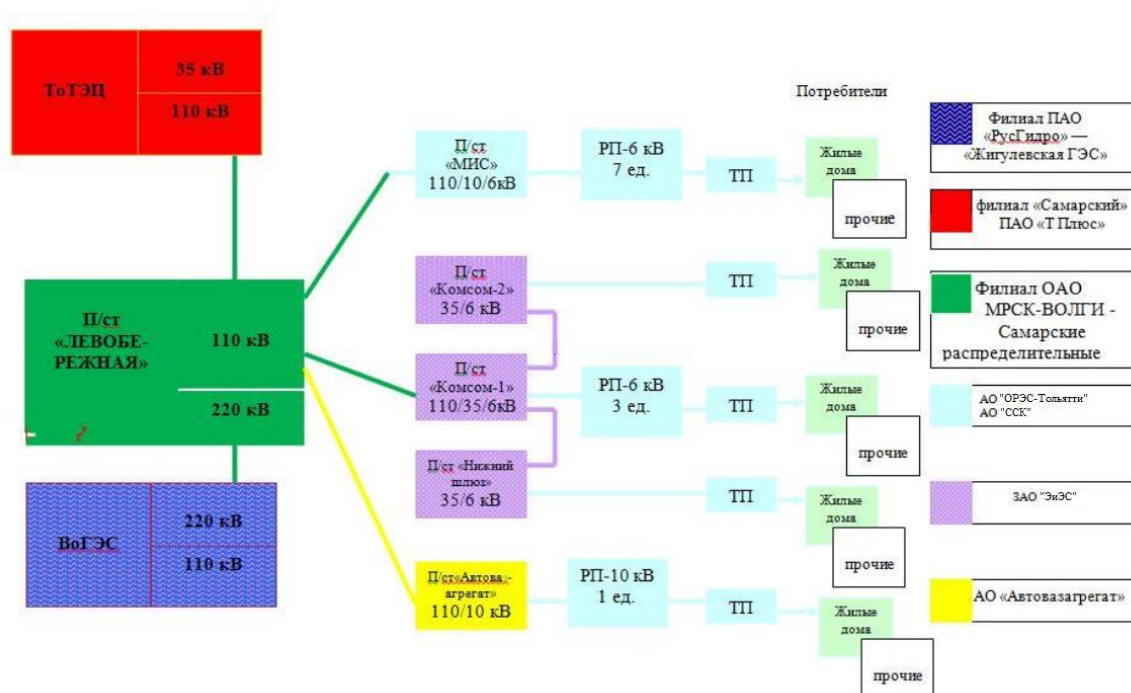


Рисунок 3 – Транспорт электроэнергии

Электричество транспортируется потребителям через распределительные пункты номинальным напряжением 6, 10 кВ.

На территории района расположены трансформаторные подстанции:

- 110/35/6/10 кВ - 7 шт;
- 10/ 6/0,4 кВ - 255 шт.

Установленная суммарная мощность - 81МВт.

Протяженность кабельных линий:

- 6-10 кВ – 336,898 км;
- 0,4 кВ – 379,879 км.

Протяженность воздушных линий:

- 6-10 кВ - 88,1 км;
- 0,4 кВ – 100,111 км.

Жилые кварталы снабжаются по петлевой и двухлучевой схемам, Петлевая схема показана на рисунке 4, в двухлучевая на рисунке 5.

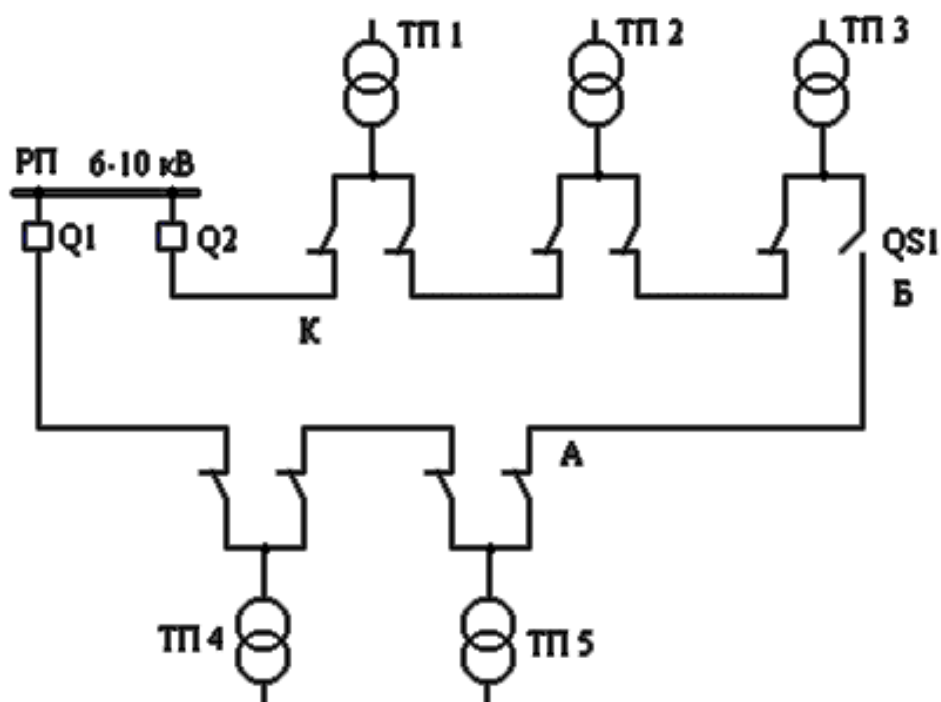


Рисунок 4 – Петлевая схема электроснабжения

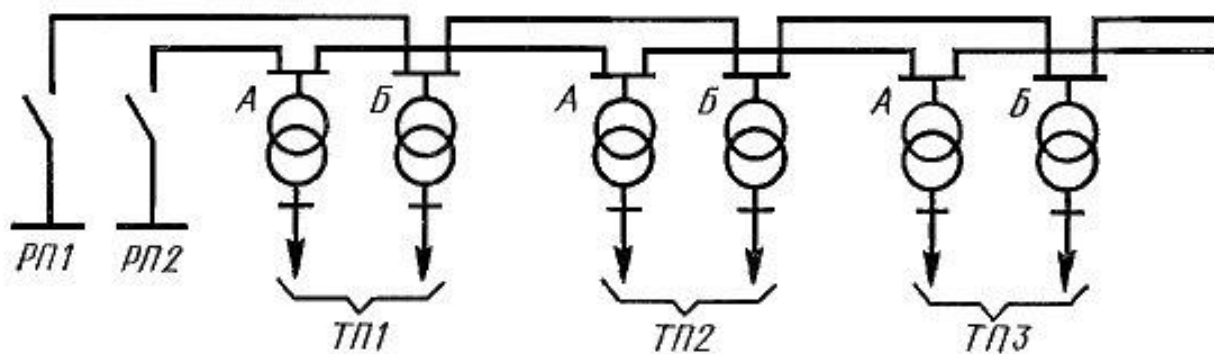


Рисунок 5 – Двухлучевая схема электроснабжения

Большинство применяемых схем соответствуют требованиям надежности и отвечают нормам прописанным в ПУЭ.

1.3.4 Анализ проводимых мероприятий в области сбережения ресурсов и энергии.

К мероприятиям, относящимся к описанной области, относятся сбор и учет сведений об объемах ресурсов, потребляемых при генерации электрической энергии. Их цель заключается в необходимости определения наличия условий для повышения энергоэффективности.

В целях более разумного использования топливных ресурсов и снижения фактора пагубного влияния сферы электроэнергетики на окружающую среду, на основании ДЦП «Энергосбережение» спланированы соответствующие мероприятия [4].

Таким образом, было принято ряд мероприятий по повышению энергоэффективности:

- Заменить лампы накаливания на более энергоэффективные осветительные устройства;
- заменить светильники наружного освещения на более энергоэффективные;
- заменить неизолированные провода на самонесущие изолированные провода; оптимизация режимов работы электродвигателей в системах вентиляции, кондиционирования, горячего водоснабжения;
- закупить энергопотребляющее оборудования высоких классов энергетической эффективности;
- провести энергетические обследования зданий, установить и заменить тепловой изоляции трубопроводов системы отопления и горячего водоснабжения;
- установить современную энергосберегающую сантехническую арматуру [18].

В жилищном секторе экономики управляющими компаниями выполнялись следующие мероприятия, связанные с повышением энергоэффективности жилищного фонда:

- установка датчиков движения;
- замена ламп накаливания на энергоэффективные осветительные устройства в местах общего пользования;
- повышение энергетической эффективности использования лифтового хозяйства.

В жилищном секторе экономики управляющими организациями города выполнены следующие энергосберегающие мероприятия:

В рамках работ по экономии электроэнергии:

- замена ламп накаливания на энергосберегающие – 7 613 шт;
- установка (замена) индивидуальных приборов учета – 8 427 шт;
- установка (замена) общедомовых приборов учета, в том числе на двухтарифные – 1 372 шт;
- установка (замена) светильников на энергосберегающие – 6 416 шт;
- установка (замена) светильников с датчиками движения, реле времени – 825шт.

1.3.5 Обоснование прогнозируемого спроса системы электроснабжения

В соответствии с утвержденной схемой и программой развития Единой энергетической системы России, прогноз спроса на электрическую энергию по Самарской области на 2021 год составляет 23,938 млрд. кВт/час.

В соответствии со схемой электроэнергетики Самарской области, увеличение спроса по энергорайону городского округа Тольятти до 2018 года составляет 105,1 МВт. Прогноз спроса потребления электроэнергии до 2025 года схемой электроэнергетики Самарской области не предусмотрен.

1.4 Выявление проблем в СЭС Комсомольского района

1.4.1 Низкая надёжность существующей схемы электроснабжения

Анализируя распределение нагрузок, представленное на рисунке 3 видим, что каждая ГПП запитывается от Левобережной подстанции и в случае, если на линии, их связывающей, на передающей или принимающей подстанции произойдет авария, значительная часть комсомольского района останется без электроэнергии, так как независимого резервирования нет. Это чревато серьезными последствиями, так как в районе есть потребители 1 категории надежности электроснабжения, некоторые из которых имеют большое значение города, среди таких объектов:

- ГБУЗ Тольяттинская городская больница №4. Длительный перерыв питания в данном случае приведет к возникновению опасности для жизни и здоровья людей;

- Районная насосная станции № 4 (РНС-4), обеспечивающая перекачку стоков Комсомольского района на очистные сооружения ПАО «Тольяттиазот». При перерыве питания дольше чем на 4 часа произойдет крупная для коммунальной сферы авария: канализационные стоки начнут затопливать прилегающую к РНС-4 территорию, а в силу расположения объекта, авария затронет трассу М-5 «Урал», являющуюся автомобильной дорогой федерального значения. Дорожный затор, который возникнет в следствии аварии может растянуться на много километров и продлиться довольно долгое время до устранения последствий.

В качестве решения данной проблемы необходимо рассмотреть установку новой ГПП 110/6 кВ, таким образом появится новый источник питания с современным оборудованием и резервный источник, в случае аварии на существующих.

1.4.2 Нерациональная нагрузка сетей среднего напряжения

Продолжая анализировать рисунок 3 видим, как в Комсомольском районе распределена нагрузка на стороне среднего напряжения. Ситуация такова, что сторона 6 кВ сильно перегружена, а сторона 10 кВ крайне недогружена, а как известно – чем выше передаточное напряжение, тем меньше в итоге мы имеем потерь.

Решением этой проблемы является перевод всей нагрузки на сторону 10 кВ. «Перевод сети на повышенное напряжение обеспечит увеличение пропускной способности существующих кабельных и воздушных линий без дополнительной прокладки новых линий, уменьшение потерь электрической энергии в линиях питающей и распределительной сетей, улучшение качества напряжения у потребителей, снижение количества новых ячеек распределительных устройств центров питания, уменьшение сечения вновь проектируемых линий, увеличение экономического радиуса обслуживания и сокращение количества центров питания» [8].

1.4.3 Неготовность существующих сетей к перспективному повышению нагрузок

В пункте 1.3.2 описаны перспективы развития рассматриваемого района. В связи с реализацией в нем инвестиционной программы прогнозируется значительное увеличение спроса на электрическую энергию

Инвестиционная программа предполагает строительство нескольких новых заводов с дорогостоящим современным оборудованием. В связи с этим должен быть повышен ресурс существующих сетей и увеличено качество электрической энергии. Данные мероприятия могут сказаться впоследствии на привлечении в город новых инвестиций.

Решением проблемы может стать совершенствование распределительной сети соответствующего класса напряжения.

1.4.4 Значительная составляющая морально и физически устаревшего оборудования

Данный показатель также является критерием низкой надёжности существующей системы электроснабжения. Выход из строя устаревшего оборудования является одной из самых распространённых причин возникновения аварийных ситуаций.

В комсомольском районе морально и физической оборудование повсеместно находится в эксплуатации, кроме того, относительно часто возникают выходы из строя кабельных линий. В результате, потребители регулярно остаются без света, что вызывает дискомфорт, а также может служить основанием для возникновения исков против управляющей компании.

Решением является замена устаревшего оборудования и капитальный ремонт объектов и составляющих, участвующих в транспортировке электрической энергии.

Выводы по первой главе

В ходе написания первой главы магистерской диссертации рассмотрена проблема совершенствования систем электроснабжения городов на примере одного из районов г.о. Тольятти.

Проведен подробный анализ существующей системы электроснабжения рассматриваемого района, определены основные схемы распределения, применяемые в системе энергоснабжения.

Получена информация о перспективном спросе на электрическую мощность и участие района в инвестиционных программах города и области. Оказалось, что частично район относится к территории особой экономической зоны промышленно-производственного типа, что говорит о

привлечении предприятий и предпринимателей к организации деятельности на данной территории.

Установлены мероприятия, которые уже применяются в бюджетной сфере, чтобы повысить энергетическую эффективность и снизить затраты на электричество:

- установка датчиков движения;
- замена ламп накаливания на энергоэффективные осветительные устройства в местах общего пользования;
- повышение энергетической эффективности использования лифтового хозяйства.

Выявлены проблемы, препятствующие эффективному внедрению цифровых технологий:

- низкая надёжность существующей схемы электроснабжения;
- нерациональная загрузка сетей среднего напряжения;
- неготовность существующих сетей к перспективному повышению нагрузок
- значительная составляющая морально и физически устаревшего оборудования.

Предложены предварительные варианты решения вышеописанных проблем.

Глава 2 Обзор применения цифровых технологий

В связи с остро прогрессирующей проблемой нехватки энергетических ресурсов, ведущие страны мира задают тенденции по совершенствованию систем энергоснабжения и привлечению альтернативных источников энергии. Данная проблема охватывает не только энергетическую сферу, но и влияет на характер экономики и стратегии ведения бизнеса – неотъемлемый и повсеместный элемент современных реалий.

Основной тенденцией на сегодняшний момент является цифровизация экономики и сопутствующие изменения во всех сферах жизни человека. Цифровизация в энергетической сфере предполагает внедрения новейших технологий и разработок с целью улучшения качества жизни населения и предотвращения нехватки энергетических ресурсов в будущем, что представляет особую актуальность ввиду постоянного роста потребляемой энергии и мощностей.

Повышением энергоэффективности в России заинтересовались примерно на десятилетие позднее, чем в развитых странах мира. Это сказалось на создании сопутствующей нормативной базы. «Проблема заключается в том, что она формировалась в довольно короткий срок и по настоящий момент имеет множество недоработок. Последнее приводит к невозможности в должной мере оптимизировать энергопотребление и эффективно распределить ресурсы» [5].

В ходе исследовательской работы рассматривается основная концепция применения цифровых технологий в городских сетях электроснабжения, характеризующая оптимизацию энергопотребления.

2.1 Цифровые технологии в мировой практике

Энергетический сектор в настоящее время стремительно развивается, привлекая своими передовыми технологиями все новые и новые инвестиции из вне. Основными экономически перспективными направлениями являются грамотное распределение, энергосбережение и повышение энергетической эффективности выработанной энергии.

«Электроэнергия имеет статус «особого товара», отличающегося от любого другого товара невозможностью своего накопления, по крайней мере, на данном уровне развития научно-технического прогресса. Данная особенность определяет характер существующей системы электроснабжения как непрерывно функционирующей, имеющей крайне широкое распространение ввиду огромного количества потребителей» [1].

Упомянутая невозможность накопления является причиной возникновения переизбытка и дефицита мощности в связи с невозможностью выдерживать строгий баланс спроса и предложения в данной сфере. Задача перераспределять, выработанную мощность туда, где не нее есть спрос в реальном времени наряду с необходимостью применения морально и физически актуального оборудования, во избежание аварийных ситуаций, является наиболее приоритетной. Не стоит забывать и про источники энергии, как было упомянуто ранее, используемые ныне источники, функционирующие преимущественно за счет, исчерпаем природных ресурсов, стремительно заканчиваются и требуют нахождения альтернативы.

В настоящее время наблюдается тенденция к росту потребляемой мощности электроэнергии – это провоцирует необходимость совершенствовать систему электроснабжения непрерывно и по возможности комплексно. «Увеличение энергопотребления обусловлено, в первую очередь, все большим внедрением цифровых технологий, а как следствие – большей востребованности в использовании именно электрической энергии.

Нельзя к тому же исключить факторы растущей урбанизации, усиления промышленного комплекса и на развитие инфраструктуры, потребляющей значительную часть мощности, не смотря на постепенное внедрение энергосберегающих технологий» [9].

Необходимость совершенствования систем электроснабжения в пользу повышения энергоэффективности и уменьшения объемов используемых ресурсов, обусловлена несколькими основополагающими факторами.

В первую очередь, нужно отметить, что внедрение технологий, позволяющих более эффективно использовать энергетические ресурсы, осуществляется, как правило, частично и, зачастую, довольно медленными темпами. Как известно, невозможно достичь экономии энергии, если создать грамотную систему электроснабжения, но не оснастить соответствующими технологиями каждый дом и не предусмотреть мероприятия по сбережению. Этот принцип действует и в обратном случае. По сему, необходим комплексный подход к решению проблемы энергоэффективности городов и их районов, в частности.

Во-вторых, согласно статистике, в городской среде существует немало причин неразумного расхода энергоресурсов. Среди них: несовершенство систем электроснабжения и применение устаревших технологий, эксплуатация морально и физически устаревшего оборудования, отсутствие мотивации жителей города к сбережению электроэнергии.

Третьим и не менее важным фактором является проблема использования невозобновляемых ресурсов. По данным на 2016 год, доля исчерпаемых природных ископаемых ресурсов в общем объеме от первичных источников энергии составляет целых 76% по России, в то время как доля атомной энергетики составляет – 13%, гидроэнергетика – 6% и 5% – альтернативные источники. «Сама суть проблемы в том, что объемы добычи этих ресурсов с каждым годом растут несоизмеримо быстрыми темпами по сравнению со скоростью внедрения альтернативных методов получения

электроэнергии. Нужно понимать, что рано или поздно запас ископаемых ресурсов будет подходить к концу, а стоимость электроэнергии будет стремительно расти, пока не станет недоступной для жителей планеты. Чтобы не прийти к такому развитию событий необходимо принимать меры уже сегодня» [10].

Иные же, иначе называемые, зеленые источники в настоящее время постепенно внедряются, но их энергетической мощности хватает на покрытие менее 10% от всей потребляемой в мире энергии. «Наблюдается уменьшение стоимости «зеленого» оборудования, что только способствует повсеместному его внедрению» [39].

Характер применения вышеупомянутого оборудования определяет также еще один тренд ближайшего будущего – переход к децентрализованной генерации. Она, в свою очередь предполагает возможность функционирования малых генераторных установок, предоставляя жителям города возможность для внедрения собственных источников и обеспечения себя электрической энергией с возможностью продажи излишков в общую систему. Переход к такому типу энергоснабжения требует большого объема инвестиций и глобальной перестройки сети. Помимо прочего, имеем утратившее свою актуальность оборудование, негативное влияние человеческого фактора при принятии решений по оптимизации и поддержке функционирования действующих сетей.

Решением проблемы является создание устойчивой сети с возможностью непрерывного мониторинга за ее состоянием. Такие разработки уже активно применяются и совершенствуются. Технология носит название «Smart Grid» и базируется на внедрении комплекса интеллектуальных приборов учета и мониторинга состояния действующей сети – соответствия ее показателям надежности.

«Smart Grid — это комбинация передовых ИТ-, коммуникационных и энергетических технологий, таких как измерительная аппаратура, умные инверторы, распределенные хранилища энергии, силовой электроники, элементов АСУ ТП, которые позволяют эффективно управлять отраслью с минимальным воздействием на окружающую среду. Кроме технологий, система основывается на передовом ценообразовании, управлении спросом, автоматической дистрибуции, прогнозировании выработки ВИЭ» [11].

Система обладает рядом полезных функций, которые позволят ускорить процесс цифровизации. Действие ее разворачивается от источника энергии вплоть до конечного потребителя, контролируя в режиме on-line происходящие процессы, что в свою очередь позволяет на должном уровне поддерживать показатели качества и надежности электроснабжения, а высокий уровень автоматизации позволяет минимизировать риск негативного воздействия человеческого фактора.

2.2 Зарубежный опыт цифровизации энергетики

В отдельных странах Европы вопросом цифровизации и применения высокоэффективных современных технологий занимаются уже на протяжении более 15 лет, что не удивительно, ввиду отсутствия на их территории месторождений традиционных для энергетического комплекса, полезных ископаемых. Это же и определяет интенсивность введения альтернативных источников в качестве основных генерирующих мощностей.

Вообще проведения любых мероприятий по повышению энергоэффективности, сопровождаются, в первую очередь, вводом системы, контролирующей основные характеристики сети для выявления чересчур высоких утечек электрической энергии и минимизации, а то и полного исключения таких прецедентов. К таким системам относят систему интеллектуально учета, целью применения которой, является снижение

затрат на распределение и передачу электрической энергии, а также повышение показателей надежности и качества.

Ведущие страны мира применяют стратегии цифровизации энергетического комплекса. Так, в США для постоянной актуализации положения дел привлекли к этому национальные лаборатории при содействии с министерством энергетики США. «Такой подход позволяет открыть эту отрасль новым перспективным технологиям и решениям, попутно вовлекая в данный процесс иных заинтересованных лиц» [40].

Китайская политика в отношении применения энергоэффективных технологий показывает высокие результаты. В настоящее время страна является лидером по внедрению умных приборов учета, что является одним из ведущих критериев, применяемой там концепции перехода на умные сети.

Аналогичной стратегии придерживается и руководство Японии, а помимо этого, активно внедряет применение альтернативных источников, основной акцент делается на солнечной генерации.

«Не стоит забывать и про тенденцию к децентрализации, данный принцип повсеместно внедряется в передовых странах и это предполагает еще большее привлечение цифровых технологий» [41].

Остается отметить, что каждое государство идет по своему индивидуальному пути развития в данном направлении, основываясь на имеющихся ресурсах, уровне технологического развития, географического положения и характера ведения экономической политики. А одним из основных показателей эффективности внедрения данных технологий является уровень технологических потерь.

«Мировая статистика коммерческих потерь в сфере электроэнергетики на 2016 год показывает зависимость величины потерь от уровня экономического развития той или иной страны, что вполне закономерно. Но и при соотношении площадей, исследуемых государств, наблюдается

закономерность. Общая тенденция такова, что уровень потерь в развитых странах составляет не более 8-10%, а в развивающихся 10-30%» [1].

2.3 Тенденции России по цифровизации энергетического комплекса

«Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере является одной из национальных целей развития Российской Федерации и закреплено в качестве приоритетного направления Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации» [3].

Так, в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» Министерство Энергетики России при активном участии компаний топливно-энергетического комплекса сформировало ведомственный проект «Цифровая энергетика».

Основанием для проведения мероприятий и разработки стратегии являются указы Президента Российской Федерации Путина В.В. от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы» и от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», в которых определены национальные цели и стратегические задачи развития Российской Федерации на период до 2030 года. «В энергетической отрасли перечисленная нормативная документация предписывает внедрение автоматизированных интеллектуальных систем, позволяющих решать ряд задач и оптимизировать различные процессы, попутно, сведя к минимуму влияние человеческого фактора и риски, связанные с этим» [42].

«Ключевыми направлениями работы вышеупомянутой программы является выстраивание системы управления, координации и мониторинга

цифровой трансформации ТЭК России, а также развитие основных энергетических сфер в этом направлении, в частности сферы электроэнергетики» [3].

Последняя, в свою очередь приобретает такие тенденции, как:

- снижение продолжительности перерывов электроснабжения и средней частоты технологических нарушений;
- повышение уровня технического состояния производственных фондов электроэнергетики;
- снижение аварийности на объектах электроэнергетики, связанной с техническим;
- повышение уровня автоматизации на объектах электроэнергетики.

«Цифровая трансформация должна обеспечить российский рынок современными технологическими решениями, применяя которые компания обеспечит преимущество в темпах снижения удельных операционных и инвестиционных затрат, оптимизирует развитие, содержание инфраструктуры и структуру управления технологическими процессами» [14].

Ведущими предприятиями энергетического комплекса разрабатываются локальные стратегии развития. «Ключевыми направлениями являются оптимизация управления механизмами работы компаний, внедрение облачной технологии хранения и обработки данных, оптимизация оперативной работы и мониторинг за состоянием оборудования в реальном времени, оптимизация взаимодействия между участниками энергетического рынка» [43]. Данные изменения предполагают фактическое изменения характера работы и смены ориентиров на наиболее энерго- и экономически эффективные.

2.4 Технологии цифровой трансформации

В настоящее время в качестве актуальных и перспективных направлений рассматриваются 4 основных направления, формирующих централизованную информационную систему, удовлетворяющую критериям цифровой трансформации. Перечень с существующими и перспективными разработками в данных направлениях представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Существующие и перспективные тенденции цифровизации

Решения	Существующие (2019-2024 гг.)	Перспективные (2025-2030 гг.)
Информационные системы управления	ADMS-системы функционала: SCADA, DMS, EMS, OMS, GIS, AMI, WFM, базирующиеся на модель сети с процессором топологий	Сетецентрические двухконтурные онлайн и офлайн системы поддержки принятия решений цифровой сетевой компании, основанные на онтологии бизнес-процессов деятельности и математической модели сети с элементами искусственного интеллекта
Цифровые подстанции	Различные архитектуры построения вторичных цепей с применением протокола IEC 61850. Преимущественно с традиционной архитектурой вторичных цепей. На существующих технических решениях в части коммутационного, измерительного и распределительного оборудования	Компактные Plug-n-Play центры питания, работающие преимущественно с применением цифровых каналов связи. Иной архитектуры по первичным цепям, не требующих специальной длительной наладки при вводе в эксплуатацию, выполненные по цифровым проектам.
Системы автоматизации процессов ликвидации аварий воздушных (кабельных сетей)	Преимущественно распределенная воздушных сетей с применением автоматических пунктов секционирования, разъединителей и индикаторов короткого замыкания. Централизованная автоматизация кабельных сетей с интеграцией ADMS-системы.	Адаптивные автокластерные сети оптимальной топологии, рассчитанной с применением цифровых моделей сети и интеллектуальными автоматическими устройствами, а также неавтоматическими необслуживаемыми делителями сети, интегрируемые в системы поддержки принятия решений

Продолжение таблицы 1

Интеллектуальные системы учета и электромониторинга	Системы АИИС КУЭ (АМІ) и интеллектуальные приборы учета электроэнергии. Системы энергомониторинга узлов нагрузки на границах балансовой принадлежности и узлах нагрузки сетей. С интеграцией в соответствующие задачи ADMS-систем	Интеллектуальные системы мониторинга и управления энергопотреблением. Измерительные контроллеры на уровне конечных потребителей, поддерживающих технологии промышленного интернета вещей с интеграцией в онлайн и офлайн системы поддержки принятия решений
---	---	---

2.5 Пример применения «умного» оборудования

«В данном пункте рассмотрим внедрение более технологичного оборудования, которое будет соответствовать вышеописанным тенденциям и вписываться в концепцию цифровизации энергетического комплекса. Посредством оценки рынка производимой, в настоящий момент, продукции в части присоединения, питания и защиты трансформаторов в магистральных, радиальных и петлевых схемах электроснабжения, был остановлен выбор на комплектных распределительных устройствах напряжением 6-10 кВ и достижениях научно-технического прогресса в данной сфере» [3].

В середине 60-х годов XX века в связи с бурным развитием энергетики и началом формирования Единой Энергосистемы (ЕЭС) остро встал вопрос унификации и снижения стоимости распределительного оборудования среднего напряжения 6-10 кВ [10]. В тот период сформировался прототип современной комплектной трансформаторной подстанции, где распределительное устройство среднего напряжения состояло из унифицированных ячеек, представляющие собой камеры КСО-2.

С тех пор технология изготовления комплектующих камер такого рода претерпела множество модернизаций, что позволило им оставаться актуальными по сей день. Произведена замена масляных выключателей на выключатели с вакуумной или элегазовой изоляцией. Таким образом, удалось сделать ячейки более компактными, что, в свою очередь,

предполагает возможность изготовления менее габаритных подстанций, что особенно актуально для городских сетей при высокой плотности застройки. Современный вид ячеек КСО представляет собой сборную камеру одностороннего обслуживания, предназначенную для эксплуатации в электрических установках трехфазного переменного тока частоты 50 и 60 Гц напряжением 6 и 10 кВ.

«Из камер КСО-399 собираются распределительные устройства, служащие для приема и распределения электроэнергии. Принцип работы определяется совокупностью схем главных и вспомогательных цепей камер КСО» [15].

Применение данных камер активно практикуется электроснабжающими организациями ввиду простоты в логистике и эксплуатации. Камера удобна в обслуживании, панель управления главными цепями выведена на фасад, кроме того, имеется смотровое окно для контроля за происходящим. Безопасность персонала при работе на установке обеспечивается соблюдением правил техники безопасности и наличием ряда ограничивающих блокировок.

Рассмотрим комплекс оборудования, пришедший на замену вышеописанным камерам. Рассмотрим в чем же заключается его преимущество и какие перспективы открываются при его использовании.

«Речь пойдет о компактном распределительном устройстве с элегазовой изоляцией, которое выполняет функции присоединения, питания и защиты трансформаторов в петлевых, магистральных или радиальных схемах производства немецкой компании Schneider Electric. Данная компания занимает лидирующие позиции в мире в сфере производства электротехнического оборудования. Schneider Electric ориентируется на принципы устойчивого развития, находясь в постоянном поиске возможностей для роста и улучшения процессов производства электрической

энергии, позволяя клиентам находить пути по совершенствованию схем и оборудования, обеспечивая при этом защиту окружающей среды» [38].

Одним из базовых принципов при создании оборудования у компании является безопасность персонала. На основании этого стоит отметить, что рассматриваемый моноблок RM-6 имеет корпус, устойчивый к возникновению внутренней дуги, контакты при заземлении остаются в визуальном доступе, на лицевой приборной панели имеются индикаторы напряжения, а также имеется взаимоблокировка включения главных цепей с отражением осуществляемых процессов на мнемосхеме приборной панели. Внешний вид рассматриваемого распределительного устройства представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 - Распределительное устройство RM-6 Schneider Electric

«Особое внимание уделено защите трансформатора, что отображается в наличии изменяемой кривой отключения, защиты от перегрузок и замыканий на землю, нет необходимости в замене предохранителей, возможно подключении АПВ, в том числе удаленного» [3]. Данный комплекс оборудования имеет высокий уровень автономности и требует технического обслуживания не раньше 5-10 лет с начала эксплуатации. Стоит отметить также, что цельность блоков и простая конфигурация обеспечивает высокое удобство монтажа данного оборудования.

Устройство заключено в корпус из нержавеющей стали, полости главных цепей которого заполнены элегазом, сам моноблок состоит из 1-5 кабельных отсеков, пластрона с мнемосхемой, приводного отсека и цепей заземления с возможностью увидеть положение контактов.

«Данное оборудование обладает огромным потенциалом части автоматизации и работе в составе интеллектуальных энергетических комплексов. Производителем обеспечивается гарантированная совместимость с объектами автоматизации, встроенные датчики позволяют осуществлять постоянный контроль оборудования в режиме реального времени, также, что не маловажно, программное обеспечение гарантирует защиту от кибератак и вмешательства в нормальное функционирование системы» [3].

Комплекс можно отнести к цифровым распределительным устройством, так как он обеспечивает:

- эффективное обслуживание за счет мониторинга состояния посредством обработки данных термодатчиков на контактах и измерения влажности и уровня конденсата;
- передачу данных в любое время суток за счет системы дистанционного контроля и управления нагрузки;

- высокий уровень безопасности за счет внедрения современной системы релейной защиты и обеспечения сейсмической стойкости и устойчивости к вибрациям.

Информативная картина функционирования данного комплекса как части цифровой системы автоматизации представлена на рисунке 7.

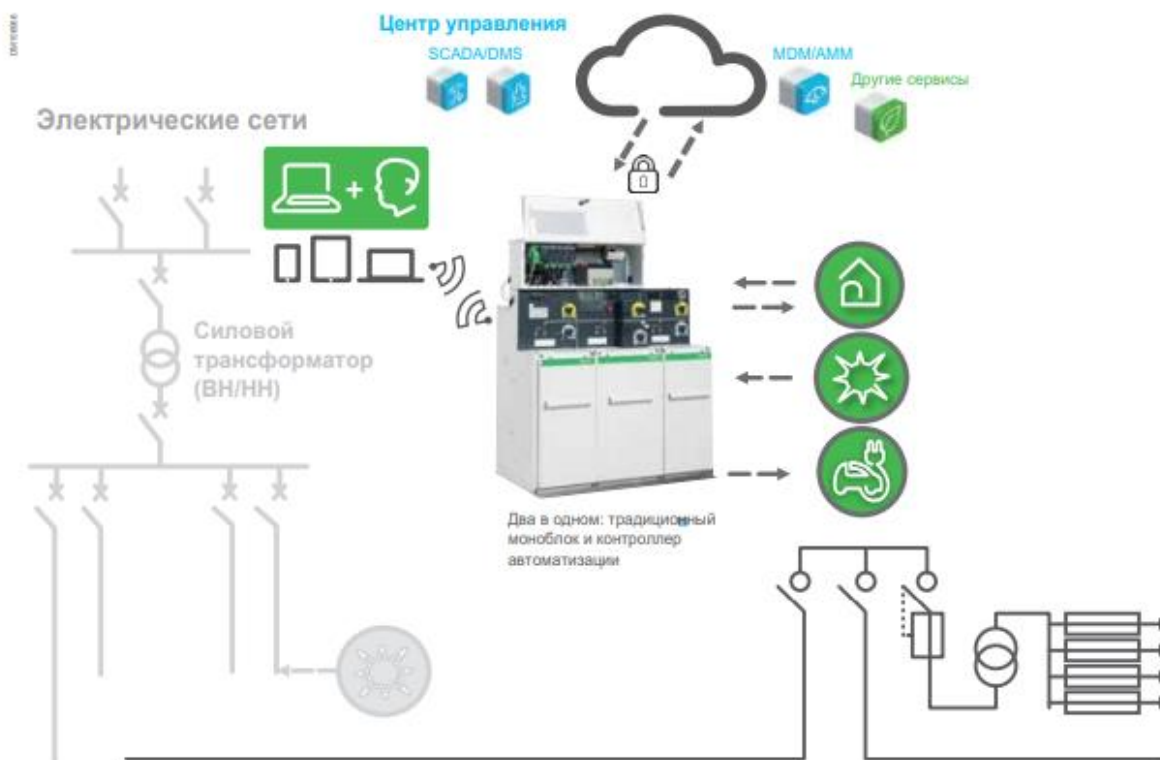


Рисунок 7 - RM-6 как цифровое распределительное устройство

«Данный моноблок имеет широкую область применения нетипичную для применяемых ныне распределительных устройств» [3]. На рисунке 8 представлено применение RM-6 в сетях более сложной конфигурации систем с наличием возобновляемых источников энергии. Что позволяет использовать его в будущем как часть системы распределенной генерации.

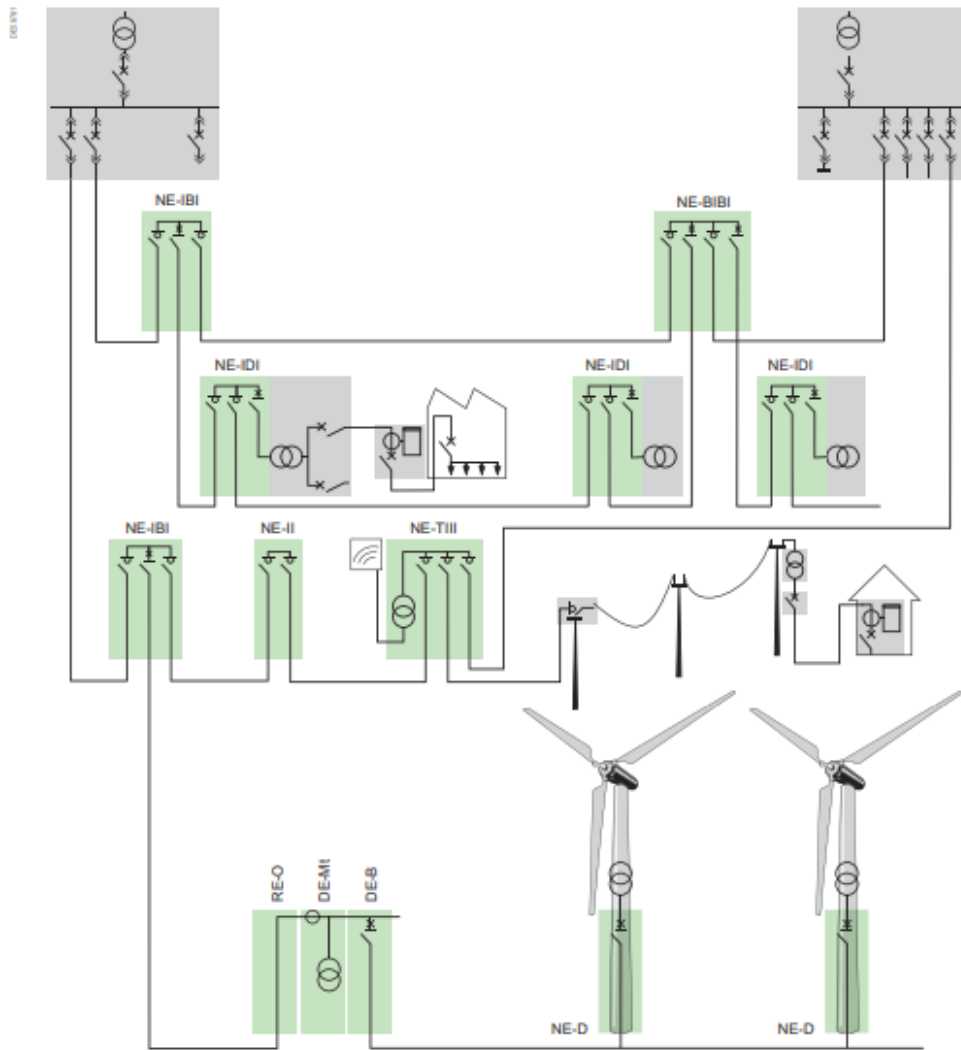


Рисунок 8 - RM-6 в сетях с возобновляемыми источниками энергии

RM-6 отвечает высоким требованиям в области обеспечения надежности и безопасности при эксплуатации, это обеспечивается за счет:

- безопасности конструкции коммутационных аппаратов;
- безопасного испытания кабелей;
- стойкости к внутренней дуге;
- наличия короткозамыкателя;
- надежности приводов;
- использования безопасных выключателей;
- газонепроницаемой системы;

– обеспечения сейсмо- и ветроустойчивости.

Высокая эффективность данного оборудования достигается посредством возможности расширения непосредственно на объекте и наличия видимого положения контактов.

В 2007 компанией Schneider Electric была разработана архитектура построения сетей EcoStruxure, которая применимо к рассматриваемому оборудованию позволяет сделать его частью цифровой системы электроснабжения. «Данная архитектура позволяет превращать полученные данные в бизнес решения, принимать осознанные решения и гарантировать эффективность эксплуатации, наглядно видеть данные измерений, статистики и связи в распределительных устройствах» [10]. Структура работы отображена на рисунке 9.



Рисунок 9 - Структура работы архитектуры EcoStruxure

За счет грамотно сформированной логистики комплекса токовых защит, а также наличия устройств контроля, фиксирующих даже незначительные изменения подконтрольных величин вышеописанная

система отвечает всем современным требованиям по мониторингу и проведению аудита объекта электросетевого хозяйства. Таким образом, применение данного оборудования позволит повысить срок эксплуатации подстанций среднего класса напряжения и обеспечить возможность предиктивного прогноза возникновения аварийных ситуаций.

Цифровая система в настоящее время позволяет:

- обеспечить дистанционное управление распределительной сетью;
- обеспечить управление нагрузки;
- обнаружить повреждения сети;
- обеспечить контроль состояния системы.

«На основании представленной информации можем заключить, что применение в качестве комплектных распределительных устройств моноблоков RM-6 является перспективным направлением в сфере передачи и распределения электрической энергии. Технологии и оборудование, представленное разработчиками компании Schneider Electric, отвечает современным стандартам, а кроме того, соответствует тенденциям к цифровизации, которым активно следуют в нашей стране и мире» [3].

Кроме того, данные устройства минимизируют участие человека, что соответственно, снижает вероятность возникновения аварийных ситуаций, спровоцированных человеческим фактором.

Выводы по второй главе

В результате написания второй главы магистерской диссертации, произведена оценка применения цифровых технологий в сфере повышения энергетической эффективности в мировой практике, а также определены направления развития отечественной системы и ее цифровой трансформации.

Изучена нормативная документация по внедрению цифровой экономики в части, затрагивающей энергетический комплекс. Произведен

разбор стратегий развития на ближайшие 10 лет, на основании чего выделена основная концепция и перспективные технологии.

Сформирован порядок реализации вышеупомянутой концепции, позволяющий осуществить трансформацию без значительных нарушений в работе сети и нормальном функционировании задействованных предприятий. Изучены предполагаемые к внедрению технические решения и произведена оценка их внедрения в городских сетях электроснабжения, в частности в рассматриваемом в ходе научно-исследовательской работы, районе города.

Рассмотрено применение цифрового распределительного устройства в качестве перспективы повсеместного внедрения в подстанции среднего напряжения с возможностью, впоследствии, при расширении функционала организовывать систему электроснабжения с возобновляемыми источниками напряжения, дающими нестабильные объемы в зависимости от используемого ресурса.

Цифровая система с такой логистикой, как в представленном оборудовании позволит обеспечить дистанционное управление распределительной сетью, управление нагрузки, контроль состояния системы и обнаружить повреждения сети.

Глава 3 Стратегия цифровой трансформации Комсомольского района

Данный раздел магистерской диссертации описывает возможность применения технологий из второй главы в системе электроснабжения Комсомольского района, характеристики которого, содержит первая глава.

Внедрение новых и более совершенных технологий возможно лишь при наличии стабильного и грамотно функционирующего фундамента – надежной и оптимальной по всем параметрам системы электроснабжения. Иной подход приведет к тому, что рушащееся основание потянет за собой все дорогостоящие ноу-хау и тогда речь уже идет не о том как оптимизировать систему и вывести ее на новый уровень, а о том как бы окупить все возникшие убытки, не привести экономику региона к коллапсу, а также не спровоцировать техногенную катастрофу.

Таким образом, задача вышеупомянутого раздела была ориентирована на проверку возможности внедрения современных технологий в существующую среду, а за отсутствием такой возможности описание критериев, которые необходимо удовлетворить, чтобы осуществить это в будущем. Последнее формирует подраздел о перспективах развития рассматриваемого района в части совершенствования системы электроснабжения.

3.1 Критерии внедрения цифровой трансформации

Стоит снова затронуть причины, по которым сейчас появляется тенденция к оптимизации схем и внедрению новых технологий, дабы понимать задачи, которые стоят перед нами. Из-за нехватки энергетических ресурсов, ведущие страны мира задают тенденции по совершенствованию систем энергоснабжения и привлечению альтернативных источников

энергии. Данная проблема охватывает не только энергетическую сферу, но и влияет на характер экономики и стратегии ведения бизнеса – неотъемлемый и повсеместный элемент современных реалий.

Основной тенденцией на сегодняшний момент является цифровизация экономики и сопутствующие изменения во всех сферах жизни человека. Цифровизация в энергетической сфере предполагает внедрения новейших технологий и разработок с целью улучшения качества жизни населения и предотвращения нехватки энергетических ресурсов в будущем, что представляет особую актуальность ввиду постоянного роста потребляемой энергии и мощностей.

Повышением энергоэффективности в России заинтересовались примерно на десятилетие позднее, чем в развитых странах мира. Это сказалось на создании сопутствующей нормативной базы. «Проблема заключается в том, что она формировалась в довольно короткий срок и по настоящий момент имеет множество недоработок. Последнее приводит к невозможности в должной мере оптимизировать энергопотребление и эффективно распределить ресурсы» [19].

Помимо вышеперечисленного, стоит обратить внимание на физический и моральный износ сетей. Высокие показатели потерь и склонность к аварийности - факторы, препятствующие внедрению информационных систем.

Грамотный переход к концепции цифровой трансформации предполагает разработку ряда новых подходов и механизмов, способствующих совершенствованию системы управления и мониторинга сетей электроснабжения. Рассмотрим основные критерии их значение для будущего развития энергетического комплекса.

1. Создание фабрики данных. Предполагается создание базы для обработки большого количества информации, преимущественно на базе облачного хранения. Данная технология позволяет выстроить логически

связанную цепочку данных, на основании которой будет производиться аналитика ведения бизнеса в данной отрасли, и которая будет затрагивать всех субъектов рынка.

2. Формирование цифровой сети. Данное понятие предполагает создания цифрового аналога действующей сети, в котором будут отображаться реальные показатели. Автоматизированная система позволит оперативно реагировать н возникновение внештатных ситуаций и вести мониторинг состояния сетей, в последствии система позволит предиктивно реагировать на возможные неполадки и заранее информировать об окончании срока эксплуатации оборудования в связи с физическим износом оборудования и составляющих. Также будет контролироваться работа обслуживающего персонала, и отслеживаться факты хищения электрической энергии.

3. Цифровое управление. Предполагает проведение аналитики и принятия решений на основании данных единой корпоративной сети. Данная технология позволяет оптимизировать работу энергетических компаний за счет сокращения сроков обработки данных и повышения точности делегирования. Способствовать тому на стадии формирования новой корпоративной политики может внедрение центра аналитических компетенций.

4. Кибербезопасность. Облачное хранение и содержание данных в сети предполагает возможность утечки корпоративной информации и рассекречивания данных, не подлежащих всеобщему обозрению, в связи с этим необходимо параллельно создавать органы по обеспечению кибербезопасности.

Ожидаемый эффект от работы в условиях цифровой трансформации представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Ожидаемый эффект цифровой трансформации

Субъект	Эффект
Государство	Обеспечение энергонезависимости и инфраструктурной обеспеченности развития экономики Опережающая модернизация базовой инфраструктурной компании Радикальное повышение качества доступности услуг по передаче и технологическому присоединению, развитие конкурентных рынков сопутствующих услуг Сдерживание роста тарифов
Компания	Получение экономии в реализации инвестиционных программ, а, соответственно, развития сетевой инфраструктуры при увеличении доходности бизнеса компании. Кроме того, обеспечение готовности инфраструктуры возможность опережающего развитию новых вызовов, повышение параметров качества надежности энергоснабжения потребителей, а также: <ul style="list-style-type: none"> – увеличение скорости и качества принятия решений на всех уровнях управления компании; – снижение потерь за счет своевременного выявления бездоговорного и неучтенного потребления электроэнергии; – сокращение издержек на текущую эксплуатацию оборудования (ОРЕХ) от планового ремонта к ремонту по состоянию; – оптимизация логистики поставки оборудования; –переход повышение уровня компетенции персонала.
Потребители	Повышение доступности услуг по передаче электроэнергии качества и технологическому присоединению Возможность участия в регулировании собственного потребления Дополнительные сервисы Сдерживание темпов роста тарифов

Самым сложным этапом трансформации будет смена конфигурации существующих систем и механизмов под новую концепцию. Чтобы обеспечить при этом стабильную и надежную работу энергосетевого комплекса необходимо утвердить четкий порядок реализации. На первом этапе необходимо разработать критерии единой технической политики и информационных систем, после чего сформировать индивидуальную (в зависимости от условий эксплуатации и технической оснащенности) программу цифровой трансформации, а затем произвести оценку экономических эффектов от проведения сопутствующих мероприятий. Если внедрение не оправдано экономически даже в перспективе, концепция

циклически перерабатывается и снова анализируется, пока не удовлетворит исполнителя. После формирования основной концепции на уровне Министерства энергетики будет формироваться и утверждаться инвестиционная программа, что и станет завершающим организационным этапом.

Завершение формирования системы управления будет ознаменовано необходимостью создания типовых технических решения, применение которых позволит добиться поставленных изначально задач. Формирование таких технических решений требует привлечение научно-исследовательских разработок.

Необходимость совершенствования систем электроснабжения в пользу повышения энергоэффективности и уменьшения объемов используемых ресурсов, обусловлена несколькими основополагающими факторами.

Одним из весомых факторов является мировая статистика коммерческих потерь в сфере электроэнергетики на 2016 год, которая показывает зависимость величины потерь от уровня экономического развития той или иной страны, что вполне закономерно. Общая тенденция такова, что уровень потерь в развитых странах составляет не более 8-10%, а в развивающихся 10-30%.

«Россия находится среди стран со средними показателями. По данным за 2013 год, в РФ было потеряно 10% энергии. Аналогичный показатель у Индонезии, Ливана, Филиппин, Шри-Ланки. Правда, российская статистика за более поздние периоды говорит об улучшении ситуации. С 2013 года «Россети» добились сокращения потерь до 8,8% в 2016 году и планируют ограничить их 6–8% к 2021 году» [11]. Общая статистика отображена на рисунке 10.

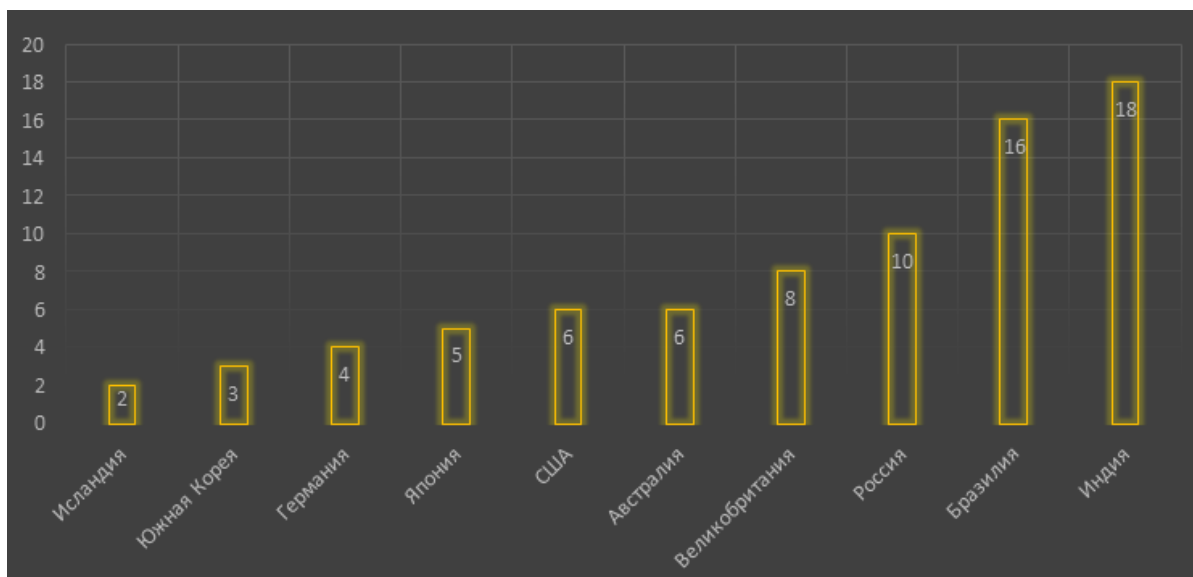


Рисунок 10 – Статистика коммерческих потерь в странах BRICS

«Среди основных причин возникновения данного явления можно обозначить складывающуюся экономическую ситуацию на рынке электроэнергии. Если копнуть к истокам проблемы, можно отметить, что суть ее заключается в удорожании первичных ресурсов из которых производится электроэнергия. Как известно, большая часть источников электроэнергии в нашей стране, да и в мировой статистике в целом, вырабатывается посредством сжигания газа, угля или мазута, являющимися исчерпаемыми и невозобновляемыми источниками энергии» [1].

«В настоящее время более 60% электроэнергии в России вырабатывается на тепловых электростанциях. Другими источниками являются: атомные электростанции (АЭС), гидроэлектростанции (ГЭС), ветровые электростанции (ВЭС) и солнечные электростанции (СЭС)» [23].

При этом, стоит отметить, что объемы производимой энергии неумолимо растут в связи с постоянно увеличивающимся спросом на электроэнергию. «Анализ мировой энергетики показывает, что Россия находится на 4 месте по объемам производства электроэнергии после Китая,

США и Индии» [1]. Подробные данные, отражающие динамику выработки электроэнергии в России и ее потребления приведены на рисунке 11.



Рисунок 11 – Выработка и потребление электроэнергии в России за 5 лет

Основываясь в первую очередь на повышении стоимости производимой энергии, электроснабжающие организации устанавливают тарифы для потребителей, сюда добавляются также затраты на передачу электроэнергии, сбытовая надбавка и оплата инфраструктурным организациям.

Вероятность возникновения фактов хищения электроэнергии возникают, в основном, из-за ряда нижеперечисленных факторов:

- снижение платежеспособности населения;
- непосильная стоимость технологического присоединения для небольших производств;
- простота осуществления актов хищения;
- несовершенство приборов учета;
- отсутствие контроля и охраны на объектах;

- отсутствия нормативной базы для привлечения нарушителей к наказанию.

«Система передачи и распределения электрической энергии представляет собой сеть специально оборудованных подстанций, осуществляющих преобразование электричества до нужного класса напряжения, связанных между собой и с потребителями посредством линий электропередач» [1].

Объемы хищения в нашей стране поражают. Так, по статистике за последний год объем безучетного потребления составил порядка 1000 ГВт.ч., что оценивается в 4-7 млрд. рублей. Это показывает, насколько актуальна данная проблема в настоящий момент и как важно прибегать к мерам по борьбе с ней.

3.2 Перспективы развития электрических сетей района

«Оценка перспективности развития района города в части электроснабжения может производиться в процессе выполнения проектно-исследовательских работ» [4]. Вновь строящиеся объекты электросетевого хозяйства, несомненно, должны быть оптимально подстроены под существующую систему электроснабжения. При этом, учитывая наличие других коммуникаций, становится ясно, что, зачастую, оптимальный вариант в части подстраивания - не всегда самый оптимальны с точки зрения экономики и критерием разработки умных городов. Помимо этого, на стадии согласования проектной документации могут возникнуть следующие трудности:

- невозможность фактической прокладки кабеля в соответствии с проектом;

- несоответствие спроектированной трассы требованиям, предъявляемым владельцами коммуникаций, с которыми кабельная линия пересекается или следует параллельно;
- отказ в получении разрешения на использование земельных участков, находящихся в муниципальной собственности;
- запрет от владельца пересекаемого земельного участка на проведение земляных работ.

«Анализ хронологии возникновения вышеперечисленных ситуации привел к формированию следующих этапов предпроектного исследования, позволяющих минимизировать риски возникновения сложностей при согласовании или вовсе их исключить» [4].

3.2.1 Анализ топоъемки

Топографическая съемка является подосновой для нанесения предполагаемой трассы. Для проектов такого рода, как правило, используется съемка в масштабе 1:500. Она содержит исчерпывающий объем информации, необходимый для осуществления проектных работ: существующая инфраструктура, наличие подземных коммуникаций, особенности ландшафта.

«На данном этапе важно предусмотреть все особенности пересечения и параллельного следования с существующими коммуникациями, чтобы принятые решения соответствовали техническим требованиям владельцев коммуникаций. Отметки высот позволяют увидеть особенности ландшафта и выбрать оптимальные варианты трассы» [29].

3.2.2 Фактический осмотр

«Визуальный осмотр предполагаемой трассы для прокладки кабельной линии не является обязательным, в особенности, если проектирующая организация и лицо, выполняющее проект, работают удаленно от непосредственного места реализации проекта. Тем не менее, данное мероприятие позволяет установить соответствие топографической съемки с

действительностью, что исключает затруднения на стадии согласования и выполнения работ» [4].

3.2.3 Документация на строительство

В данном случае под документацией понимается разрешение на строительство, полученное от администрации городского округа, данный документ позволяет получить разрешение на использование земель, находящихся в муниципальной собственности. Этот исключает необходимость согласования трассы кабельной линии с частными собственниками земельных участков, если есть возможность прокладки только по муниципальной земле.

3.2.4 Кадастровая карта

«Обращение к публичной кадастровой карте с целью осуществления предварительной оценки предполагаемых путей прокладки кабельной линии может значительно ускорить процесс согласования за счет выбора юридически наименее проблемного варианта. На данном этапе на основании характера проводимых работ решается земли какого типа предпочтительнее использовать для получения разрешения в департаменте архитектуры и градостроительства, и скорого согласования с непосредственными владельцами участков» [4].

Учет всех четырех факторов позволяет сложить довольно полную картину относительно объекта проектирования любой сложности и прийти к наиболее оптимальному с практической, экономической и юридической стороны решению.

Одним из определяющих факторов развития электроэнергетики России в ближайшей перспективе является децентрализация системы производства и передачи электрической энергии. Эффективность использования топологии децентрализованных систем в настоящее время подтверждается многолетним опытом применения в развитых странах мира.

Переход от централизованной системы осуществляется за счет постепенного дополнения группового сетевого подключения интеллектуальными микро-сетями. Помимо технической стороны, осуществляется комплексная цифровизация системы, что позволяет создать децентрализованный рынок электроснабжения и торговли электроэнергией. «Таким способом мы можем устранить слабые места отрасли, сбалансировать общественное энергоснабжение и энергопотребление и ускорить развитие возобновляемых источников энергии» [31].

Предпосылками внедрения данной системы является огромный перерасход энергии при существующей централизованной системе. Данный фактор является результатом нерационального управления между энергопотреблением и спросом.

«Кроме того, в традиционной сети управление поставками и спросом на электроэнергию используют метод централизованного прогнозирования. Очевидно, что с такими факторами, как время, сезон, погода и культурные особенности, с течением времени в динамике спроса и предложения электроэнергии наблюдаются различия. Но большинство систем электроснабжения прогнозируются только на несколько месяцев вперед и используют приблизительные оценки разницы в ценах при решении вопроса о поставках электроэнергии и спросе. Поэтому широкая общественность не может рационально использовать свою энергию, которая только усиливает эффект пиковых и низких нагрузок» [29].

Недостатком внедрения децентрализации в настоящее время является возможность нарушение баланса единой энергосистемы, что затруднит возможность субсидирования данной сферы. Тем не менее, существуют ряд преимуществ, которые могут компенсировать данный недостаток.

Во-первых, новая система позволит грамотно регулировать спрос и предложение, исключая тем самым перерасход ресурсов. В новой системе станет более доступна электрической энергия для потребителей,

находящихся на значительном расстоянии от источников генерации электрической энергии. Предлагаемая система позволит гибко регулировать мощности отдаваемой и получаемой энергии, обеспечивая баланс систем при высоких показателях качества производимого и передаваемого ресурса.

При переходе на данную систему энергетический комплекс нашей страны столкнется с рядом вызовов, преодоление которых в большей или меньшей степени охарактеризует возможность данного перехода в настоящее время. Основными вызовами являются:

1. Внешний – ужесточение конкуренции на внешних рынках;
2. Внутренний – необходимость глубокой и всесторонней модернизации.

Программа децентрализации и сопутствующие процессы определяют основные задачи: «повысить эффективность затрат и эффективность текущих активов (например, вывод неэффективных мощностей, повышение производительности труда), инвестировать в новые классы активов (например, станции зарядки электромобилей и накопители энергии), развивать новые направления услуг (например, консалтинг в области энергоэффективности), наращивать цифровой технологический потенциал (например, реализация пилотных проектов, рост уровня цифровых компетенций)» [32].

В настоящее время в отрасли отечественной электроэнергетики поэтапно вводятся мероприятия по оптимизации и совершенствованию существующей системы для возможности дальнейшей комплексной децентрализации и цифровизации. Работы ведутся в следующих направлениях: «автоматизация центров питания и сетей, внедрение комплексной системы энергомониторинга, установка интеллектуальных приборов учета и, наконец, внедрение системы поддержки принятия решений по управлению сетевой компанией» [33].

Удалось достигнуть значительного повышения надежности электроснабжения за счет совершенствования технического комплекса и применения современных средств обеспечения надежности электроснабжения. Главным шагом на пути к развитию описанных выше технологий и комплексом в настоящее время является применение средств децентрализованной автоматизации. Основным оборудованием, успешно применяемым в действующих сетях распределения энергии, являются реклоузеры.

«Реклоузер — интеллектуальный коммутационный аппарат, объединяющий в одном устройстве силовой вакуумный выключатель наружного исполнения с интегрированной системой измерения токов и напряжений, и микропроцессорный шкаф управления с продвинутыми функциями защит и автоматики, специально адаптированными под нужды воздушных распределительных сетей» [22].

Электроснабжение потребителей сельского хозяйства, частного сектора, а также в городах с малоэтажная застройка выполняется преимущественно сетями 6 (10) кВ. Зачастую, такие потребители удалены от места генерации электрической энергии. «Согласно статистике порядка 70 % перерывов электроснабжении происходит на протяжённых линиях электропередач» [7].

Топологии сетей данного класса напряжения, как правило, радиальная или магистральная с многократным резервирование — это предполагает наличие защитных аппаратов преимущественно на питающих центрах. Таким образом, ликвидация аварийных случаев осуществляются, в основном, применением автоматического повторного включения многократного действия при этом значительной частью потребителей остается отключенной.

В случае, когда короткое замыкание не ликвидировалась самостоятельно у службы оперативных выездных бригад может уйти довольно большое количество времени на поиск и локализацию места

повреждения. Это может привести к длительному перерыву в электроснабжении потребителей, особенно в случае отсутствия резервного питания.

Ранее приходилось значительно укрупнять линии, сооружать на пути следования множество подстанций, что требовало значительных капитальных затрат на этапе строительства. Кроме того, можно осуществить многократное резервирование и секционирование магистрали ручными разъединителями, чему, опять же, сопутствует ряд технических проблем.

В настоящее время наиболее эффективным способом решения задачи повышения надёжности электроснабжения удалённых потребителей является локализация аварий посредством применения автоматического секционирования с коммутационными аппаратами, а именно применение реклоузеров их использование определяет принципы децентрализации системы энергоснабжения. «Аппарат представляет из себя вакуумный коммутационный модуль со встроенными измерительными датчиками тока и напряжения, автономную систему оперативного питания, микропроцессорную систему защиты и автоматики, систему портов для подключения устройств телемеханики, а также комплекс программного обеспечения» [2]. Внешний вид коммутационного модуля реклоузера представлен на рисунке 12, а его шкаф управления на рисунке 13.

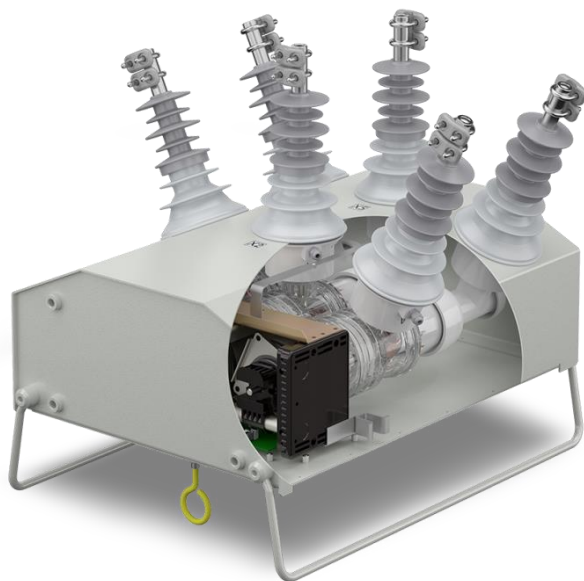


Рисунок 12 - Коммутационный модуль реклоузера



Рисунок 15 – Шкаф управления реклоузером

Применение вышеописанных устройств создает технический и экономический эффект в части эксплуатации на объектах электросетевого хозяйства с протяженными линиями электропередач. С технической стороны повышается надежность электроснабжения. С экономической – минимизируется риск недоотпуска электрической энергии, что зачастую приводит к искам от потребителей и наложению различных санкций на энергоснабжающую организацию. Кроме того, функционал данного типа аппаратов отвечает критериям децентрализации и имеет широкую перспективу применения в будущем.

3.3 Умные технологии в бюджетной сфере

Особенностью перехода того или иного субъекта или органа муниципальной власти к повсеместному использованию цифровых технологий является их различия как географические, так и в части построения и логистики системы электроснабжения.

Как уже было упомянуто, основной целью проведения мероприятий по оптимизации посредством цифровизации является тенденция к снижению объема потребляемой энергии и сохранения природных ресурсов, во всяком случае, до тех пор, пока не будут в должной степени развиты альтернативные источники энергии.

Интеграция электроэнергетики в цифровую среду позволит рассматривать ее как часть единой цифровой структуры, позволяющей обеспечить жизнедеятельность человека на достойном уровне. Помимо энергетической, данная структура включит в себя сферы благоустройства, обеспечения безопасности и коммуникации человека - его взаимодействия с социумом.

Когда ясна цель, первым возникает вопрос о том, как сделать процесс интеграции наиболее быстрым и наименее затратным путём. В первую

очередь стоит обратить внимание на самых обычных жильцов и проанализировать возможность повысить энергетическую эффективность объектов жилого фонда.

Согласно статистическим данным, «организации бюджетной сферы потребляют около 15% вырабатываемой в стране электроэнергии и около 30% тепловой энергии.» [28]. Из чего можем охарактеризовать бюджетную сферу как крупного потребителя энергоносителей и сделать вывод, что экономия в данной области имеет значительное влияние на экономию ресурсов в целом.

Для понимания сферы исследования и то какие объекты она к себе относят обратимся к статье 9.2 Федерального закона от 12 января 1996 года № 7-ФЗ "О некоммерческих организациях". «Бюджетным учреждением признается некоммерческая организация, созданная Российской Федерацией, субъектом Российской Федерации или муниципальным образованием для выполнения работ, оказания услуг в целях обеспечения реализации предусмотренных законодательством Российской Федерации полномочий соответственно государственных органов или органов местного самоуправления в сферах науки, образования, здравоохранения, культуры, социальной защиты, занятости населения, физической культуры и спорта, а также в иных сферах» [34].

Из приведённого определения видно, что данная сфера затрагивает множество объектов различного ведомства, организованных различными по характеру работы муниципальными образованиями с различными механизмами управления соответственно. Таким образом, основной задачей исследования обозначаем формулирование обобщенных принципов, применение которых позволит повысить энергоэффективность объектов данной сферы. Упомянутые принципы должны будут отражать пути оптимизации существующей системы энергопотребления, а также внедрение

современных технологий чтобы вносимые изменения были актуальны в грядущей перспективе как можно дольше.

Обеспечение бюджетной сферы энергетической базой в настоящее время регулируется требованиями Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [34], а также государственной программой РФ от 28 марта 2019 № 335 «Развитие энергетики» [23].

Повышением энергоэффективности объектов бюджетной сферы в России заинтересовались примерно на десятилетие позднее, чем в развитых странах мира. Это сказалось на создании приведённой выше нормативной базы. Проблема заключается в том, что она формировалась в довольно короткий срок и по настоящий момент имеет множество недоработок. Последнее приводит к невозможности в должной мере оптимизировать энергопотребление и эффективно распределить ресурсы.

Анализ приведённой нормативной документации определил основные принципы, реализация которых, позволит наладить действующую систему. А также рассмотреть возможность цифровизации бюджетной сферы в будущем.

3.3.1 Совершенствование системы учета энергопотребления

Данный механизм с точки зрения энергосбережения позволит увидеть реальную картину потребления. Это предлагает выявление малоэффективных потребителей энергоресурсов и оборудования, которое, возможно, нуждаются в замене и ремонте. Кроме того, появляется возможность выявить несанкционированное потребление ресурсов и исключить нецелесообразные его использование.

«С помощью автоматизации системы учёта энергопотребления можно отказаться от заключения договоров на техническое обслуживание

инженерных сетей, что может составлять порядка 15 % от стоимости потребления тепла электроэнергии и воды» [29].

По данному пункту также важно учитывать не только факт установки приборов учёта, основная задача - анализ полученных данных и принятие на основании этого соответствующих решений. Такие решения могут быть направлены на оптимизацию существующей системы и выявления участков системы имеющих необоснованно высокое потребление ресурсов или же потребление за рамками нормируемого времени эксплуатации соответствующих объектов.

3.3.2 Энергетические обследования объектов бюджетной сферы

«Энергетическое обследование может проводиться в отношении зданий, строений, сооружений, энергопотребляющего оборудования, объектов электроэнергетики, источников тепловой энергии, тепловых сетей, систем централизованного теплоснабжения, централизованных систем холодного водоснабжения и (или) водоотведения, иных объектов системы коммунальной инфраструктуры, технологических процессов, а также в отношении юридических лиц, индивидуальных предпринимателей» [25].

Основными целями энергетического обследования являются:

1. получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов;
2. определение показателей энергетической эффективности;
3. определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
4. разработка перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

Практика последних лет в области проведения энергетических обследований учреждений бюджетной сферы показывает низкую эффективность. Суть проблемы заключается в том, что структура построена

на основании законодательства по проведению обязательных энергетических обследований, которая делает акцент больше на составлении отчета, нежели на получении реальных данных об энергетическом состоянии объектов.

Чаще всего, по результатам проверки предписывается изменения по 2-3 из 30 доступных для бюджетной сферы позиций по возможным мероприятиям, проведение которых способствует повышению энергоэффективности того или иного учреждения. Проводимые обследования нацелены на получение энергетических паспортов на ввод объекта в эксплуатацию или ее продолжение. Как правило, такие проверки не предполагают под собой качественного инструментального обследования с применением должных средств и технологий.

Данные исследования могут продолжаться довольно долго, в зависимости от сложности и размеров объекта (от 10 до 200 дней, как правило). В нашей стране ещё не отработан должной слаженности и качества механизм по проведению обследования для тех предприятий, на которых получение энергетического паспорта необходимо.

Стоит отметить, отчёт по проведенному энергетическому обследованию является основным ко внедрению каких-либо изменений в систему энергопотребления и применению более современного и энергоэффективного оборудования. Неверные данные, полученные сейчас, могут негативно сказаться на работоспособности существующей системы в будущем, так как невозможно будет отследить действительную прогрессию по результатам проведённых работ и внедрению новых технологий и оборудования.

Решением данной проблемы может являться корректировка нормативной базы, чтобы энергоаудит был направлен непосредственно на экономию, а не получение псевдо положительной оценки. Также, важна обоюдное заинтересованность стороны, на объекте которой осуществляется энергетическое обследование и стороны, его выполняющей. В данном

вопросе необходимо развитие самой сферы проведения обследования и привлечение большего количества организаций компетентных в данных вопросах.

3.3.3 Снижение удельного расхода электроэнергии

Неоднократно упоминаемый 261-й Федеральный закон регламентирует чёткие показатели, которых должны достичь бюджетные организации за определённый период. Оптимизировать энергопотребление и снизить его возможно путём оптимизации нынешней системы с применением современных средств и технологий, направленных на обеспечение максимальной энергоэффективности и проработку грамотных сценариев потребления ресурсов. Данный пункт разберем детальнее, рассмотрим основные пути по снижению энергозатрат.

3.3.4 Освещение

Внедрение системы энергоэффективного освещения является распространённым способом сбережения электрической энергии. В первую очередь, данная система предполагает использование современного морально и физически актуального оборудования.

Сейчас на рынке основным оборудованием, отвечающим должным показателям качества и с минимальным потреблением энергии являются светодиодные источники света. Их преимущества заключаются в возможности регулировать яркость, создавать локализованное освещение с помощью направленных источников света. «Они отличаются высокой энергоэффективностью (в 5 раз выше, чем у ламп накаливания), длительным полезным сроком службы, отсутствием вредного инфракрасного и ультрафиолетового излучения, способны работать при низких температурах и при наличии вибрации, воспроизводить любой цветовой спектр и не требует заметного времени ожидания при срабатывании» [6].

С помощью применения систем «умный дом» в различных учреждениях могут создаваться собственные сценарии управления

освещением. «Данная функция позволяет исключить потребление электрической энергии на освещение тогда, когда в нём нет необходимости» [7]. Важной составляющей для осуществления и внедрение умных технологий в данную сферу является применение различных универсальных датчиков, которые контролируют происходящие процессы и подают сигнал системы на смену интенсивности или работы освещения в том или ином месте. Это могут быть датчики движения, присутствия, а также освещенности. «Можно регулировать яркость и мощность освещения зависимости от времени суток и погодных условий, тем самым сокращая потребляемую при постоянном освещении мощность» [9].

3.3.5 Вентиляция

Помимо того, что грамотная система вентиляции позволяет создать комфортные условия для труда, можно добиться экономии энергии за счёт правильного распределения тепла от системы отопления. Этот процесс осуществляется посредством эффективного и контролируемого распределения теплого воздуха по помещениям учреждения. В летнее время грамотная вентиляция предупреждает необходимость использования локальных кондиционеров, что позволяет сократить потребление электрической энергии за счет их исключения.

3.3.6 Техника и приборы

Весомой статьей расходов может являться питание оборудования и устройств в режиме ожидания. Исключив этот фактор, посредством применения, умных розеток или имея удаленный доступ к умным устройствам можно добиться экономии.

«Такая система должна работать комплексно, чтобы контролировать состояние влажность и температуру воздуха посредством применения соответствующих датчиков. Так косвенно подходим и ещё к одному важной и энергоёмкой части, в которой также есть возможность снизить энергопотребление.» [9].

Важным акцентом создания и поддержания микроклимата является минимизация теплопотерь, позволяющая сохранить созданный микроклимат. Это достигается это за счет использования современных утепляющих материалов и грамотного проектирования вентиляционной системы.

3.3.7 Отопление

«В ходе эксплуатации пользователи сталкиваются с тепловыми потерями. Их уровень меняется в зависимости от времени года, суток, скорости ветра, влажности, утепления дома. С ростом теплопотерь возникает потребность в повышенной теплоотдаче отопительного оборудования. В то же время иногда отсутствует необходимость в 100%-ном задействовании системы отопления» [10].

Первое что необходимо сделать для создания эффективной системы отопления — это минимизации тепловых потерь через стены, окна, подвальные помещения и крышу соответственно. Для этого используются утепления стен, изоляция подвальных помещений и крыши, а также использование современных окон, пропускающих меньше тепла, поступающего в помещении через систему отопления. Также, важно, чтобы система отопления имела возможность регуляция, чтобы исключить перерасход энергии там, где в этом нет необходимости.

Значительно сократить расход ресурсов в данной сфере позволяет перевод учреждений бюджетной сферы в, своего рода, режим ожидания. Он может активироваться после окончания рабочего дня, а также по выходным, когда нет необходимости в полном отоплении здания в связи с отсутствием персонала. В данном случае, необходимо соблюдать баланс между пиком потребности в тепловой энергии и её минимуме, так как для нагрева помещения к началу рабочего дня может потребоваться количество энергии, превышающее объемы при нормальном режиме работы. Данные характеристики возможно просчитать для каждого объекта индивидуально.

Выводы по третьей главе

В результате работы по адаптации цифровых технологий к рассматриваемому району города, заключаем, что совершенствование нормативной документации и постепенное внедрение умных технологий в бюджетную сферу жилищно-коммунального хозяйства позволит сократить потребление ресурсов, сделать эксплуатацию данных объектов более комфортной для персонала и посетителей, а также создать контрольно-учетную базу для оперативного выявления неисправностей и аварийных прецедентов. Умным технологиям в данной сфере есть место быть, и они будут играть ключевые значения в обеспечении должного уровня энергетической эффективности учреждений бюджетной сферы.

Выявлены основные принципы, реализация которых, позволит наладить действующую систему в бюджетной сфере, для этого нужно:

- совершенствование системы учета энергопотребления;
- энергетические обследования объектов бюджетной сферы;
- снижение удельного расхода электроэнергии;
- оптимизация освещения, вентиляции; техники и приборов, а также отопления.

Кроме того, рассмотрены технологии, позволяющие обеспечить надежность и энергоэффективность системы электроснабжения отдаленных микрорайонов города посредством децентрализации системы электроснабжения, ставшей тенденцией передовых стран мира. Данный процесс предполагает под собой переход крупных предприятий на собственную выработку энергии, будучи не только потребителем, но и производителем.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы определен оптимальный перечень мероприятий, выполнение которых позволит повысить энергоэффективность системы электроснабжения в Комсомольском районе г. Тольятти, в том числе, посредством применения цифровых технологий.

В результате проведения предпроектного обследования рассматриваемого административного субъекта:

- определены критерии его экономической, демографической, а также, производственной значимости для города;
- выявлено участие района в перспективных инвестиционных программах Самарской области;
- проанализирована характеристика системы электроснабжения, начиная от генерирующих предприятий, заканчивая объектами жилищно-коммунального хозяйства и электрического хозяйств снабжающих организаций;
- рассмотрено участие района в тенденции сбережения энергетических ресурсов посредством применения более энергоэффективных устройств;
- произведена оценка прогнозируемого спроса на электроэнергию.

В результате вышеописанного обследования выявлены основные проблемы системы электроснабжения Комсомольского района, среди которых:

- низкая надёжность существующей схемы электроснабжения;
- нерациональная загрузка сетей среднего напряжения;
- неготовность существующих сетей к перспективному повышению нагрузок;

- значительная составляющая морально и физически устаревшего оборудования.

С целью решения описанных проблем и грамотного перехода района к цифровой трансформации произведен обзор цифровых технологий, применяемых в стране и мире для повышения энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства, в ходе чего выявлены основные тенденции цифровизации, реализуемые в стратегии развития энергетического комплекса.

Рассмотрены основные технологии, применяемые в цифровой трансформации, среди основных решений рассматриваются: информационные системы управления, цифровые подстанции, системы автоматизации процессов ликвидации аварий воздушных (кабельных) сетей, интеллектуальные системы учета и электромониторинга.

Результатом работы является выявления наиболее оптимальных технологий и формирование основной стратегии, применение которой в ориентации на рассматриваемый район позволит наилучшим образом адаптировать существующую систему к грядущим переменам.

Стоит отметить, что основными критериями будущего развития энергетического комплекса являются: создание фабрики данных, формирование цифровой сети, цифровое управление и кибербезопасность. А для создания цифровой инфраструктуры с соответствующими критериями необходима надежная энергетическая база. То есть трансформация должна производиться для на начала на механическом уровне и включать: оцифровку имеющихся данных, создание среды мониторинга и интеллектуального контроля за состоянием энергообъектов.

Список используемых источников

1. Болонова И.Е. Выявление причин и предупреждение фактов хищения электроэнергии на подстанциях 6/0,4 и 10/0,4 кВ / И.Е. Болонова, Ю.В. Викулова, Н.С. Быков // Научный электронный журнал «Инновации. Наука. Образование» – 2020. – №20
2. Болонова И.Е. Применение реклоузеров в системе распределенной генерации / И.Е. Болонова, Ю.В. Викулова, Н.С. Быков // Научный электронный журнал «Инновации. Наука. Образование» – 2020. – №22
3. Болонова, И. Е. Анализ перспективности применения моноблоков RM-6 в распределительных сетях среднего напряжения / И. Е. Болонова, Ю. В. Викулова, Н. С. Быков // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 20. – С. 935-944.
4. Болонова, И. Е. Выбор оптимальной трассы кабельных линий 6-10 КВ для прокладки в городской среде / И. Е. Болонова, Ю. В. Викулова, Н. С. Быков // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 20. – С. 903-908.
5. Болонова, И. Е. Умные технологии в бюджетной сфере ЖКХ / И. Е. Болонова // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 22. – С. 550-557.
6. Ведомственный проект «Цифровая энергетика» [Электронный ресурс] URL: <https://minenergo.gov.ru/node/14559> (дата обращения 18.11.2020)
7. Внедрение реклоузеров в целях повышения надежности электроснабжения [Электронный ресурс] URL: https://energobelarus.by/articles/tekhnologii/vnedrenie_reklouzerov_v_tselyakh_povysheniya_nadezhnosti_elektrosnabzheniya/ (дата обращения 11.10.2020)
8. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕВОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ПОВЫШЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42437880> (дата обращения 11.10.2020)

9. Использование первичной энергии по источникам. [Электронный ресурс] URL: https://22century.ru/popular-science-publications/world_energy/attachment/w_e_1 (дата обращения 15.10.19)
10. История развития ячеек КСО [Электронный ресурс] URL: <http://www.set.ru/kso.php> (дата обращения 20.10.2020)
11. Каталог RM-6 [Электронный ресурс] URL: https://www.elec.ru/files/2020/02/25/Каталог_RM6.pdf (дата обращения 21.10.2020)
12. Коммерческие потери электроэнергии без границ [Электронный ресурс] URL: <http://www.bigpowernews.ru/interview/document76022.phtml> (дата обращения 20.10.2020)
13. Концепция умных городов: энергоэффективные технологии и решения для устойчивого развития. [Электронный ресурс] URL: <http://www.energsovet.ru/stat850.html> (дата обращения 15.11.20)
14. Концепция цифровой трансформации [электронный ресурс] URL: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения 16.11.2020)
15. КСО-399 [Электронный ресурс] URL: <http://konstalin.ru/?sid=3&ID=252> (дата обращения 21.10.2020)
16. Линии электропередачи в городских условиях. Строить или копать? [Электронный ресурс] URL: <https://vsedlyastroiki.ru/ru/stroitelnyiy-ryinok-obzoryi-issledovaniya/linii-elektroperedachi-v-gorodskih-usloviyah-stroit-ili-kopat/> (дата обращения 15.10.2020)
17. Передавать с умом URL: https://atomicexpert.com/power_industry_digitalization_072018 (дата обращения 25.11.2020)
18. Повышение энергоэффективности системы электроснабжения города [Электронный ресурс] URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-energoeffektivnosti-sistemy-elektrosnabzheniya> (дата обращения 25.11.2020)

19. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 321 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие энергетики" (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] URL: <https://base.garant.ru/70644238/> (дата обращения 10.11.2020)

20. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861 (ред. от 29.06.2020) "Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям" (с изм. и доп., вступ. в силу с 24.09.2020)

21. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН – Московская школа управления СКОЛКОВО – Москва, 2019. – 210 с.

22. Проект программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры городского округа Тольятти на период с 2016 по 2025 год [Электронный ресурс] URL: https://tgl.ru/files/tinymce/proekt_file_1466507417.pdf

23. Публичная кадастровая карта России [Электронный ресурс] URL: <https://публичная-кадастровая-карта.рф/> (дата обращения 15.10.2020)

24. РЕКЛОУЗЕРЫ 6—20 КВ [Электронный ресурс] URL: <https://www.tavrida.com/ter/solutions/REC15/> (дата обращения 11.10.2020)

25. Решение думы городского округа Тольятти №131 от 25.01.2019 «О Стратегии социально-экономического развития городского округа Тольятти на период до 2030 года»

26. Рынок российской энергетики: кто больше всех производит электричества в стране [Электронный ресурс] URL: <https://realnoevremya.ru/articles/121619-obzor-rynka-elektroenergii-rossii> (дата обращения 21.10.2020)

27. Составляющие тарифа на электроэнергию [Электронный ресурс] URL: <https://time2save.ru/articles/sostavlyayuschie-tarifa-na-elektroenergiyu> (дата обращения 21.10.2020)

28. СНиП 3.05.06-85 Строительные нормы и правила. Электротехнические устройства. М.: ГУП ЦПП, 2001, 71 с.

29. Технология Блокчейн создает возможности для децентрализованной, возобновляемой электроэнергетики [Электронный ресурс] URL: <https://medium.com/eloncity/технология-блокчейн-создает-возможности-для-децентрализованной-возобновляемой-электроэнергетики-9468f93fe0d> (дата обращения 11.10.2020)

30. Топографическая съемка: виды, этапы и содержание [Электронный ресурс] URL: <https://geostart.ru/post/304> (дата обращения 15.10.2020)

31. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс] URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения 18.11.2020)

32. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] URL:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 10.11.2020)

33. Федеральный закон "О некоммерческих организациях" от 12.01.1996 N 7-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8824/ (дата обращения 10.11.2020)

34. Характеристика системы электроснабжения города [Электронный ресурс] URL: <http://samzan.ru/81620> (дата обращения 30.11.19)

35. Цифровая трансформация электроэнергетики России [Электронный ресурс] URL: <https://www.digital-energy.ru/wp-content/uploads/2020/06/doklad-rb-1.pdf> (дата обращения 11.10.2020)

36. Цифровой РЭС – это реальность [Электронный ресурс] URL: https://www.rosseti.ru/press/news/?ELEMENT_ID=28960 (дата обращения 11.10.2020)

37. Энергопотребление бюджетной сферы [Электронный ресурс] URL: <http://www.alfar.ru/smart/3/517/> (дата обращения 10.11.2020)

38. Schneider electric [Электронный ресурс] URL: https://euro-avtomatika.ru/vendors/schneider-electric/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=search_schneider&utm_content=6509204075/premium/2/search/none/Тольятти&utm_term=шнайдер%20электрик (дата обращения 21.10.2020).

39. Alekseev Alexander, Lobova Svetlana, Bogoviz Alexei. Digitalization of the Russian Energy Sector: State-of-the-art and Potential for Future Research. International Journal of Energy Economics and Policy (IJEPP), 2020, Vol. 9, no. 5, pp. 274 – 280

40. Chankook Park, Seunghyun Cho, WanGyu Heo. Study on the future sign detection in areas of academic interest related to the digitalization of the energy industry. Journal of Cleaner Production, 2021, Available online, no. 127801.

41. Néstor Duch-Brown Fiammetta Rossettia. Digital platforms across the European regional energy markets. *Journal of Cleaner Production*, 2020, Vol. 144, no. 111612.
42. Petrova Irina, Zaripova Viktoriya, Zolina Tatiana. Digitalization of business processes of energy supply in a smart city. *E3S Web Conf.*, 208 (2020) 02005
43. Ralitsa Hiteva, Timothy J.Foxon. Beware the value gap: Creating value for users and for the system through innovation in digital energy services business models. *Journal of Cleaner Production*, 2021, Vol. 166, no. 120525