

Модель системы мониторинга для повышения качества энергии в системах электроснабжения потребителей

С. В. Кривоногов, А. А. Романова

Аннотация – Приоритетным направлением внутренней политики РФ является повышение эффективности потребления энергоресурсов. В коммунально-бытовом секторе основное внимание уделяется установке энергосберегающих ламп в местах общего пользования, оборудованных датчиками движения. Не обходит стороной и качество поставляемой электроэнергии - согласно статистике 55% потребителей получают электроэнергию, которая не соответствует показателям государственного стандарта. В настоящее время активно развивается программа по «цифровизации» электрических сетей, которая подразумевает под собой модернизацию имеющихся сетей, с использованием интеллектуальных устройств, позволяющих фиксировать показатели качества электрической сети и сравнивать с эталонными показателями. Документально, принципы мониторинга электроэнергии не подтверждены, имеется лишь стандарт, по которому показатели электрических сетей необходимо анализировать два раза в год. Целью работы является построение модели систем мониторинга для повышения качества энергии в системах электроснабжения потребителей электроэнергии. Задачи работы: определить актуальность, построить объектно-ориентированную модель. Объект исследования: модель программного обеспечения системы мониторинга для повышения качества энергии в системах электроснабжения потребителей электроэнергии. Предмет исследования: параметры и режимы работы энергоустановок, применяемые для электроснабжения потребителей. Построение модели будет осуществляться с использованием метода моделирования. В работе проводится обоснование целесообразности разработки проекта, которое показывает основные факторы, влияющие на разработку проекта.

Ключевые слова – диаграмма, объектно-ориентированная модель, проект, система, электро-энергия.

Статья получена 04 февраля 2022
Кривоногов Сергей Вячеславович, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. (e-mail: ksvkn@mail.ru).
Романова Анна Александровна, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (e-mail: anya-romanova-07@yandex.ru).

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время остро стоит вопрос по качеству электроэнергии, поставляемой, как частными поставщиками, так и государственными организациями. Качество электрической энергии сказывается на работе электроприборов и иных потребителей электроэнергии.

Для регулирования качества поставляемой электроэнергии используется государственный стандарт ГОСТ 32144-2013. Данный стандарт определяет нормативные показатели качества электроэнергии и возможные отклонения от них. В соответствии со стандартом, отклонения напряжения не должны превышать 10 % от номинального показателя напряжения.

Зачастую данные показатели поставщиками не выполняются, особенно это можно отметить в зимний период, когда нагрузка на трансформаторные подстанции даже при условии переключения на низкие обмотки трансформатора максимальна. Многие жители используют электрические нагреватели для поддержания дома нормальной температуры, а также снижается световой день и активно начинает использоваться освещения и иные приборы электропотребления. Это увеличивает нагрузку на электрические сети что способствует их нагреву и увеличению потерь электроэнергии. Необходимо отметить тот факт, что воздушные линии и подводка к дому устаревшего алюминиевого типа, что также увеличивает потери электроэнергии при транспортировке.

Важным показателем также является неравномерное распределение потребления по вводным фазам внутри дома. К примеру, жители одного подъезда нагружают одну фазу и ощущают заметный провал напряжения. В первую очередь, это отмечается снижением яркости ламп освещения независимо от их конструкции (светодиодные лампы, лампы накаливания и т.д.). В тоже время другие жители не используют поступающую нагрузку по максимуму, и их фаза остаётся ненагруженной, что также сказывается на работе электроприборов. В первую очередь, такая неравномерная нагрузка влечет за собой перегрев нулевого проводника и его последующее «отгорание» с перекосом фаз. Из-за перекоса фаз у жителей возникает повышенное напряжение, которое может быть превышено более чем на 50% допустимого показателя, что чревато порчей электроприборов потребителей.

Как отмечают Н. А. Лапина, М. Е. Королев, все внутридомовые сети, в том числе, и ввод в дом принадлежат не энергосбытовым компаниям а домоуправляющим, которые и несут всю ответственность за поставку электроэнергии. Во избежание неравномерной нагрузки домоуправляющие компании устанавливают на вводе в дома балансиры напряжения, которые представляют собой модернизированное реле времени, которое в пик нагрузки, который задаётся вручную электриком домоуправляющей компании распределяют нагрузку напряжения по фазам. Данное устройство неудобно в использовании, так как требует постоянной регулировки, заданные параметры часто не совпадают с действительными. Также данное устройство требует финансовых вложений [1].

По словам Ф. Х. Марданова, к потерям и недоотпуску электроэнергии также приводит нерациональное и безучётное использование электроэнергии. Такое происходит, когда жители подключаются к общедомовой сети до прибора учета электроэнергии. Для решения данной проблемы устанавливаются общедомовые счетчики учета электроэнергии [2].

В настоящее время также не отлажен полноценный механизм передачи показаний потребленной электроэнергии, многие жители передают показания электроэнергии в бумажном виде, и часто случаются потери таких показаний. Что приводит к существенным переплатам за потребленную электроэнергию.

На основании вышеперечисленного можно сделать вывод, что исследование параметров и режимов работы энергоустановок, применяемых для электроснабжения потребителей актуально.

II. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭНЕРГИИ

Для определения структуры проекта необходимо построить объектно-ориентированную модель. Она позволит определить взаимоотношения элементов системы и потоки данных. Разработанная объектно-ориентированная модель состоит из диаграмм вариантов использования, классов, состояний, деятельности, последовательности, кооперации, компонентов, развертывания [3].

Диаграммы вариантов использования используются при бизнес-анализе с целью моделирования видов работ, исполняемых системой, и для моделирования многофункциональных условий [4]. Данный вид диаграммы призван регламентировать функциональное назначение проектируемой системы на самом высоком уровне, касательно выдвинутых требований к системе. Каждый из составляющих её объектов несёт под собой определённую смысловую нагрузку и выполняет какую-либо конкретную задачу или действие, в зависимости от постановки вопроса, так:

1. Актёр представляет собой некоторую внешнюю по отношению к создаваемой системе сущность, ориентированную на взаимодействие с ней, с целью выполнения поставленных перед ним задач.

2. Сущность описывает взаимодействие, возникающее между отдельными элементами диаграммы, в виде некоторой пояснительной записки.

3. Отношение определяет политику взаимодействия между актёрами и сущностями в рамках моделируемой системы. Обычно различают несколько их видов: ассоциации, обобщения, включения и расширения.

Непосредственно для разрабатываемой системы диаграмма вариантов использования представлена на рисунке 1. При построении диаграммы вариантов использования применялся стандартный вид отношений между актёрами и вариантами использования – это отношение ассоциации.

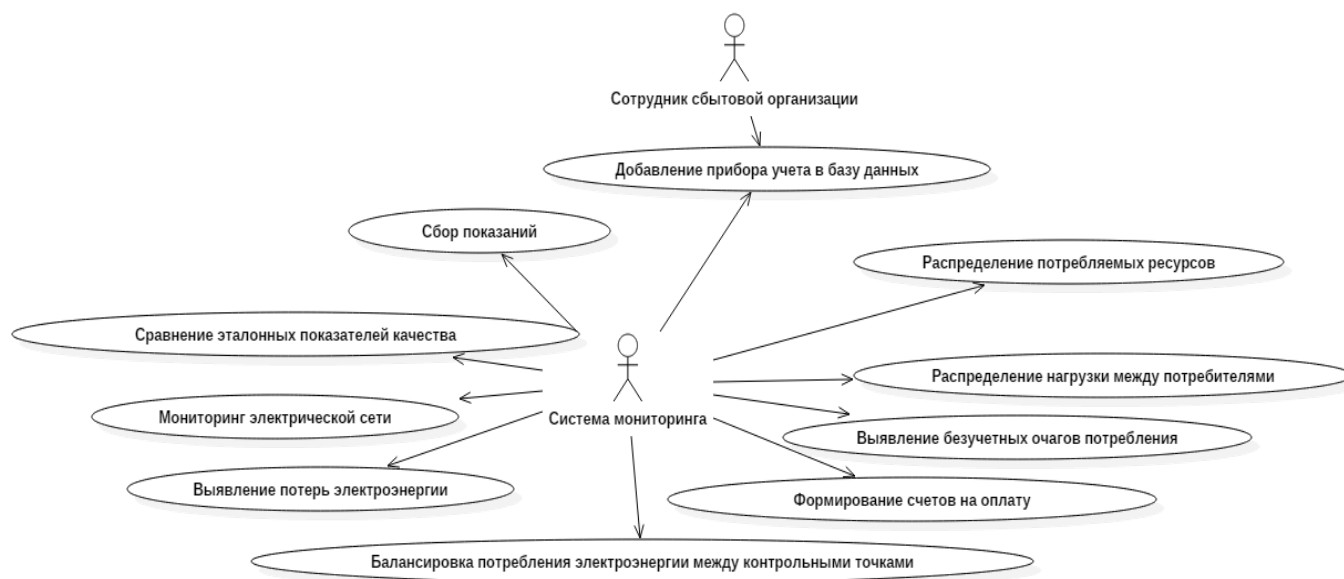


Рис. 1 Диаграмма вариантов использования

На диаграмме вариантов использования (рис. 1) показаны следующие актеры: «Система мониторинга», «Сотрудник сбытовой организации». Варианты использования: «Добавление прибора учета в базу данных», «Сбор показаний», «Распределение потребляемых ресурсов», «Сравнение эталонных показателей качества», «Мониторинг электрической сети», «Выявление потерь электроэнергии» и «Формирование счетов на оплату», «Балансировка потребления электроэнергии между контрольными точками», «Выявление безучетных очагов потребления», «Распределение нагрузки между потребителями».

В качестве основополагающей модели работы будущего приложения на языке UML, выступает диаграмма классов системы, ориентированной на описание совокупности объектов атрибутами, операциями, отношениями и семантикой. Проектирование данной диаграммы обязательно, т.к. на основании составляющие её функциональных

средств впоследствии и будут проектироваться другие диаграммы системы.

Класс (class) – категория вещей, которые имеют общие атрибуты и операции [3].

Данный вид диаграмм, как и составляющие её элементы, создаётся с целью описания новых систем, или для описания уже существующих, с точки зрения разделения обязанностей между участниками системы и наделения их набором регулирующих операций, подкреплённых атрибутами, отвечающих логике, рассматриваемой организации. Важно понимать, что исходная информация с диаграммы классов напрямую отображается в программном коде создаваемого приложения. На основании чего можно сказать, что именно на диаграмме классов заканчивается проектирование и начинается непосредственная разработка системы [5].

В контексте же рассматриваемой области деятельности была получена следующая модель диаграммы (рис. 2). Для связи классов между собой использовалось отношение ассоциации.

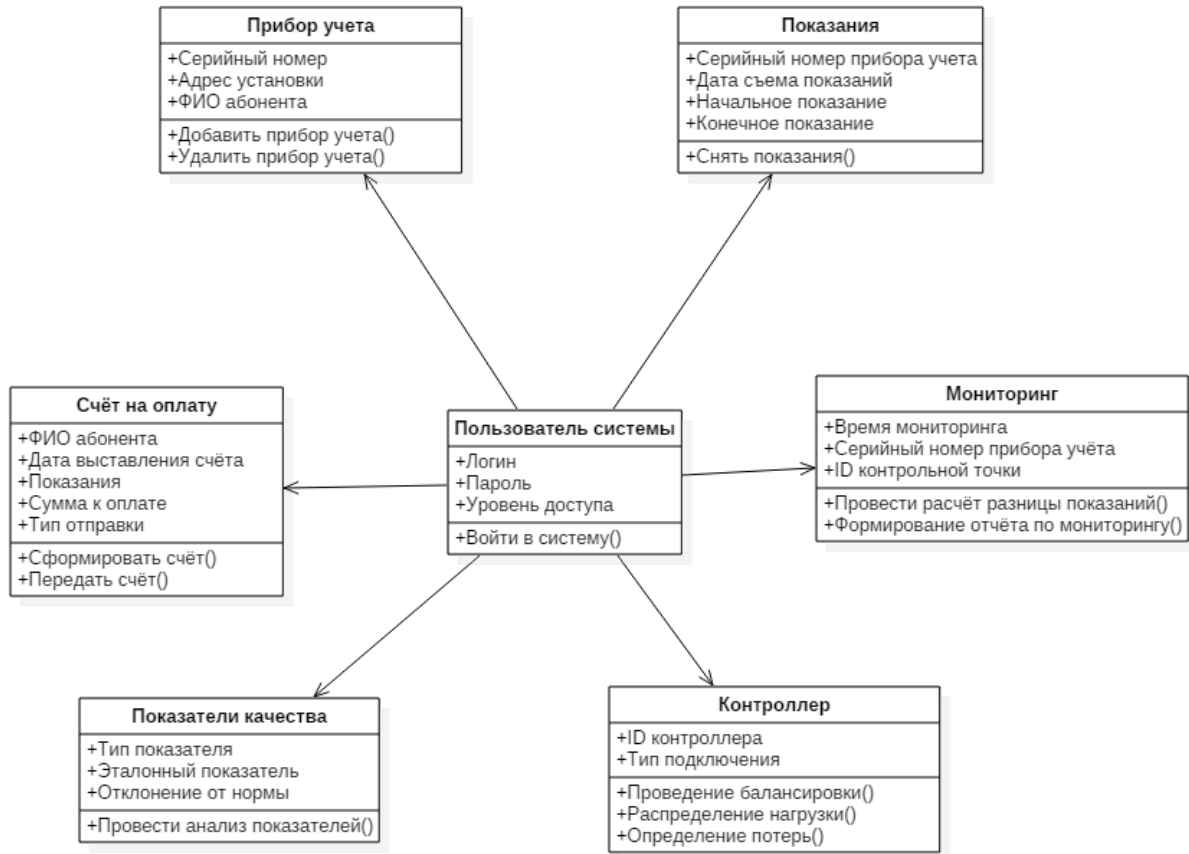


Рис. 2 Диаграмма классов

Поведение системы и подробное взаимодействие классов описывается с помощью диаграмм взаимодействия.

К таким диаграммам относится диаграмма кооперации.

Диаграмма кооперации позволяет отразить упорядоченный обмен сообщениями между объектами системы.

Связи между объектами дополняются направленными сообщениями, которые представляют собой реализацию операций класса.

Основная отличительная черта диаграммы кооперации состоит в способности схематически вообразить не только очередность взаимодействия, но и все без исключения структурные взаимоотношения между объектами, участвующими в этом взаимодействии.

Диаграмма кооперации для разрабатываемой системы представлена на рисунке 3. На данной диаграмме отображаются объекты и очередность выполнения операций.

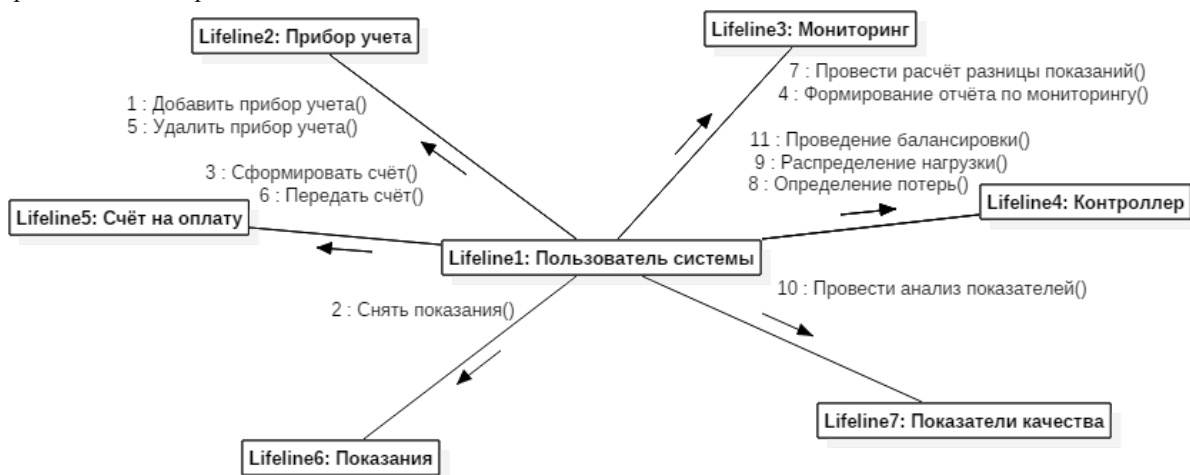


Рис. 3 Диаграмма кооперации

На рисунке 3 показан упорядоченный процесс мониторинга отпускаемой электрической энергии. В первую очередь пользователь системы (сотрудник сбытовой организации) добавляет прибор учета в систему, далее система выполняет мониторинг электрической сети по заданным контрольным точкам. На основании собранных системой мониторинга показаний формируется счёт на оплату. Также на основании данных проводится расчёт разницы показаний между контрольными точками, распределяется нагрузка, определяются потери электроэнергии и формируются отчёты.

Диаграммы состояний позволяют отразить поведение системы, т.е. отражают все возможные состояния объекта, которые он принимает в ответ на внешнее воздействие.

Начальное состояние не отображает никаких действий системы и является состоянием по умолчанию в начальный момент времени. Графически начальное состояние отображается закрашенным кружком.

Конечное состояние служит для отображения состояния системы в конечный момент времени.

Диаграмма состоит из множества состояний объекта, событий, сообщающих о перемещении объекта в новое состояние, правил переходов, определяющих новое состояние объекта при возникновении тех или иных событий, действий,

которые должны быть выполнены объектом, когда он переходит в новое состояние.

Объект переходит в следующее состояние как при выполнении всех действий в текущем состоянии, так и при воздействии внешних событий, которые влияют на его переход.

Диаграмма состояний (рис. 4) отображает возможное состояние системы. С начала система ожидает ввод данных о приборе учёта, затем ожидается сбор показаний и формирование счёта на оплату. Далее ожидается проведение мониторинга электрической сети, для этого необходимо ввести эталонные показатели качества электроэнергии. На основании показателей выполняется балансировка, распределяется нагрузка, рассчитываются потери и формируется отчётная документация.

Диаграммы деятельности позволяют отразить этапы управления объектом при переходе его из одного состояния в другое. Данные диаграммы позволяют моделировать упорядоченные шаги вычислительного процесса [3].

Деятельность на данных диаграммах представляет собой некоторое действие пользователя в системе. Действие порождает другое действие в системе, вызов или уничтожение объекта, а также произведение различных расчетов [6]. Данный вид диаграммы необходим с точки зрения обеспечения наглядности алгоритмов, выполняемых системой.



Рис. 4 Диаграмма состояний

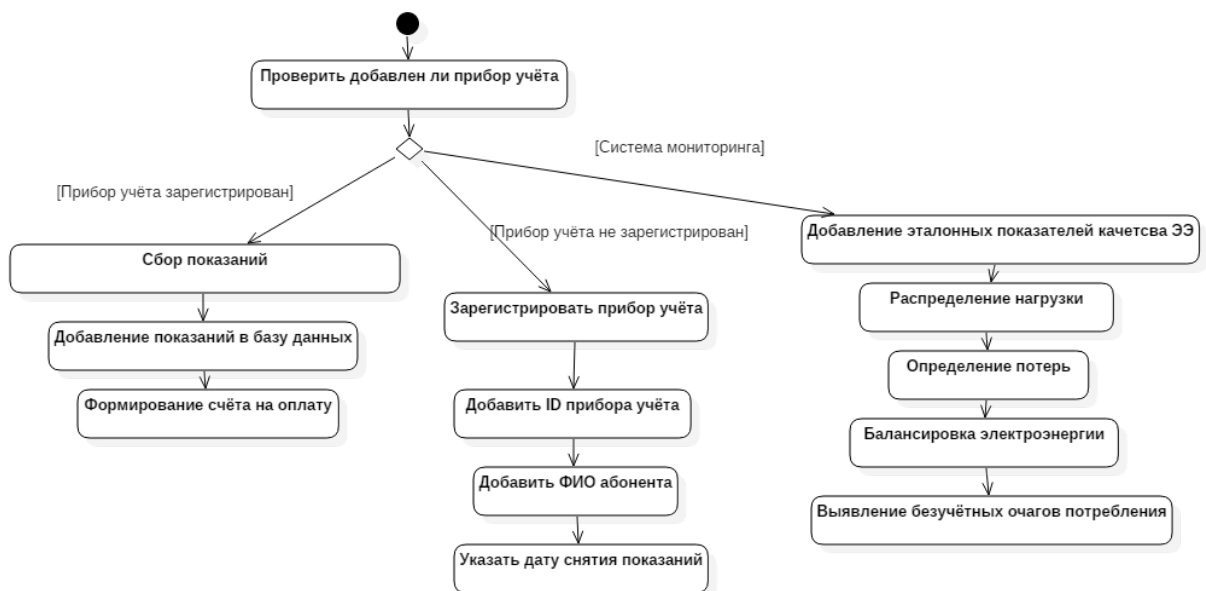


Рис. 5 Диаграмма деятельности

Диаграмма деятельности (рис. 5) отображает деятельность системы мониторинга. В начале работы система проверяет, добавлен ли прибор учета, если прибор учёта зарегистрирован, то выполняется сбор показаний, добавление в базу данных и формирование счёта на оплату. Если прибор учёта не зарегистрирован, то, соответственно, выполняется его регистрация. Для этого добавляется ID прибора учёта, ФИО абонента указывается дата снятия показаний. При работе системы мониторинга выполняется добавление эталонных показателей качества электрической энергии, распределяется нагрузка,

определяются потери, выполняется балансировка электроэнергии, выявляются без учётных очагов потребления.

Диаграмма компонентов является видом статической диаграммы, которая ориентирована на осуществление разбиения программной и аппаратной составляющей на отдельные структурные компоненты модели, и регулирующие их связи (зависимости). Каждая такая зависимость наглядно иллюстрирует, как распределяются отношения между различными компонентами диаграммы, и каким образом они позиционируют себя в контексте рассматриваемой области деятельности.

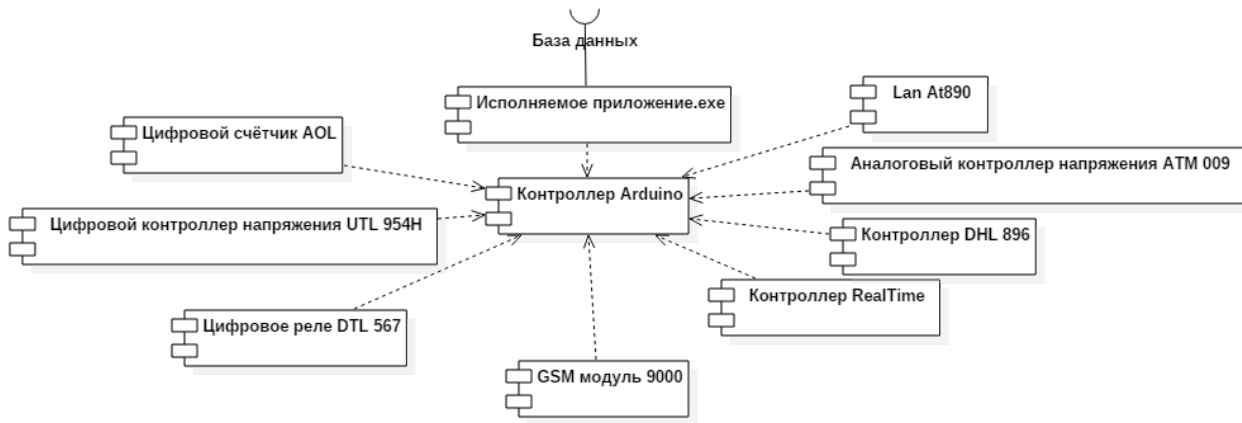


Рис. 6 Диаграмма компонентов

Из рисунка 6 видно, что исполняемое приложение связывается с базой данных и контроллером Arduino. В свою очередь контроллер Arduino взаимодействует с цифровым счётчиком по Lan At890 и GSM модулем

серии 9000. Для управления цифровым счётчиком используется цифровой и аналоговые контроллеры напряжения, цифровое реле и контроллер часов реального времени.

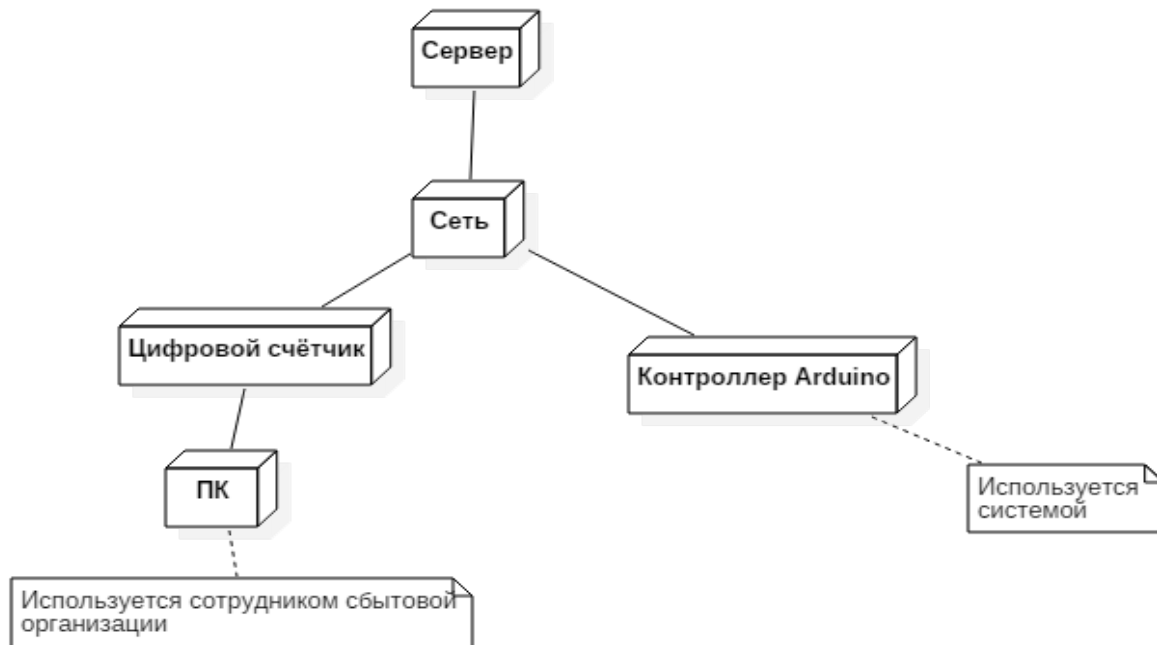


Рис. 7 Диаграмма развертывания

Получив, относительно подробную структуру программного и аппаратного обеспечения разрабатываемой системы, также необходимо произвести и графическое оформление проектируемой инфраструктуры проекта, на котором впоследствии и будет размещено проектируемое ПО. Именно здесь и находит своё применение диаграмма развёртывания модели (рис. 7). Данный вид диаграммы призван обеспечивать иллюстрацию топологии системы и наглядно освещать разделение компонентов системы по её узлам, а также решать ряд других вспомогательных задач, способствующих целостному восприятию моделируемой системы. При этом сама графическая основа диаграммы представляет собой достаточно простой набор объектов, главным образом сформированных в виде некоторой совокупности взаимосвязанных узлов, характеризующих взаимодействие разных участников системы, в ключе рассматриваемой деятельности организации.

Диаграмма компонентов, представленная на рисунке 8, показывает техническое обеспечение необходимое для работы и функционирования системы. Для хранения базы данных необходим сервер, который непосредственно взаимодействует с приложением, цифровым счетчиком, контроллером Arduino и ПК пользователей.

III. ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА

В настоящее время вопросы качества электроэнергии постоянно находятся «на слуху», так как сбытовые организации часто поставляют электроэнергию, не соответствующую параметрам качества электроэнергии, в том числе, и прописанных в технических условиях для подключения абонента.

Электричество до абонента должна поставляться в соответствии с ГОСТ 32144-2013. Электричество, не соответствующая параметрам, прописанным в ГОСТ, негативно влияет на энергоустановки потребителей, если это бытовой потребитель, то снижается срок эксплуатации электроплит, холодильников, телевизоров и другой бытовой техники. Не все поставщики электроэнергии своевременно могут отследить изменения в электрической сети, так как это им не позволяет сделать имеющееся техническое обеспечение. Многие поставщики не могут позволить себе обновление электрических сетей с установкой интеллектуальных устройств, позволяющих контролировать электрические линии и качество электроэнергии, так как это несет большую финансовую нагрузку на организацию, в последующем финансовая нагрузка ляжет на плечи конечных потребителей. Использование систем контроля качества электроэнергии позволяет предотвратить возникновение аварийных ситуаций, так как интеллектуальные обработчики предсказывают возникновение возможных аварийных ситуаций и соответственно сотрудники сбытовой

организации могут заранее исправить возникшую проблему.

Анализ качества электроэнергии несет в себе определение причин, влияющих на ухудшение качества электроэнергии, анализ является необходимой составляющей при выявлении несоответствия эталонных показателей качества с определенными в электрической сети. Главным условием при установке системы мониторинга правильный выбор контрольных точек по сбору показаний. Полученные показания будут обрабатываться по заданным алгоритмам и выявлять несоответствия показателей качества. При выявлении несоответствия в системе мониторинга будет показано предупреждение, которое увидит оператор системы, он в свою очередь будет принимать решение по стабилизации показателей качества электрической энергии. В настоящее время контроль показателей качества электроэнергии проводится не постоянно, а по определенному графику, который утверждается руководством сбытовой организации. Такой график не позволяет своевременно отслеживать показания качества и соответственно невозможно поставлять качественную электроэнергию.

Система мониторинга качества электроэнергии будет включать в себя три основных узла. Первый узел – это контроллер, при помощи которого ведется считывание показателей с электрической сети. Второй узел обеспечивает связь между датчиками и контроллерами. Третий узел обеспечивает обработку данных и представление их оператору. При разработке системы мониторинга предусмотрена возможность интеграции системы с внешними устройствами на основании общего формата данных. Также реализован экспорт и импорт данных в текстовый формат, это реализовано для того, чтобы данные можно было добавлять в другие системы. Использование системы мониторинга не потребует больших затрат при ее внедрении и использовании, так как достаточно установить счётчик, либо с цифровым, либо с аналоговым выходом. Система мониторинга кроссплатформенна, не требует больших ресурсов к персональным компьютерам, на которых будет размещена система. Основное условие работы системы является наличие библиотек и операционной системы Windows.

Система мониторинга будет разработана в соответствии с предъявляемыми требованиями, и может быть использована в любой организации, которая занимается сбытовой деятельностью электрической энергии потребителям. Выпуск коммерческой версии планируется после получения лицензии на распространение программного продукта и сертификации устройств.

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работы была достигнута главная ее цель построена модель системы мониторинга для повышения качества энергии в

системах электроснабжения потребителей электроэнергии.

Для достижения поставленной цели при помощи языка моделирования UML построена модель системы, состоящая из диаграмм вариантов использования, классов, последовательности, кооперации, деятельности, состояний, а также диаграммы компонентов и развертывания. На основании построенных диаграмм проведено обоснование целесообразности разработки системы.

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] Лапина, Н. А. Проблема мониторинга качества электроэнергии / Н. А. Лапина, М. Е. Королев // Проблемы современной науки и образования. – 2017. – № 1(83). – С. 44-46.

[2] Марданов, Ф. Х. Показатели качества электроэнергии, влияющие на работу электрооборудования города / Ф. Х. Марданов // Проблемы науки. – 2018. – № 5(29). – С. 33-34.

[3] Петрова С. Ю. Методы и средства проектирования информационных систем и технологий : Учебное пособие. – Ставрополь // С. Ю. Петрова : Центр научного знания Логос, – 2018. – 114 с.

[4] Преснецова, В. Ю. Моделирование бизнес-процессов деятельности профессорско- преподавательского состава в ВУЗе / В. Ю. Преснецова // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 2(58). – С. 47-56.

[5] Проектирование информационных систем: учебник и практикум для академического бакалавриата / Д. В. Чистов, П. П. Мельников, А. В. Золотарюк, Н. Б. Ничепорук ; под общей редакцией Д. В. Чистова. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 258 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00492-2. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/432930>.

[6] Zakaryukin, V. P.. Multifunctional Mathematical Models of Railway Electric Systems // V. P. Zakaryukin, A.V Kryukov Innovation & Sustainability of Modern Railway Proceedings of ISMR'2008. Beijing: China Railway Publishing House, 2008. pp. 504 – 508.

Model of the monitoring system for ensuring the quality of energy in the sources of electricity supply to consumers

S. Krivonogov, A. Romanova

Abstract – The priority direction of the domestic policy of the Russian Federation is to increase the efficiency of energy consumption. In the domestic sector, the focus is on the installation of energy-saving lamps in common areas equipped with motion sensors. The quality of the supplied electricity is not bypassed either, according to statistics, 55% of consumers receive electricity that does not meet the state standard. Currently, the program for the "digitalization" of electrical networks is actively developing, which implies the modernization of existing networks using intelligent devices that allow you to record the quality indicators of the electrical network and compare with benchmarks. The principles of electricity monitoring have not been documented, there is only a standard according to which the performance of electrical networks must be analyzed twice a year.

The aim of the work is to build a model of monitoring systems to improve the quality of energy in the power supply systems of electricity consumers.

Objectives of the work: to determine the relevance, to build an object-oriented model.

Object of study: software model of the monitoring system to improve the quality of energy in the power supply systems of electricity consumers. **Subject of study:** parameters and modes of operation of power plants used for power supply to consumers.

The construction of the model will be carried out using the modeling method. The work provides a justification for the feasibility of project development, which shows the main factors influencing the development of the project.

Keywords – diagram, object-oriented model, project, system, electric energy.

– Tekst : elektronnyy // Obrazovatel'naya platforma Yurayt [sayt].
– URL: <https://urait.ru/bcode/432930>.

- [7] Zakaryukin, V. P.. Multifunctional Mathematical Models of Railway Electric Systems // V. P. Zakaryukin, A.V Kryukov Innovation & Sustainability of Modern Railway Proceedings of ISMR'2008. Beijing: China Railway Publishing House, 2008. pp. 504 – 508.

REFERENCES

- [1] Lapina, N. A. Problem of power quality monitoring / N. A. Lapina, M. Ye. Korolev // Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya. – 2017. – № 1(83). – pp. 44-46.
- [2] Mardanov, F. KH. Pokazateli kachestva elektroenergii, vliyayushchiye na rabotu elektrooborudovaniya goroda / F. KH. Mardanov // Problemy nauki. – 2018. – № 5(29). – pp. 33-34
- [3] Petrova S. YU. Metody i sredstva proyektirovaniya informatsionnykh sistem i tekhnologiy : Uchebnoye posobiye. – Stavropol' // S. YU. Petrova : Tsentr nauchnogo znaniya Logos, – 2018. – 114 p.
- [4] Presnetsova V.Yu. Business process modeling of the teaching staff activity / V. YU. Presnetsova // Informatsionnyye sistemy i tekhnologii. – 2010. – № 2(58). – pp. 47-56.
- [5] Summary and prospects of applications of microprocessor platform arduino / Ye. YA. Omel'chenko, V. O. Tanich, A. S. Maklakov, Ye. A. Karyakina // Elektrotekhnicheskiye sistemy i komplekсы. – 2013. – № 21. – pp. 28-33.
- [6] Proyektirovaniye informatsionnykh sistem: uchebnik i praktikum dlya akademicheskogo bakalavriata / D. V. Chistov, P. P. Mel'nikov, A. V. Zolotaryuk, N. B. Nicheporuk ; pod obshechey redaktsiyey D. V. Chistova. – Moskva : Izdatel'stvo Yurayt, 2019. – 258 p. – (Vyssheye obrazovaniye). – ISBN 978-5-534-00492-2.