

Система мониторинга для повышения качества энергии в системах электроснабжения потребителей электроэнергетики

С. В. Кривоногов, А. А. Романова

Аннотация – В статье рассматривается система, предназначенная для мониторинга повышения качества энергии в системах электроснабжения потребителей электроэнергетики.

Целью исследования является разработка собственной системы мониторинга качества электроэнергии для повышения качества энергии в системах электроснабжения потребителей электроэнергии, выявление их недостатков.

Задачи исследования: определить значимые параметры качества электрической энергии, провести сравнительный анализ моделей систем мониторинга для повышения качества энергии в системах электроснабжения потребителей, разработать архитектуру системы, реализовать функционал системы мониторинга качества электроэнергии, провести анализ безопасности используемых информационных технологий.

В работе проведен анализ существующих аналогов, в результате проведенного анализа были разработаны требования к программно-аппаратному комплексу, которые включают в себя автоматическое регулирование напряжения без участия оператора. В предложенном программно-аппаратном комплексе будет заложен алгоритм эффективного электроснабжения потребителей. Программно-аппаратный комплекс будет разработан с учетом факторов позволяющих снизить затраты на покупку электроэнергии из сетей общего пользования. При разработке комплекса будет использована оригинальная структура и программа управления автоматизированной системой по контролю качества поставляемой электроэнергии.

В работе используется метод эмпирического исследования. Для разработки перечня требований к программно-аппаратному комплексу используется методика формализации и описания. Обоснование различных средств, необходимых для реализации проекта выполнялось при помощи описательного метода.

В данной статье рассматривается система мониторинга, разработанная на основе модели, описанной в предыдущей статье авторов, в которой проводится обоснование целесообразности разработки проекта, показывающая основные факторы, влияющие на разработку проекта.

Ключевые слова – автоматизация, систем мониторинга, электроснабжение, электроэнергетика.

I. ВВЕДЕНИЕ

Вопросы качества поставляемой электроэнергии являются насущными проблемами не только Российской Федерации, но и зарубежных стран. Данная проблема решается путем анализа показателей электроэнергии и приведение их в нормативное состояние. Главной проблемой является несвоевременное проведение мониторинга качества электроэнергии, так как в настоящее время мониторинг электроэнергии проводится в соответствии с графиками, а не постоянно, поэтому своевременное регулирование параметров качества электроэнергии затруднительно. Как в России, так и за рубежом разработаны стандарты определяющие показатели качества электрической энергии [2, 3]. Также имеются документы, регламентирующие и проведение мониторинга электрической энергии.

Также немаловажной проблемой является низкий уровень надёжности электроснабжения. Это связано с тем, что многие линии электропередач морально устарели и требуют модернизации, в устаревших линиях электропередач возникают большие потери электроэнергии, вследствие этого передаваемая электроэнергия в полном объеме не доходит до конечных потребителей. В настоящее время реализуется программа по модернизации линий электропередач и к началу 2030 года в соответствии с программой должно быть обновлено 100 % всей протяженности линий электропередач. За счет реализации программы ежегодный рост тарифов на электроэнергию достигает 10 %, что является большим показателем роста цен на электроэнергию [1].

От поставки потребителям некачественной электроэнергии снижается срок эксплуатации линий электропередач и сложных энергетических установок, одновременно увеличиваются и потери электроэнергии. В связи с этим увеличиваются капитальные вложения в системы электроснабжения, которые в последующем ложатся на плечи потребителя [2, 4]. Для крупных предприятий получение электроэнергии, не соответствующей стандартам качества, грозит снижением эксплуатационного срока оборудования, получением большого количества брака, приостановкой производства и т.д.

II. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНАЛОГОВ

Анализ существующих программно-аппаратных комплексов по мониторингу качества электрической

энергии позволил выявить три наиболее популярных решения:

- система учета энергоресурсов «АИСТ» от производителя icbcom;
- программно-аппаратный комплекс «Тест Контроль» от группы компаний «Энерго Тест Контроль»;

– единая контрольная система «АСКУЭ в ЖКХ», производитель ООО «СиЭсБиАй Групп».

Для проведения сравнительного анализа были выбраны наиболее значимые характеристики (табл. 1): скорость передачи данных, технологии передачи данных, используемые шины данных, применяемые контроллеры для обработки информации, используемый язык программирования.

Таблица 1 – Сравнительная характеристики рассматриваемых программно-аппаратных комплексов

Характеристика	Скорость передачи данных	Технология передачи данных	Шина данных	Контроллер	Язык программирования
АИСТ	1/6 Мб	GSM + DSL	FS 202	DML2000	C#
Энерго Тест Контроль	50 Мб	FTTB	TI 741	IEE 420	Lisp
АСКУЭ в ЖКХ	1 Мб	GSM	AGS	Amtel 302	C#

Проводя сравнительный анализ скорости передачи данных выяснено, что высокой скоростью передачи данных обладает Энерго Тест Контроль, его скорость выше составляет 50 Мб, высокая скорость обеспечивается за счет использования технологии передачи данных FTTB. Программно-аппаратный комплекс АИСТ, в зависимости от выбранной технологии передачи данных (GSM или DSL) передает данные со скоростью 1/6 Мб, что на 99/94 % меньше, чем АИСТ. АСКУЭ в ЖКХ передает данные по технологии GSM со скоростью передачи данных 1 Мб, что также меньше на 99 % чем комплекс АИСТ [4]. Таким образом, можно сделать вывод, что наименьшим количеством потерь при передаче данных обладает комплекс Энерго Тест Контроль.

В качестве шины данных в комплексе АИСТ используется FS 202, что позволяет интегрировать в систему аппаратное обеспечение, использующее данную шину. Энерго Тест Контроль обладает высокоскоростной и легко интегрируемой шиной данных TI 741, что позволяет одновременную обработку больших массивов данных. Для передачи данных внутри комплекса АСКУЭ в ЖКХ используется шина AGS, что позволяет интеграцию с другими устройствам, таким образом, комплекс может быть использован совместно с другими аналогичными системами. Подводя итог, необходимо отметить, что в качестве шины данных предпочтительнее использовать шину данных TI 741, так как она обладает высокой скоростью передачи данных и может быть использована для связи с другим оборудованием.

Контроллер DML2000 используемый в системе АИСТ обеспечивает одновременную обработку до 1000 запросов. Энерго Тест Контроль основывается на контроллере IEE 420, что позволяет одновременно обрабатывать сигналы с нескольких источников без потери данных при передаче. АСКУЭ в ЖКХ в качестве микроконтроллера использует Amtel 302, данный микроконтроллер позволяет использовать периферийное оборудование, поддерживающее передачу данных по шине AGS. В качестве

микроконтроллера предпочтительнее использовать Amtel 302, так как он имеет возможность интеграции с другими устройствами.

Комплексы АИСТ и АСКУЭ в ЖКХ написаны при помощи многофункционального языка программирования C#, что позволяет разрабатывать и внедрять новые модули. Программа управления комплексом Энерго Тест Контроль написана на высокоинтеллектуальном языке LISP, что практически позволяет реализовать комплекс под интеллектуальным управлением без участия оператора. Таким образом, можно отметить, что преимуществом обладает язык C#, так как он позволяет дорабатывать систему под необходимые требования, для реализации интеллектуального функционала можно использовать встроенную библиотеку LISP.

Таким образом, можно сделать вывод, что все вышеперечисленные системы имеют как ряд преимуществ, так и ряд недостатков, указанных выше. Каждая из систем находит свое применение как в домоуправляющих компаниях, так и в малых производственных организациях. Использование таких программно-аппаратных комплексов позволяет снизить затраты на электроэнергию примерно на 10 %, такое приобретение окупается в течении 5 лет, что для многих пользователей не приносит большой выгоды. Также необходимо отметить, что ни одна из систем не предлагает автоматизированного распределения нагрузки по фазам, распределение проводится вручную оператором. Отслеживание качества поставляемой электроэнергии отслеживается не своевременно, а за определенный промежуток времени, что не дает принять оперативные меры по стабилизации поставляемой электроэнергии. Учитывая все факторы, необходимо разработать такую систему, которая будет иметь максимальный функционал при минимальных вложениях, это позволит охватить многие сферы использования. Разрабатываемая система мониторинга качества электрической энергии будет поддерживать интеграцию внешнего оборудования любых

производителей имеющих цифровую шину обработки данных, проанализированные системы такой возможности не предоставляют, для реализации единой платформы необходимо нет необходимости приобретать оборудование одной фирмы. Система будет предоставлять автоматическое распределение нагрузки между фазами при перегрузке одной из фаз потребителями, исследуемые системы такой функционал предоставляют неполноценно.

III. ТИПОВЫЕ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Под архитектурой систем мониторинга понимается общая концепция, которая включает в себя комплекс выполняемых функций, составляющие информационной системы, их взаимосвязь и соответственно модель информационной системы.



Рис. 1 – Принцип построения распределенной архитектуры

Из рисунка 1 видно, что для обработки данных и реализации функционала системы мониторинга используется главный сервер, центральный сервер, второстепенный сервер и терминальный сервер. Терминальный сервер реализует функционал системы мониторинга. Второстепенные сервера устанавливаются на группы датчиков и контроллеров, расположенных в едином классификационном признаке. На центральный сервер передаются данные с группы второстепенных серверов, соответственно центральный сервер передает структурированную информацию на главный сервер, который выполняет обработку всех полученных данных.

Таким образом, можно сделать вывод, что при создании системы мониторинга предпочтительнее использовать распределённую архитектуру.

Архитектура определяет связи между клиентскими и серверными частями системы мониторинга.

Правильно выбранная архитектура систем мониторинга позволяет распределить все компоненты системы таким образом, чтобы выполнялись принципы быстродействия системы, также это необходимо для распределения нагрузки между элементами системы мониторинга. При «правильной» архитектуре будут отсутствовать потери пакетов при передаче данных между устройствами. Использование систем фильтрации и распределения трафика позволяет полноценно распределить сетевой трафик между элементами системы мониторинга, что в последующем исключит ошибки при передаче данных. Наиболее часто при построении систем мониторинга используется две архитектуры – клиент-серверная и распределенная.

На рисунке 1 показан принцип построения распределенной архитектуры, использующийся при создании систем мониторинга.

IV. РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

При исследовании типовых архитектур систем мониторинга качества электрической энергии был сделан вывод, что наиболее предпочтительнее использовать распределенную архитектуру, так как контроллеры для сбора показаний могут находиться в различных географических положениях. Но в тоже время между устройствами будут находиться промежуточные устройства сбора информации, которые в последующем передают собранные данные на центральные устройства сбора информации.

На рисунке 2 показана архитектура разработанной системы мониторинга качества электрической энергии. Архитектура построена по распределенному принципу, классификация выполнена по размещению домов.

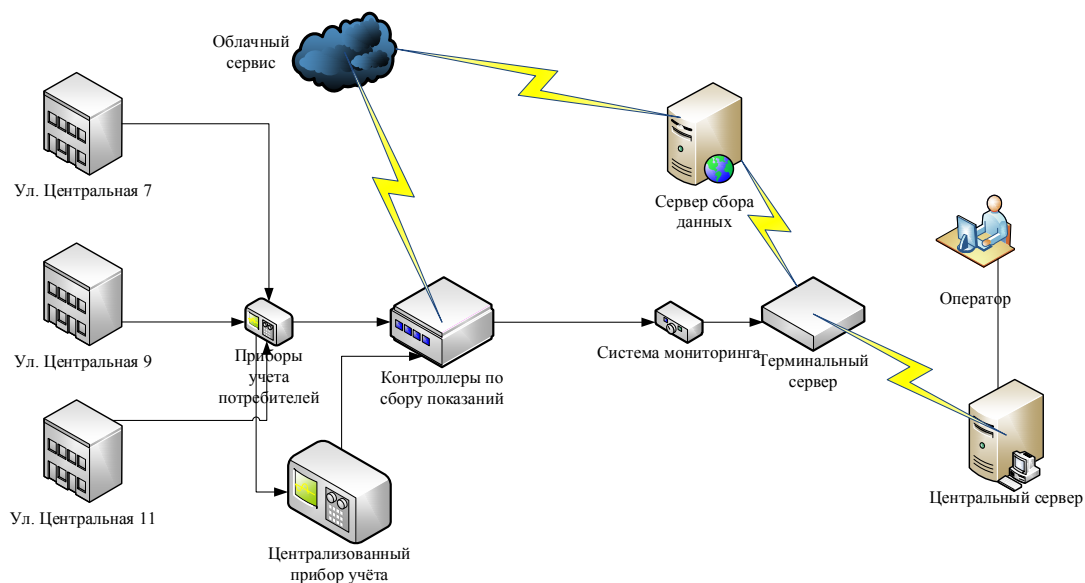


Рис. 2 – Архитектура разработанной системы мониторинга качества электрической энергии

Из рисунка 2 видно, что дома находящиеся на одной стороне улицы (на схеме это ул. Центральная дома 11-7) квартиры жителей оборудованы интеллектуальными приборами учёта, которые по заданному времени передают показатели на контроллер сбора показаний. Для группы домов на вводном устройстве также установлен интеллектуальный централизованный прибор учёта, который также передает данные на контроллеры. Централизованный прибор учёта сравнивает показания прибора учётов потребителей и отправляет показания в систему мониторинга. Система мониторинга занимается обработкой полученных показаний, показания вносятся в систему мониторинга с облачного сервера, с него же передаются данные в сервер по сбору данных. Промежуточным сервером является терминальный сервер, на сервер поступают промежуточные данные,

которые не прошли в основном потоке данных. После того как центральный сервер обработает основной поток данных на него поступают данные с терминального сервера для дальнейшей их обработки. Конечным итогом обработки данных является их передача в клиентское приложение, в котором отображаются показатели качества электроэнергии. Клиентское приложение установлено у оператора сбытовой либо обслуживающей компании.

V. РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ

В начале необходимо разработать хранилище данных. Для реализации ограничений базы данных сформируем схему данных, она показана на рисунке 3. Таблицы связаны по ключевым полям, для реализации связей используется связь «Один-многим».

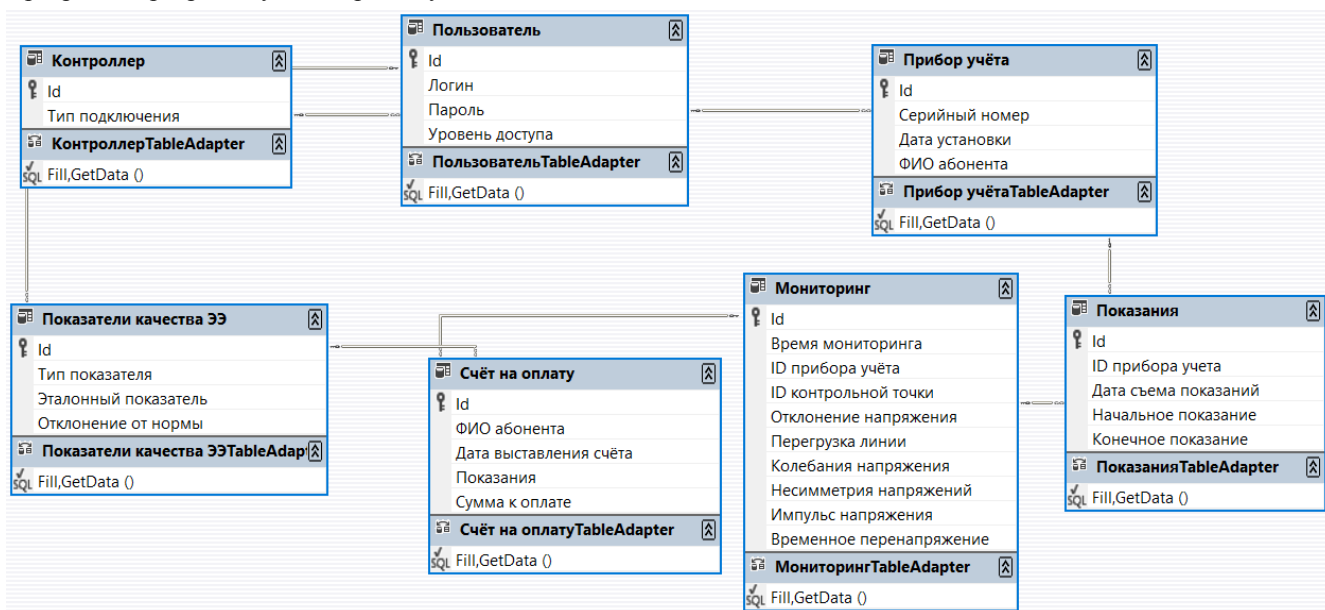


Рис. 3 – Схема данных

Таблица «Мониторинг» создана для обработки данных по мониторингу электрической сети. Все данные в нее вносятся с контроллера Arduino автоматически.

В таблицу «Показания» вносятся данные по сбору показаний со счётчиков абонентов. К таким данным относятся ID прибора учёта, дата съема показаний, начальное показание, конечное показание.

Таблица «Показатели_качества_ЭЭ» создана для внесения в нее эталонных показателей и отклонений от нормы.

Таблица «Пользователь» хранит в себе пользователей системы и используется для реализации системы авторизации.

Таблица «Прибор_учёта» хранит в себе данные о приборах учёта, установленных у абонентов. В таблице хранится серийный номер, дата установки и ФИО абонента.

В таблице «Счёт на оплату», хранятся данные необходимые для формирования счёта на оплату. К таким данным относятся ФИО абонента, дата выставления счёта, показания и сумма к оплате.

VI. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

После создания кроссплатформенной программы, её Для входа в модуль мониторинга необходимо открыть ярлык «Мониторинг». После этого откроется окно входа в систему (рис. 4). Данные для входа в систему хранятся в базе данных.

Время мониторинга	ID прибора учёта	ID контрольной точки	Отклонение напряжения	Перегрузка линии	Колебания напряжения	Несимметрия напряжений	Импульс напряжения	Временное перенапряжение
21.05.2021 10:05	1	2	10	Отсутствует	22	Отсутствует	14	22
21.06.2021 11:03	2	3	5	6	19	14,4	7	14
22.06.2021 9:41	3	1	6	Отсутствует	0	0	0	0
22.06.2021 10:08	4	1	5	4	20	15,6	4	0

Рис. 5 – Главная форма системы мониторинга

Добавление контроллера осуществляется с главного меню системы. Для этого нужно ввести ID контроллера и указать тип подключения (COM порт).

Сбор показаний в системе мониторинга осуществляется автоматически при помощи контроллера Arduino с цифрового счетчика. Сбор показаний проводится по определенным датам. На форме отображается ID прибора учета, дата съема показаний, начальное и конечное показание. Для формирования квитанции на оплату необходимо нажать на кнопку «Сформировать квитанцию».

С формы просмотра показаний можно сформировать счёт на оплату. На форме указывается

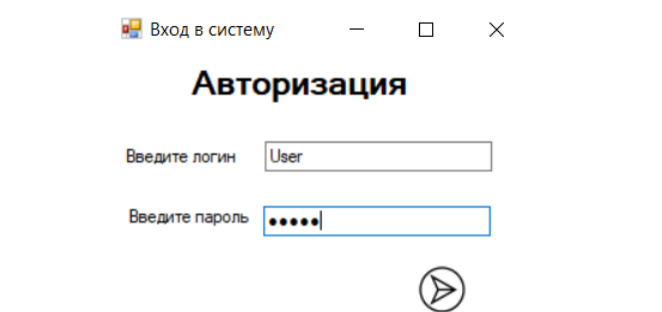


Рис. 4 – Вход в систему

После того как вход в систему выполнен откроется главная форма, показанная на рисунке 5. На главной форме размещена информация по мониторингу контрольных точек электрической сети. Для того чтобы выполнить соединение с контроллером необходимо выбрать порт подключения, и в табличной форме отобразятся данные о мониторинге сети. При успешном соединении с системой мониторинга появится всплывающее окно «Подключение выполнено успешно».

В форме (рис. 5) отображается время мониторинга, ID прибора учета, ID контрольной точки, процент отклонения напряжения, параметры перегрузки линии, уровень колебания напряжений и несимметрии напряжений, импульс напряжений, временное перенапряжение. На форме все данные вносятся автоматически с контроллеров, размещенных у абонентов и на центральных приборах учета.

После того как вход в систему выполнен откроется главная форма, показанная на рисунке 5. На главной форме размещена информация по мониторингу контрольных точек электрической сети. Для того чтобы выполнить соединение с контроллером необходимо выбрать порт подключения, и в табличной форме отобразятся данные о мониторинге сети. При успешном соединении с системой мониторинга появится всплывающее окно «Подключение выполнено успешно».

В форме (рис. 5) отображается время мониторинга, ID прибора учета, ID контрольной точки, процент отклонения напряжения, параметры перегрузки линии, уровень колебания напряжений и несимметрии напряжений, импульс напряжений, временное перенапряжение. На форме все данные вносятся автоматически с контроллеров, размещенных у абонентов и на центральных приборах учета.

С формы «Счёт на оплату» можно распечатать квитанцию об оплате по каждому абоненту. Для этого необходимо выделить строку «ФИО абонента» и нажать на кнопку «Распечатать квитанцию». Квитанция будет автоматически сформирована и выведена на печать. Пример счёта на оплату представлен на рисунке 6.

Счет-Извещение

Электроэнергия за май 2021
Получатель: АО "СКЛТ"
БИК 044525225 ИНН/КПП 5018141474501801001
р/с 40702810940170005351 к/с 30101810400000000225 ПАО СБЕРБАНК РОССИИ Г. МОСКВА

Плательщик: **Захаров В.А** Лицевой счет: **0000000011**
Адрес: **Лучевая 11**

ИТОГО К ОПЛАТЕ:

Тип начислений	Период (показания)		Расход, кВт.ч	Тариф, руб/кВт.ч	Начислено, руб
	Начало	Конец			
Расчет абонента день	52300	52400	100	4,5	450
Расчет абонента ночь					

Оплата производится до 20 числа месяца, следующего за расчетным

Подпись плательщика: _____ Дата: _____

Рис. 6 – Счёт на оплату

На рисунке 7 показана форма «Эталонные показатели», все показатели в данную форму вносятся вручную, но в тоже время из данной формы

берутся показания для расчета нормативов при проведении мониторинга.

Эталонные показатели

⋮ Добавить Удалить Сохранить данные

Тип показателя:

Эталонный показатель:

Отклонение от нормы:

Тип показателя	Эталонный показатель	Отклонение от нормы
Отклонение напряжения	220	10
Перегрузка линии	235	10
Колебания напряжения	22	11
Несимметрия напряжений	14	8
Импульс напряжения	18	20
Временное перенапряжение	18	7

Рисунок 7 – Эталонные показатели

В форму «Пользователи» вносится информация о пользователях системы. В текстовые поля вносятся логин, пароль и указывается уровень доступа к системе. В системе мониторинга предусмотрено несколько пользовательских уровней доступа к данным.

Справочнике «Приборы учёта» хранится информация о серийном номере прибора учета, дате установки и ФИО абонента.

Разработанная система мониторинга позволит повысить качество поставляемой потребителям электроэнергии за счет автоматизации процессов по балансировке электроэнергии, выявлению безучетных очагов потребления и разгрузке электрической сети.

VII. РАСЧЁТ ПОТРЕБЛЕНИЯ МОЩНОСТИ СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Для определения энергоэффективности разработанной системы мониторинга необходимо

Таблица 2 – Максимальная мощность потребления системы мониторинга

Наименование устройства	Максимальное потребление э/э	Ток потребления
Arduino Nano 3.0 с контроллером ATmega328P	0,3 Вт	0,1 А
Контроллер Lan At890	0,1 Вт	0,2 А
GPRS модем серии 9000	0,1 Вт	0,01 А

рассчитать потребление мощности. Под энергоэффективностью понимают полезное потребление мощности электроприборов, в нашем случае датчиков. Система мониторинга будет запитываться от 4 аккумуляторов 18650, через контроллер питания, который распределяет электрические мощности по датчикам и контроллерам системы мониторинга. Каждый из аккумуляторов имеет емкость 2550 мАч, все аккумуляторы соединены между собой последовательно, поэтому их суммарная емкость будет равняться 10200 мАч. Зарядка аккумуляторов осуществляется через зарядное устройство с номинальным током 5 А, это означает что устройство заряжается в течении 50 минут. Для определения мощности потребления построим таблицу с указанием датчиков и их максимального потребления.

Цифровой контроллер напряжения UTL 954H	0,2 Вт	0,01 А
Аналоговый контроллер напряжения ATM 009	0,03 Вт	0,02 А
Контроллер RealTime	0,01 Вт	0,01 А
Контроллер DHL 896+	0,03 Вт	0,01 А
DTL 567	0,01 Вт	0,2 А
Сервопривод	0,02 Вт	0,3 А
Итого:	0,89 Вт	0,86 А

Для расчёта времени автономной работы рассчитаем суммарную мощность, потребляемую устройством для этого, воспользуемся формулой 1.

$$P = U \cdot I = 0,89 \cdot 0,86 = 0,765 \text{ Вт} \quad (1)$$

Для расчета времени автономной работы воспользуемся упрощенной формулой, в которой емкость аккумулятора умножается на напряжение аккумуляторов и делим на постоянную нагрузку. Суммарное напряжение аккумуляторной батареи, состоящей из 4 аккумуляторов 18650, составляет 14,8 В (3,7×4). Таким образом получается:

$$\frac{10200 \cdot 14,8}{0,89} = 1696 \text{ ч.} \quad (2)$$

Из формулы 2 видно, что устройство в автономном режиме может проработать 1696 часов, в переводе на дни составляет приблизительно 71 день или 3 месяца. После достижения максимального разряда аккумулятора (на контроллере заряда задано 10 % от номинальной емкости), начинается автоматическая зарядка системы мониторинга от блока питания. Так как установлен контроллер для быстрой зарядки то максимальную емкость аккумулятор набирает в течении 60 минут потребляя при этом 1 Квт из электрической сети. Такое потребление списывается на потери электроэнергии в внутридомовой сети и никак не сказывается на конечном потребителе.

VIII. ОБ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Информационная безопасность является немаловажным фактором при реализации систем мониторинга качества электрической энергии. Циркулирующие в системе мониторинга данные должны быть надежно защищены от хищения и изменения их сторонним человеком. Так как построенная система мониторинга является распределенной, поэтому вопросы по защите информации являются актуальными. При разработке системы мониторинга на серверах был установлен защищенный модуль управления базой данных, в нем предусмотрено шифрование данных стандартом ИЕК 6500, который подразумевает под собой двойную систему шифрования данных, то есть данные шифруются на каждом из узлов распределенной сети. Для защиты информации также используется система фильтрации входящего и исходящего трафика, через аппаратный брандмауэр, который установлен на промежуточном терминале системы мониторинга. Брандмауэр настроен таким образом, что весь проходящий через него объем информации делится на сегменты, и каждый сегмент сравнивается с заранее заданным эталоном данных (в основном в

системе циркулируют однотипные данные), и если сегмент не соответствует эталону, то он автоматически отправляется на дополнительную проверку.

На каждом из серверов установлено антивирусное программное обеспечение, что позволяет предотвратить попадание вредоносного программного обеспечения в систему мониторинга. Антивирус получает ежедневные обновления безопасности, чтобы своевременно реагировать на новые типы вирусов. Для защиты от внешних шифраций используется программное средство BitMap, оно в соответствии с заданными алгоритмами не пропускает внешние скрипты для шифрования данных. На операционной системе, установленной на сервере, настроены групповые политики безопасности, в них настроены уровни доступа к датчикам и контроллерам системы мониторинга.

При реализации системы мониторинга качества электрической энергии, было определено 3 уровня доступа:

1. Первый уровень, в информационной системе он обозначен как 01, это максимальный уровень доступа, из-под данной учетной записи работает системный администратор, который занимается обслуживанием и настройкой системы мониторинга. Системному администратору доступен весь функционал, от подключения контроллеров, до редактирования базы данных.

2. Второй уровень доступа обозначен как 02, из-под него работает обычный пользователь, который может в системе мониторинга вносить данные о приборах учета, потребителях, получать показания счетчиков и просматривать журнал событий, а также получать уведомления о возможных отклонениях электроэнергии от нормативных показателей.

3. Третий уровень доступа обозначен как 03, пользователь, авторизованный в системе с данным уровнем доступа, может только просматривать информацию без возможности ее редактирования и добавления. Немаловажным ограничением является то, что он не может напрямую подключиться к системе мониторинга или сменить порт подключения.

При разработке системы мониторинга на языке C# была применена защита данных на основании классификации признаков. Все составляющие программного обеспечения (классы, модули, функции, подпрограммы и т.д.) распределены по общему набору признаков. К примеру, добавление, сохранение, удаление данных объединены в один общий признак, автоматический сбор данных также выделен в отдельный признак. Для каждого из

признаков задан способ защиты информации, специфичный именно для данного признака [5, с. 85].

При реализации базы данных была использована система прозрачного шифрования, она подразумевает под собой защищенный канал передачи данных между внутренним сервером и внешним клиентом. Для передачи шифрованных данных используется протокол SSL и TLS. Протоколы генерируют сертификат доступа к данным на конечном и начальном узле доступа. Сертификат импортируется в рабочие станции пользователей, и если при установке соединения сертификат не будет найден, то соединение установлено не будет. Также необходимо отметить, что все данные передаются блоками и при передаче все блоки находятся «вразнобой» это позволяет снизить хищение информации, так блоки данных являются разнородными и содержат разный объем информации. Вся информация хранится в едином конфигурационном файле, который расположен на сервере. Конфигурационный файл также зашифрован внутренними механизмами фильтрации MS SQL Server.

В контроллерах Arduino защита данных осуществляется посредством ISPC модуля. Модуль обеспечивает единое шифрование данных всех используемых элементов сети. Модуль интегрируется в систему мониторинга и позволяет полноценно зашифровать данные передаваемые между устройствами системы. В устройство заложен принцип шифрования, основанный на международном стандарте ISO 8600. Данный стандарт обеспечивает двойной формат шифрования посредством алгоритма AES с 128 битным ключом. Метод основывается на символьных перестановках, при данном шифровании создается два ключа один открытого формата, второй соответственно закрытого. Метод AES является кроссплатформенным и может реализовываться, как в программной, так и в аппаратной части. Данный алгоритм в настоящее время является самым безопасным, так как подбор ключа в большинстве случаев невозможен.

IX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения научной работы была разработана система мониторинга качества электроэнергии. Проведен сравнительный анализ аналогов, в результате которого выяснено, что ни одно существующее решение не является совершенным и требует функциональных доработок. При исследовании типовых архитектур систем мониторинга было определено, что рационально для создаваемой системы мониторинга использовать распределенную архитектуру.

Исследование протоколов передачи данных показало, что для передачи данных в системе мониторинга целесообразно использовать протокол TCP/IP с возможностью передачи данных по GSM каналу. Проведенный анализ по использованию интернета вещей для контроля качества

электроэнергии показал, что данное направление является перспективным и актуальным. В ходе реализации проекта были определены требования, как к технической составляющей системы, так и программной. Для реализации системы была определена платформа Arduino, набор датчиков и контроллеров, программа для управления системой мониторинга написана на языке C#, для интеграции с платформой Arduino была использована специальная библиотека.

При разработке проекта системы мониторинга была реализована распределенная архитектура, которая включает в себя основные и промежуточные узлы системы. Для хранения данных в системе создана база данных, состоящая из семи таблиц. После создания визуальных форм и написания программного кода выполнено описание системы мониторинга, в котором показаны основные принципы работы с системой.

При выполнении анализа информационной безопасности используемых технологий были рассмотрены технологии защиты данных, реализованные в системе, к таким технологиям относятся шифрование данных, использование «безопасного кода», система авторизации и разграничение прав доступа. Также были описаны возможности используемого защитного программирования и определены аномалии, возникающие при работе с системой. В результате проведения тестирования и отладки, проблемы, возникшие при работе системы мониторинга выявлены не были.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Кривоногов, С. В. Модель системы мониторинга для повышения качества энергии в системах электроснабжения потребителей / С. В. Кривоногов, А. А. Романова // International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – Т. 10, № 4. – С. 89-98.
- [2] Марданов Ф. Х. Показатели качества электроэнергии, влияющие на работу электрооборудования города // Проблемы науки. 2018. № 5 (29). С. 100-112.
- [3] Лапина Н. А., Королев М. Е. Проблема мониторинга качества электроэнергии // Проблемы Науки. 2017. №1 (83). С. 36-45.
- [4] Муравлев В. К., Мурзаханова С. Ж. Разработка системы регистрации качества электроэнергии // Естественные и математические науки в современном мире. 2015. №5 (29). С. 95-100.
- [5] Пацей, Н. Е. Проектирование и моделирование работы автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии / Н. Е. Пацей, В. Т. Придухо, В. Б. Попов // . – 2010. – № 4(43). – С. 110-118.
- [6] Казарин, О. В. Надежность и безопасность программного обеспечения : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / О. В. Казарин, И. Б. Шубинский. – М. : Издательство Юрайт, 2020. – 342 с.

Статья получена 17 мая 2023

Кривоногов Сергей Вячеславович, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. (e-mail: ksvkn@mail.ru).

Романова Анна Александровна, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (e-mail: anya-romanova-07@yandex.ru).

Monitoring system for improving the quality of energy in the power supply systems of electricity consumers

S. Krivonogov, A. Romanova

Abstract – The article discusses a system designed to monitor the improvement of energy quality in the power supply systems of electricity consumers.

The purpose of the study is to develop our own system for monitoring the quality of electricity to improve the quality of energy in the power supply systems of electricity consumers, identifying their shortcomings.

Research objectives: to determine the significant parameters of the quality of electrical energy, to conduct a comparative analysis of models of monitoring systems to improve the quality of energy in consumer power supply systems, to develop the architecture of the system, to implement the functionality of the power quality monitoring system, to analyze the security of the information technologies used.

In the work, an analysis of existing analogues was carried out, as a result of the analysis, requirements for the software and hardware complex were developed, which include automatic voltage regulation without operator participation. The proposed software and hardware complex will include an algorithm for efficient power supply to consumers. The software and hardware complex will be developed taking into account factors that allow reducing the cost of purchasing electricity from public networks. When developing the complex, an original structure and a control program for an automated system for controlling the quality of the supplied electricity will be used.

The method of empirical research is used in the work. To develop a list of requirements for the software and hardware complex, a formalization and description technique is used. The substantiation of the various means necessary for the implementation of the project was carried out using a descriptive method.

This article discusses the monitoring system developed on the basis of the model described in the previous article, which provides a justification for the feasibility of project development, showing the main factors influencing the development of the project.

Keywords – automation, monitoring systems, power supply, electricity.

[5] Patsey, N. E. Design and modeling of the operation of automated control systems and electricity metering / N. E. Patsey, V. T. Pridukho, V. B. Popov // . - 2010. - No. 4 (43). - S. 110-118.

[6] Kazarin, O. V., Shubinsky I. B. Reliability and security of software: a textbook for undergraduate and graduate students. - M. : Yurayt Publishing House, 2020. - 342 p.

REFERENCES

- [1] Krivonogov, S. V., Romanova A. A. A monitoring system model for improving the quality of energy in consumer power supply systems.// International Journal of Open Information Technologies - 2022. - T. 10, No. 4. - S. 89-98.
- [2] Mardanov F. Kh. Indicators of the quality of electricity that affect the operation of the city's electrical equipment // Problems of Science. 2018. No. 5 (29). pp. 100-112.
- [3] Lapina N. A., Korolev M. E. The problem of monitoring the quality of electricity // Problems of Science. 2017. No. 1 (83). pp. 36-45.
- [4] Muravlev VK, Murzakhanova S. Zh. Development of a system for recording the quality of electricity // Natural and mathematical sciences in the modern world. 2015. No. 5 (29). pp. 95-100.