

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт. Энергетический факультет
Кафедра Электрические станции, сети и системы электроснабжения
Направление 13.04.02 «Комплексное использование возобновляемых источников
энергии»

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____ Т.И. Колобова
«_____» _____ 2019г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

«ЭССиСЭ»,

д.т.н. профессор

_____ И.М. Кирпичникова
«_____» _____ 2019 г.

Оптимизация систем мониторинга установок на основе
возобновляемых источников энергии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ
«КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ»

ЮУрГУ–13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
д.т.н., профессор

_____ Е.В. Соломин
«_____» _____ 2019 г.

Автор работы,
студент группы П-288

_____ В.Д. Гусев
«_____» _____ 2019 г.

Нормоконтроллер,
Старший преподаватель

_____ Н.Ю. Аверина
«_____» _____ 2019 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
Политехнический институт. Энергетический факультет
Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующая кафедрой

_____ И.М. Кирпичникова

«___» _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента
Гусева Виктора Дмитриевича

Группа П-288

1 Тема работы «Оптимизация систем мониторинга установок на основе
возобновляемых источников энергии

утверждена приказом по университету от 25.04.2019 г. № 899, Приложение № 51

2 Срок сдачи студентом законченной работы 31 мая 2019 г

3 Исходные данные к работе

Специальная и научная литература,
параметры на установки с возобновляемыми источниками энергии ,
документация на оборудование

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы (проекта)	Срок выполнения этапов работы (проекта)	Отметка о выполнении руководителя
1 Анализ энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии	04.03.2019	
2 Разработка системы мониторинга энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии	18.03.2019	
3 Реализация системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии в рамках системы автоматизации здания	01.04.2019	
4 Реализация универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии	15.04.2019	
5 Организационно-экономический раздел	29.04.2019	
6 Безопасность жизнедеятельности	13.05.2019	
7 Оформление пояснительной записки	27.05.2019	

Заведующая кафедрой _____ И.М. Кирпичникова
(подпись) (И.О. Фамилия)

Руководитель работы _____ Е.В. Соломин
(подпись) (И.О. Фамилия)

Студент _____ В.Д. Гусев
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Гусев В.Д. Оптимизация систем мониторинга установок на основе возобновляемых источников энергии – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, Э; 2019, 93 с, 33 ил., 13 табл., библиогр. список – 45 наим.

Объект исследования – энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии.

Предмет исследования – система мониторинга и безопасности энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии.

Цель работы – исследование и разработка различных вариантов системы мониторинга и безопасности для энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии.

В работе выполнен анализ энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии (солнечных электростанций, ветровых электростанций, комбинированных электростанций). Для комбинированных электростанций с возобновляемыми источниками энергии разработана система мониторинга и безопасности. Затем в работе рассмотрены различные варианты реализации системы мониторинга и безопасности, в частности для случая интеграции с системой автоматизации здания и для случая универсальной системы.

Также в работе рассмотрены вопросы экономики, безопасности жизнедеятельности и охраны труда.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ							
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Оптимизация систем мониторинга установок на основе возобновляемых источников энергии</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		
<i>Разраб.</i>	Гусев							<i>В</i>	<i>К</i>	<i>№</i>	3	93
<i>Провер.</i>	Соломин							<i>ЮУрГУ Кафедра ЭССиСЭ</i>				
<i>Реценз.</i>												
<i>Н. Контр.</i>	Аверина											
<i>Утверд.</i>	Кирпичникова											

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИЗ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	9
1.1.1 Резервная солнечная электростанция	9
1.1.2 Автономная солнечная электростанция	10
1.1.3 Гибридная солнечная электростанция.....	12
1.1.4 Сетевая солнечная электростанция.....	13
1.2 Ветровые электростанции.....	15
1.3 Комбинированные энергоустановки.....	17
1.4 Выводы по главе	20
2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	22
2.1 Структурная схема системы мониторинга и безопасности энергоустановки.....	22
2.2 Структурная схема энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии	25
2.3 Разработка алгоритмов системы мониторинга и безопасности ...	27
2.4 Выводы по главе	43
3 РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РАМКАХ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	44
3.1 Анализ системы автоматизации здания.....	44
3.2 Структурная схема системы мониторинга и безопасности.....	46
3.3 Выбор элементной базы системы.....	48
3.3.1 Контроллер	48
3.3.2 Модули расширения	50
3.3.3 Датчики	54

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

3.4 Выводы по главе	56
4 РЕАЛИЗАЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	57
4.1 Структурная схема универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки.....	57
4.2 Выбор элементной базы системы.....	59
4.2.1 Микроконтроллер	59
4.2.2. Интерфейсные модули	63
4.2.3 Датчики	66
4.3 Особенности алгоритмического обеспечения	67
4.4 Выводы по главе	69
5 ОРГАНИЗАЦИОННО - ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	70
5.1 Оценка затрат на реализацию системы мониторинга и безопасности в рамках системы автоматизации здания	70
5.2 Оценка затрат на реализацию универсальной системы мониторинга и безопасности	73
5.3 Выводы по главе	76
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	77
6.1 Безопасность жизнедеятельности и охрана труда при монтаже и использовании солнечных панелей.....	77
6.2 Безопасность жизнедеятельности и меры предосторожности при использовании ветрового генератора	80
6.2.1 Основы безопасности	80
6.2.2 Электробезопасность	82
6.2.3 Механическая безопасность	84
6.2.4 Безопасность при эксплуатации	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	88

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В последние годы заметно увеличение стоимости углеводородных энергоносителей, используемых для генерации электрической энергии на различных тепловых электростанциях. Кроме того, применение углеводородов для генерации электрической энергии негативно сказывается на выбросах в атмосферу углекислого газа и других загрязняющих веществ, опасных для человека и для окружающей среды. В связи с этим активно развивается сфера энергетики на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Это связано с относительной доступностью и отсутствием платы за ветер, солнце и прочие источники возобновляемой энергии. Возобновляемая энергетика применяется как для промышленных предприятий, сельского хозяйства, различных зданий, а также для сферы быта и жилищного строительства.

Традиционно получили заметное распространение, как источники электрической возобновляемой энергии, солнечные электростанции и ветровые электростанции. Масштаб таких электростанций может быть различным – от занимающих огромные площади и обеспечивающие генерацию порядка десятков-сотен мегаватт, до электростанций компактных размеров, для применения в частных домах, дачах, гаражах и т.д.

У электростанций на основе ВИЭ есть серьезный недостаток – относительно высокая стоимость оборудования, что в дальнейшем приводит к высокой стоимости получаемой электроэнергии. Кроме того, выработка электроэнергии на основе ВИЭ имеет нестационарный характер, который зависит от множества внешних и погодных факторов (время года, температура воздуха, интенсивность солнечной инсоляции, скорость ветра, сила ветра, направление ветра и др.). Прогнозирование различных факторов, влияющих на работу электростанций на основе ВИЭ не всегда успешно.

При этом существует опасность выхода из строя дорогостоящего оборудования таких электростанций в случае недопустимых условий

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

эксплуатации, связанных с погодными явлениями, электрическими нагрузками и прочими факторами. Обеспечение безопасной и безаварийной эксплуатации электростанций на основе ВИЭ возможно с применением соответствующих систем мониторинга и безопасности, реализованных на современной элементной базе и учитывающих в алгоритмах возможные режимы функционирования энергетического оборудования.

В связи с вышеперечисленным является актуальным вопрос исследования и разработки оптимизированных систем мониторинга и безопасности энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии.

Объектом исследования в данной работе являются энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии.

Предметом исследования в данной работе является система мониторинга и безопасности энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии.

Цель работы – исследование и разработка различных вариантов системы мониторинга и безопасности для энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии.

Задачи, требующие решения для достижения поставленной цели:

1. Анализ энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии.
2. Разработка системы мониторинга энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии.
3. Реализация системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии в рамках системы автоматизации здания.
4. Реализация универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии.
5. Изучение организационно-экономических вопросов.
6. Изучение вопросов безопасности жизнедеятельности.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ				

Методы исследования заключаются в анализе схемных решений реализации энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии, разработке алгоритмического обеспечения на основе блок-схем.

Базу исследования составляют научные и обзорные публикации в источниках литературы [1-33]. В указанных источниках литературы приведено описание, аналитические обзоры и основные закономерности использования возобновляемых источников энергии. Источники литературы [34-44] использовались для разработки оптимизированных систем мониторинга и безопасности энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии.

Научная новизна данной работы заключается в разработке структурных схем и алгоритмов функционирования системы мониторинга и безопасности для энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии.

Практическая значимость данной работы заключается в возможности применения разработанных структурных схем и алгоритмов обработки информации как для мониторинга энергоустановок различных зданий, оснащенных системой автоматизации, так и для общего случая применения.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 АНАЛИЗ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.

1.1 Солнечные электростанции

1.1.1 Резервная солнечная электростанция

Резервные солнечные электростанции используются только при отключении электричества на время от нескольких часов до 2-3 дней. На время, когда отключили электричество, самые нужные электроприборы (холодильник, освещение и т.п.) подключаются к инвертору, который берет энергию от аккумуляторов и солнечных батарей небольшой мощности (200-300 Вт).

Комплектация и стоимость резервной системы минимальна, но т.к. используется эта система не постоянно, то электроэнергия от нее получается достаточно дорогой. Но резервные системы и не устанавливаются для экономии, т.к. их предназначение совсем другое – обеспечить самые важные электроприборы электричеством, когда оно внезапно исчезло в розетке.

Рассмотрим пример резервной солнечной электростанции SR-800 стоимостью около 65 тыс. рублей. Данная электростанция предназначена для использования в частном доме или в квартире как системы резервного электроснабжения на случай отключения основного электроснабжения длительностью один-два дня.

В состав данной резервной электростанции входит инвертор PS800-24, мощности которого достаточно для работы любого электрооборудования максимальной суммарной мощностью до 800 Вт с пиковой пусковой мощностью до 1,2 кВт[3].

По материалам производителя данной электростанции – два аккумулятора емкостью 55 А · ч и напряжением 12 В способны запасти около 1,3 кВт · ч электроэнергии[3].

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

По сообщениям производителя данной солнечной электростанции, в московском регионе, в период весна-лето, готовое решение SR-800 можно использовать в качестве автономного источника электроэнергии в случае, если планируемый среднесуточный расход не превышает 600 Вт · ч/сутки.

Применение в данной солнечной электростанции двух солнечных панелей и двух аккумуляторов позволяет снизить габариты и массу отдельных элементов резервной системы[3].

1.1.2 Автономная солнечная электростанция

При сроке полной окупаемости оборудования 20 лет, «стоимость электроэнергии» от автономной солнечной электростанции составит от 8 до 20 рублей за кВт · час в зависимости от комплектации системы и региона эксплуатации (если разделить стоимость оборудования на кол-во энергии, которое будет выработано за 20 лет). То есть, при текущей цене электроэнергии 4 руб/кВт · час, речи об экономии также не идет[3].

Этот тип электростанции используется там, где нет подключения к сети и если сравнивать её с бензо- или дизель-генератором, то применение автономной солнечной электростанции выгоднее примерно в 2 раза. Кроме того, она абсолютно бесшумна и не требует постоянного подвоза топлива, заправки и частого техобслуживания.

При этом нужно отметить, что в широтах России зимой получать электроэнергию только от Солнца очень дорого по причине малого количества солнечных дней. Поэтому, при необходимости круглогодичной эксплуатации, система обязательно дополняется бензогенератором, который периодически используется при длительном отсутствии Солнца.

Рассмотрим пример – солнечная автономной электростанция SA-5000M стоимостью около 343 тыс. рублей, которая предназначена для использования в качестве системы автономного электропитания в период весна – начало осени. При дополнительной комплектации генератором

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

возможно использование электростанции в любое время года, в том числе и осенью – зимой, когда количество солнечной энергии уменьшается.

Мощности инвертора достаточно для длительной работы любого электрооборудования максимальной суммарной мощностью до 5 кВт с пиковой пусковой мощностью до 9 кВт. При необходимости увеличить мощность, нужно заменить инвертор на более мощный (вплоть до 15 кВт) или добавить еще один инвертор.

Шесть солнечных батарей суммарной мощностью 1,5 кВт будут выдавать в солнечную погоду в Московской области около 9 кВт · час электроэнергии в сутки. Т.к. весной и летом в Московском регионе в среднем около 20 солнечных дней в месяц, то в течение месяца среднесуточное поступление энергии от батарей составит около 5 кВт · час в сутки.

Контроллер заряда позволяет расширить систему путем установки дополнительных солнечных панелей с суммарной мощностью вплоть до 3 кВт, что увеличит среднесуточную выработку электроэнергии до 10 кВт · ч/сутки.

Используемые в составе этого готового решения 4 гелевых аккумуляторов емкостью 200 А · ч и напряжением 12 В, способны запасти около 10 кВт · час электрической энергии, которой хватит на 2 суток автономной работы при пасмурной погоде. При необходимости увеличения времени автономной работы до 4 суток, можно добавить в систему еще 4 АКБ.

Приведенные выше параметры указаны с учетом эксплуатации электростанции в период весна-лето. Поэтому нужно понимать, что при эксплуатации системы осенью-зимой или при расходе электроэнергии больше 5 кВт · час в сутки, будет необходимо периодически проводить подзарядку аккумуляторов от сети, либо от генератора при помощи зарядного устройства, которым оснащен инвертор.

					<i>13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

При поставке данной солнечной электростанции инвертор и контроллер возможно запрограммировать на один из двух вариантов работы:

1. Автономная работа без подключения к сети (вход инвертора настраивается на подключение генератора).
2. Работа с постоянным подключением к сети 220 В. В этом случае, при наличии энергии от солнечных батарей будет использоваться в первую очередь энергия Солнца, а при недостатке солнечной энергии – будет использоваться электроэнергия из сети. В случае отключения сети, ночью будет использоваться энергия из аккумуляторов, а днем – из аккумуляторов и солнечная энергия.

Готовый комплект SA-5000M собирается на российском оборудовании МАП Энергия (около 343 тыс. рублей). В продаже также есть аналогичный по параметрам комплект SA-3300 на основе американского оборудования Outback (около 503 тыс. рублей)[3].

Дополнительно возможна комплектация программно-аппаратным комплексом «ПАК Малина» (для наблюдения за параметрами и управления электростанцией по локальной сети и через интернет), монтажным комплектом для солнечных панелей, стеллажом для АКБ и инвертора и прочим[3].

1.1.3 Гибридная солнечная электростанция

Гибридная солнечная электростанция – это та же автономная, но с постоянным подключением к сети 220 Вольт.

Гибридная электростанция работает следующим образом: при наличии энергии от солнечных батарей, эта энергия используется в первую очередь, а при ее недостатке используется сеть. При такой работе, аккумуляторы, входящие в состав оборудования, используются не постоянно, что

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

значительно увеличивает их срок службы по сравнению с автономной системой, в которой их нужно будет менять один раз в 3-5 лет.

При сроке полной окупаемости оборудования 20 лет, «стоимость электроэнергии» от гибридной солнечной электростанции составит от 6 до 15 рублей за кВт·час в зависимости от комплектации системы и региона эксплуатации. То есть, при постоянном росте тарифов, уже очень скоро в регионах с большим количеством солнечных дней будет выгодно применять данный тип электростанций.

Опыт эксплуатации показывает, что, используя гибридную электростанцию, потребитель не только сэкономит в будущем на оплате электроэнергии, но и при отключении света (сети), не останется без электричества[3].

1.1.4 Сетевая солнечная электростанция

При сроке полной окупаемости оборудования 20 лет, «стоимость электроэнергии» от сетевой солнечной электростанции составит от 4 до 8 рублей за кВт·час в зависимости от комплектации системы и региона эксплуатации. То есть, при текущей цене электроэнергии 4 руб/кВт·час и при введении повышенных тарифов за электроэнергию сверх социальной нормы, потребитель начнет экономить при оплате электроэнергии фактически уже сразу после запуска электростанции.

Сетевая солнечная электростанция состоит всего из двух основных компонентов: сетевой инвертор и панели необходимой мощности (обычно от 500 Вт до 5 кВт).

Особенностью этого типа является то, что для работы обязательно необходимо наличие сетевого электричества, а также то, что электроэнергия

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

вырабатывается только в светлое время суток. При отключении электричества, сетевой инвертор также отключается, т.е. невозможно использовать энергию от солнечных батарей в случае, если отключено электричество извне.

Этот тип электростанции не обеспечивает резерв и применяется только для экономии на оплате электроэнергии или для получения дополнительной мощности при подключении к сети с ограничением по мощности.

Все промышленные солнечные электростанции являются сетевыми.

В качестве примера рассмотрим сетевую солнечную электростанцию SX-1500 стоимостью около 112 тыс. рублей, которая может использоваться для снижения счетов за оплату электричества[3].

Годовая выработка электроэнергии этой солнечной электростанции в средней полосе России составит около 1000 кВт·час (т.е. в среднем около 80 кВт·час/месяц). При добавлении к комплекту еще 2-х солнечных панелей по 250 Вт, годовая выработка электроэнергии увеличится до 1500 кВт/час.

При этом нужно понимать, что распределение выработки электроэнергии по месяцам будет неравномерное и максимальная выработка будет в летние месяцы (вплоть до 150 – 230 кВт/час в месяц в зависимости от количества солнечных панелей). Кроме того, вся энергия от солнечных батарей, неиспользованная своими потребителями, будет уходить в общую электрическую сеть.

Сетевая электростанция состоит всего из двух основных компонентов (инвертор ENE-N1K5TL и солнечные панели общей мощностью 1 кВт) и проста в установке.

					<i>13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						14
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Сетевой инвертор мощностью 1,5 кВт ЕНЕ-N1K5TL предназначен для прямого преобразования солнечной энергии от солнечных панелей в переменный ток частотой 50 Гц и напряжением 220 В . Сетевой фотоэлектрический инвертор вырабатывает электроэнергию только днем, поскольку в нем не предусмотрено подключение аккумуляторов. Инвертор подключается параллельно существующей сети 220 В и вырабатываемая им энергия подмешивается к существующей сети и используется в первую очередь. Если солнечной энергии не достаточно, то совместно с ней используется электричество из обычной сети.

При пропадании напряжения 220 В в сети, сетевой инвертор выключается, поскольку для его работы обязательным условием является наличие сетевого источника напряжения 220 В.

Если потребителю необходима сетевая электростанция большей мощности или трехфазная сетевая электростанция, то в составе этого готового решения просто нужно заменить сетевой инвертор на модель с необходимой мощностью и добавить нужное количество солнечных панелей [3].

1.2 Ветряные электростанции

Для целей независимого электроснабжения частных домохозяйств, небольших хозяйств, в регионах с преобладанием сильных ветров достаточно часто могут применяться ветровые электростанции (ВЭС) с установленной мощностью до 60 кВт.

На рисунке 1.1 показан общий вид такой ветровой электростанции.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

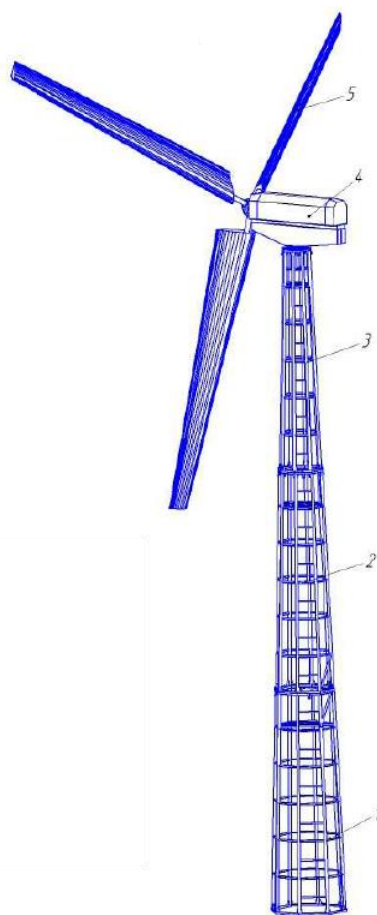


Рисунок 1.1 – Общий вид ветровой электростанции

На рисунке 1.1 обозначены следующие позиции:

- 1 – нижняя ступень мачты;
- 2 – средняя ступень мачты;
- 3 – верхняя ступень мачты;
- 4 – гондола;
- 5 – лопасть.

Внутри гондолы располагаются узлы генератора, показанные на рисунке 1.2.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

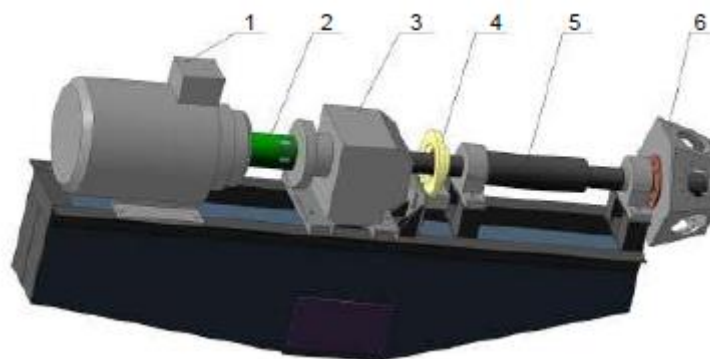


Рисунок 1.2 – Основные узлы генератора ветровой электростанции

На рисунке 1.2 цифрами обозначены следующие позиции:

- 1 – генератор;
- 2 – муфта;
- 3 – мультипликатор;
- 4 – тормозная система;
- 5 – вал ротора;
- 6 – ротор.

Узлы, показанные на рисунке 1.2 преобразуют механическую энергию ветра в электрическую энергию постоянного тока, которую можно получить на зажимах генератора.

Дальнейшее преобразование полученной электроэнергии потребует применения инвертора, возможно аккумуляторных батарей, аналогично как и для солнечных электростанций.

1.3 Комбинированные энергоустановки

Применение рассмотренных выше солнечных и ветровых электростанций ограничено не только их относительно высокой стоимостью, но и нестабильным графиком генерации, который зависит от множества внешних и погодных условий. При этом одним из вариантов расширения применения электростанций на основе ВИЭ является применение комбинированных электростанций, которые содержат в своем составе, как

элементы генерации электроэнергии от солнца, так и элементы генерации электроэнергии от ветра.

С начала 2000-х годов в научных и технических публикациях появились термины «умная энергетика», «умная сеть», «интеллектуальная сеть», «смарт грид» и другие, которые подразумевают под собой интеллектуальные системы электроснабжения на основе различных источников электроэнергии, в том числе и на основе возобновляемых источников электроэнергии.

Одним из вариантов реализации комбинированных энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии для использования в жилищной сфере является система, показанная на рис. 1.3. В данном случае кроме электроснабжения от электросети общего пользования, возможно использование как ветровой энергии, так и солнечной энергии. Это решение позволит повысить надежность электроснабжения, снизить зависимость от электроэнергии из электросети общего пользования.

Для такой энергоустановки важно применение системы управления энергопотреблением HEMS (Home Energy Management System), иначе все положительные стороны применения ВИЭ будут малозаметны.

					<i>13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						18
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ

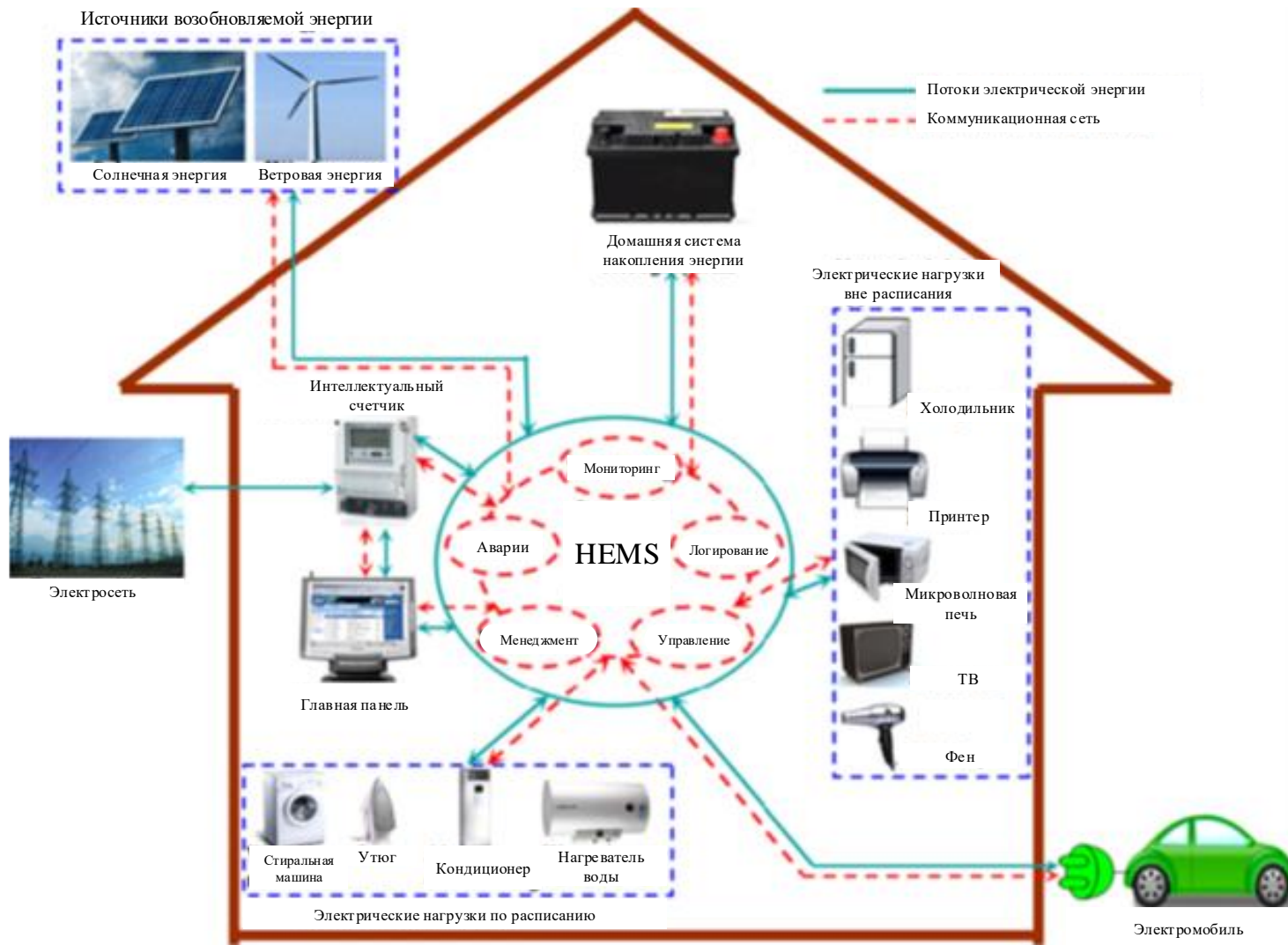


Рисунок 1.3 – Обобщенная архитектура типичной системы управления домашним энергопотреблением на основе ВИЭ

В состав HEMS входят следующие основные компоненты:

- централизованная электросеть;
- источники возобновляемой энергии;
- накопители электрической энергии;
- электрические нагрузки, работающие по расписанию (стиральная машина, утюг, кондиционер, нагреватель воды);
- электрические нагрузки, работающие вне расписания (холодильник, принтер, микроволновая печь, телевизор, фен);
- электромобиль.

В соответствии с данной схемой архитектуры HEMS (рис. 1.3) основной функционал системы заключается в следующих действиях для элементов домашней энергосистемы – мониторинг, логирование, управление, менеджмент, управление авариями.

Особенность системы HEMS заключается в максимально возможном использовании энергии, полученной от возобновляемых источников, для питания всех потребителей в доме, минимально потребляя энергию из централизованной электросети.

Алгоритмы управления HEMS содержат в себе последовательность действий, направленных на управление процессом накопления энергии, генерируемой возобновляемыми источниками, а также на управление электрическими нагрузками, которые могут работать по расписанию.

1.4 Выводы по главе

В данной главе выполнен анализ энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии. Для этого рассмотрены солнечные электростанции, ветровые электростанции, а также комбинированные электростанции для применения в жилищной сфере.

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ				

Достоинствами электростанций на основе возобновляемых источников энергии являются:

- независимость потребителей от сетей электроснабжения общего пользования;
- бесплатные источники электроэнергии;
- отсутствие загрязнений окружающей среды при генерации электроэнергии.

Недостатками электростанций на основе возобновляемых источников энергии являются:

- высокие затраты на приобретение электростанции;
- нестабильный график генерации;
- зависимость графика генерации от множества условий (время года, время суток, солнечное освещение, сила и скорость ветра и др.).

Для обеспечения эффективной и безаварийной эксплуатации энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии необходимо применять систему мониторинга и безопасности. Данная система обеспечит информирование пользователя о текущей ситуации, а также о критических ситуациях в энергоустановке.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

2.1 Структурная схема системы мониторинга и безопасности энергоустановки

На рисунке 2.1 показана обобщенная структурная схема универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии. На данной схеме показаны в виде блоков следующие внутренние компоненты системы:

- подсистема солнечной генерации;
- подсистема ветровой генерации;
- подсистема накопления и преобразования электрической энергии;
- электрическая сеть;
- подсистема потребителей электроэнергии;
- информационно-коммуникационная подсистема.

Внешние условия и воздействия, оказывающие влияние на работу данной системы, показаны на данной схеме в виде блоков:

- солнечное излучение;
- ветер;
- электрическая сеть;
- пользователь системы.

Между элементами системы мониторинга и безопасности, а также внешними условиями присутствуют следующие связи, показанные на рисунке 2.2 цифрами:

- 1 – энергетический поток: воздействие солнечного излучения на подсистему солнечной генерации (солнечная инсоляция);
- 2 – энергетический поток: воздействие ветра на подсистему ветровой генерации;

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 3 – энергетический поток: электроэнергия, передаваемая от подсистемы солнечной генерации в подсистему накопления и преобразования электрической энергии;
- 4 – информационный поток: обмен информацией между подсистемой солнечной генерации и информационно-коммуникационной подсистемой;
- 5 – энергетический поток: электроэнергия, передаваемая от подсистемы ветровой генерации в подсистему накопления и преобразования электрической энергии;
- 6 – информационный поток: обмен информацией между подсистемой ветровой генерации и информационно-коммуникационной подсистемой;
- 7 – энергетический поток: воздействие электрической сети на подсистему солнечной генерации, которое может потребоваться, например, в ночные часы, в неблагоприятном случае отсутствия энергии в аккумуляторной батарее и отсутствии солнечной генерации;
- 8 – информационный поток: обмен информацией между электрической сетью и информационно-коммуникационной подсистемой;
- 9 – энергетический поток: электроэнергия, передаваемая от подсистемы накопления и преобразования электрической энергии в подсистему потребителей электроэнергии;
- 10 – информационный поток: обмен информацией между подсистемой потребителей электроэнергии и информационно-коммуникационной подсистемой;
- 11 – информационный поток: обмен информацией между информационно-коммуникационной подсистемой и пользователем системы.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

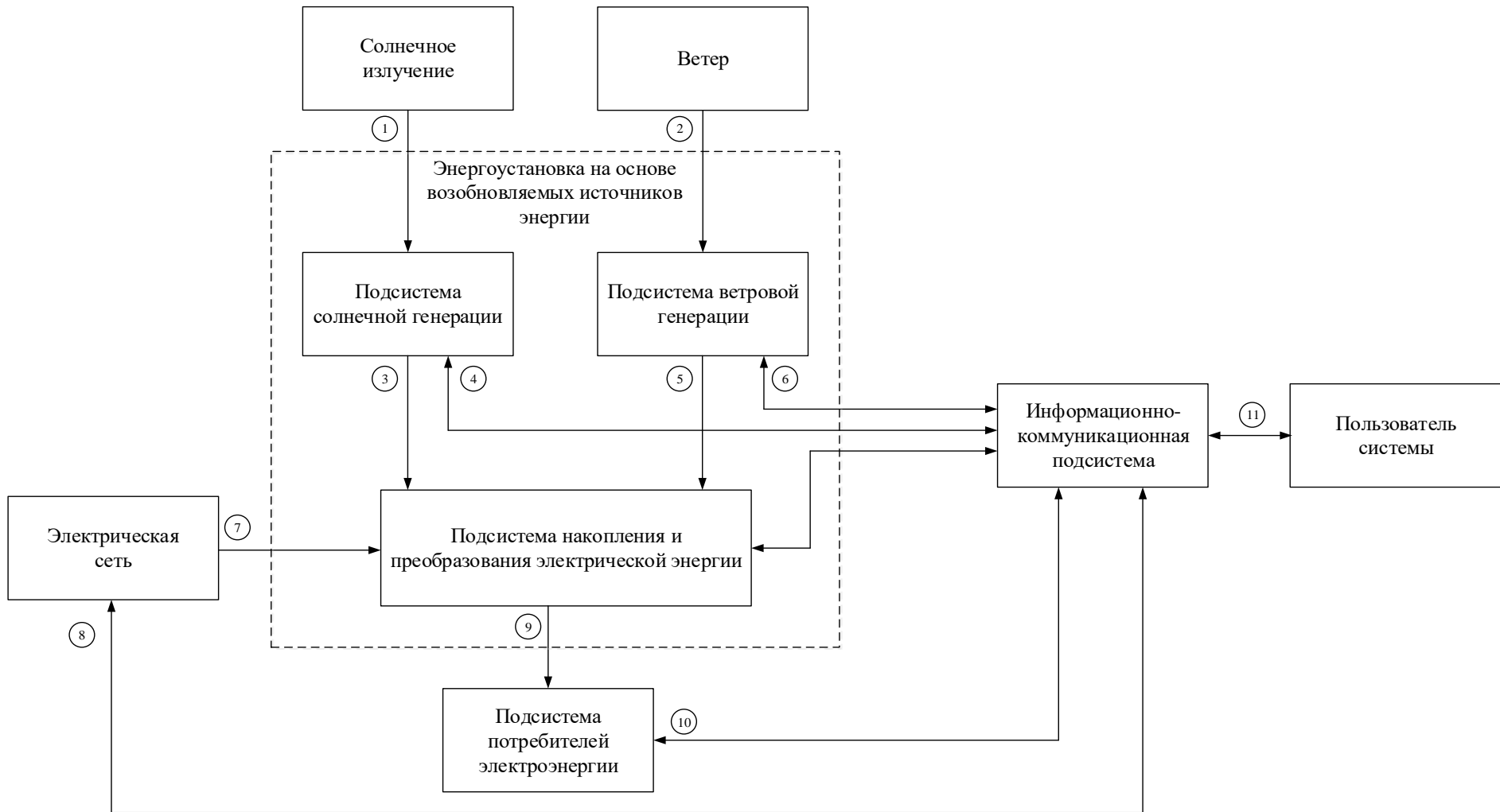


Рисунок 2.1 – Структурная схема системы мониторинга и безопасности энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии

2.2 Структурная схема энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии

На рисунке 2.2 показана структурная схема энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии, которая интегрируется в систему мониторинга и безопасности. В составе системы:

- ветрогенератор;
- солнечные панели;
- инвертор;
- зарядное устройство;
- аккумуляторная батарея;
- контроллер заряда;
- датчики тока и напряжения (ДТН), передающие информацию в информационно-коммуникационную подсистему о текущих значениях тока и напряжения в месте установки;
- датчики температуры (ДТ), передающие информацию в информационно-коммуникационную подсистему о текущих значениях температуры в месте установки;
- датчик скорости (ДС), передающие информацию в информационно-коммуникационную подсистему о текущих значениях скорости в месте установки.

На данной структурной схеме показаны подключения датчиков ДТН в следующих характерных точках энергоустановки:

- ДТН1 – датчик тока и напряжения в выходной цепи ветрогенератора;
- ДТН2 – датчик тока и напряжения в цепи солнечных панелей;
- ДТН3 – датчик тока и напряжения в линии подключения к электросети;
- ДТН4 – датчик тока и напряжения на выходе инвертора для питания потребителей электроэнергии;

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ

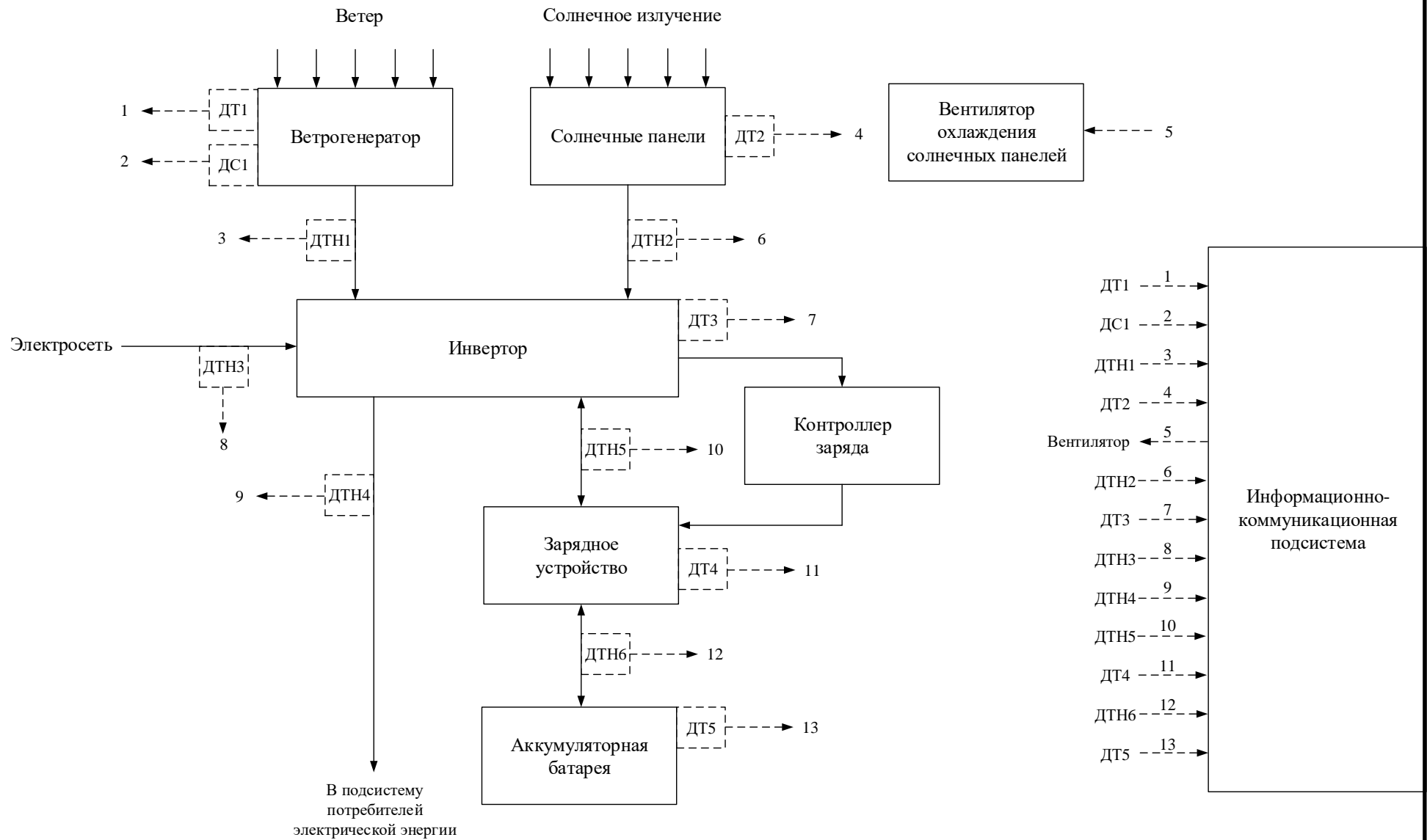


Рисунок 2.2 – Структурная схема энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии

- ДТН5 – датчик тока и напряжения между инвертором и зарядным устройством аккумуляторной батареи;
- ДТН6 – датчик тока и напряжения между зарядным устройством и аккумуляторной батареей.

На данной структурной схеме показаны подключения датчиков ДТ в следующих характерных точках энергоустановки:

- ДТ1 – датчик температуры ветрогенератора;
- ДТ2 – датчик температуры солнечных панелей;
- ДТ3 – датчик температуры инвертора;
- ДТ4 – датчик температуры зарядного устройства;
- ДТ5 – датчик температуры аккумуляторной батареи.

Для измерения скорости ветрогенератора применяется датчик скорости ДС1.

Для охлаждения пространства между поверхностью солнечных панелей и поверхностью их установки применяется вентилятор, который включается в случае превышения критической температуры солнечными панелями.

2.3 Разработка алгоритмов системы мониторинга и безопасности

Выполним разработку алгоритмов системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе ВИЭ.

При разработке алгоритмов принимаем следующие начальные условия:

- номинальное напряжение на выходе солнечных панелей – 48 В постоянного напряжения;
- номинальное напряжение на выходе ветрогенератора – 48 В постоянного напряжения;
- номинальное напряжение аккумуляторной батареи – 24 В постоянного напряжения.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На рисунке 2.3 показана блок-схема обработки информации в системе мониторинга и безопасности. В алгоритме выполняются следующие действия в виде отдельных вложенных процедур (подпрограмм):

- получение информации от датчиков тока, напряжения, температуры и скорости (блок 1);
- обработка информации от датчика тока и напряжения ДТН1, установленного в выходной цепи ветрогенератора (блок 2);
- обработка информации от датчика тока и напряжения ДТН2, установленного в выходной цепи солнечных панелей (блок 3);
- обработка информации от датчика тока и напряжения ДТН3, установленного в линии подключения к электросети (блок 4);
- обработка информации от датчика тока и напряжения ДТН4, установленного в линии питания потребителей (блок 5);
- обработка информации от датчика тока и напряжения ДТН5, установленного на выходе инвертора для заряда аккумуляторной батареи (блок 6);
- обработка информации от датчика тока и напряжения ДТН6, установленного между зарядным устройством и аккумуляторной батареей (блок 7);
- обработка информации от датчика температуры ДТ1, установленного внутри ветрогенератора(блок 8);
- обработка информации от датчика температуры ДТ2, установленного внутри солнечных панелей(блок 9);
- обработка информации от датчика температуры ДТ3, установленного внутри инвертора(блок 10);
- обработка информации от датчика температуры ДТ4, установленного внутри зарядного устройства(блок 11);
- обработка информации от датчика температуры ДТ5, установленного внутри аккумуляторной батареи (блок 12);

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

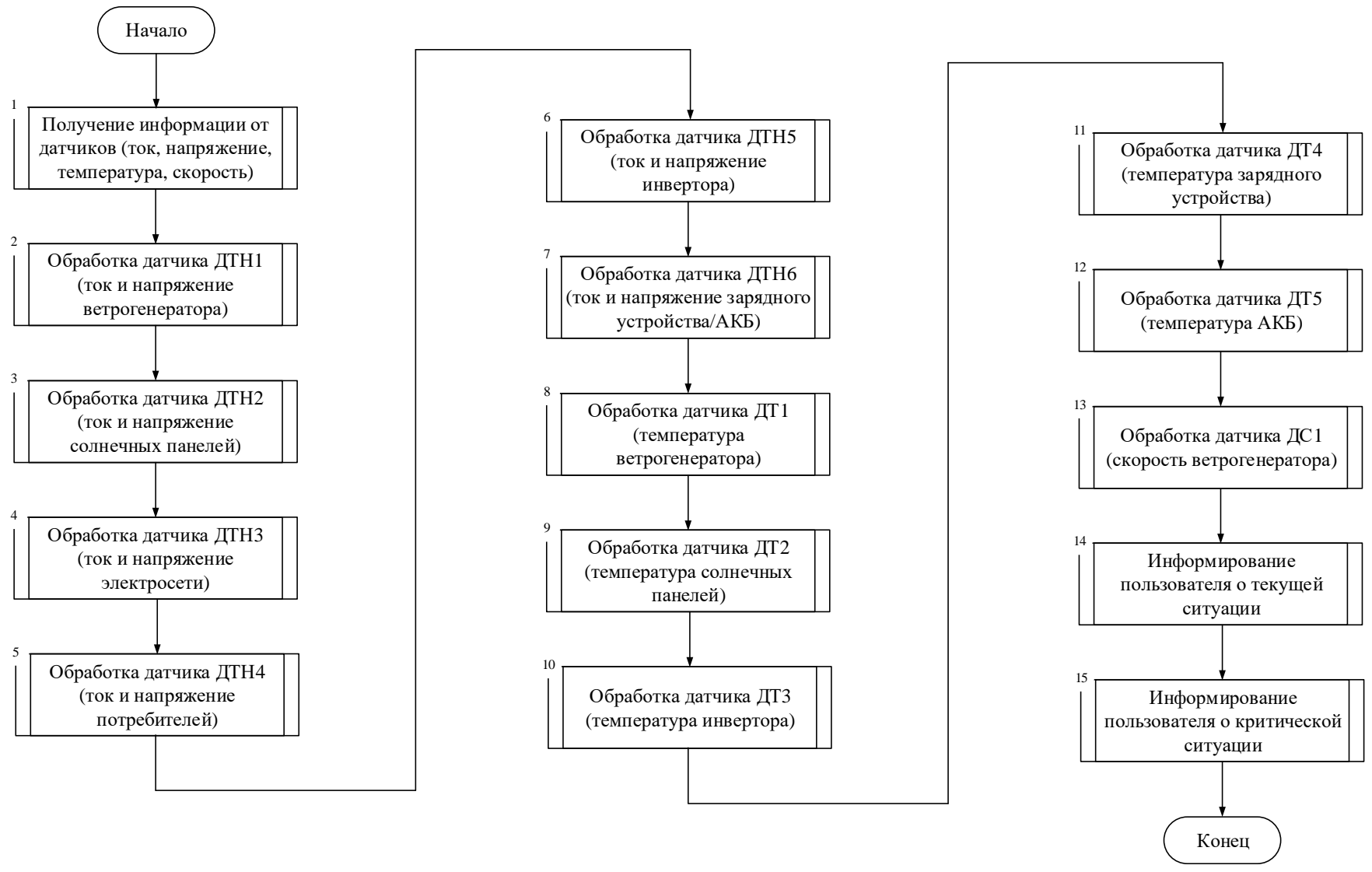


Рисунок 2.3 – Блок-схема алгоритма главной программы

- обработка информации от датчика скорости ДС1, установленного на валу ветрогенератора (блок 13);
- формирование и передача информации для пользователя о текущей ситуации в системе (блок 14);
- формирование и передача информации для пользователя о критической ситуации в системе (блок 15).

На рисунке 2.4 показана блок-схема алгоритма обработки датчика ДТН1, который подключен в цепи ветрогенератора.

При напряжении на датчике ДТН1, близком к нулю (блок 1) можно считать, что ветрогенератор не вырабатывает электроэнергию. В этом случае информационно-коммуникационная подсистема сформирует сообщение «Ветровая генерация отсутствует» (блок 2).

Если напряжение на датчике ДТН1 менее 20В (блок 3), то считаем, что в этом случае ветровая генерация недостаточна, о чем будет сформировано соответствующее сообщение – «Ветровая генерация недостаточна (<50%)» (блок 4).

Если напряжение на датчике ДТН1 более 20В, но менее 24В (блок 5), то считаем, что ветровая генерация недостаточна, о чем будет сформировано соответствующее сообщение – «Ветровая генерация недостаточна (<70%)» (блок 6).

Если напряжение на датчике ДТН1 более 24В, но менее 45В (блок 7), то считаем, что в этом случае ветровая генерация достаточна, о чем будет сформировано соответствующее сообщение – «Ветровая генерация достаточна (>70%)» (блок 8).

Если напряжение на датчике ДТН1 более 45В (блок 7), то считаем, что в этом случае ветровой генератор работает в режиме холостого хода, о чем будет сформировано соответствующее сообщение – «Ветровой генератор в режиме холостого хода» (блок 9).

Аналогичным образом выполняется алгоритм обработки датчика ДТН2, который подключен в цепи солнечных панелей (рис. 2.5).

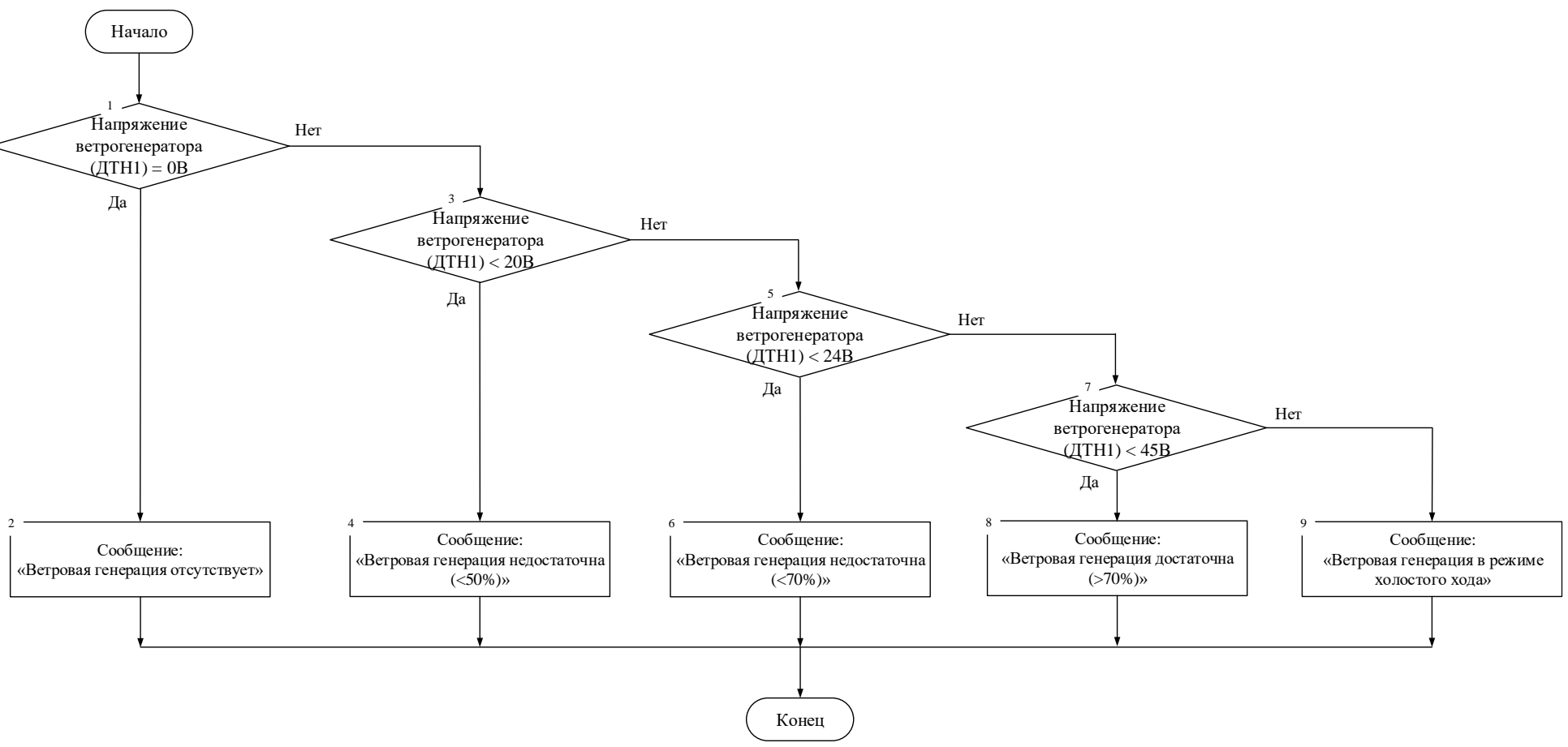


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритма обработки информации датчика ДТН1

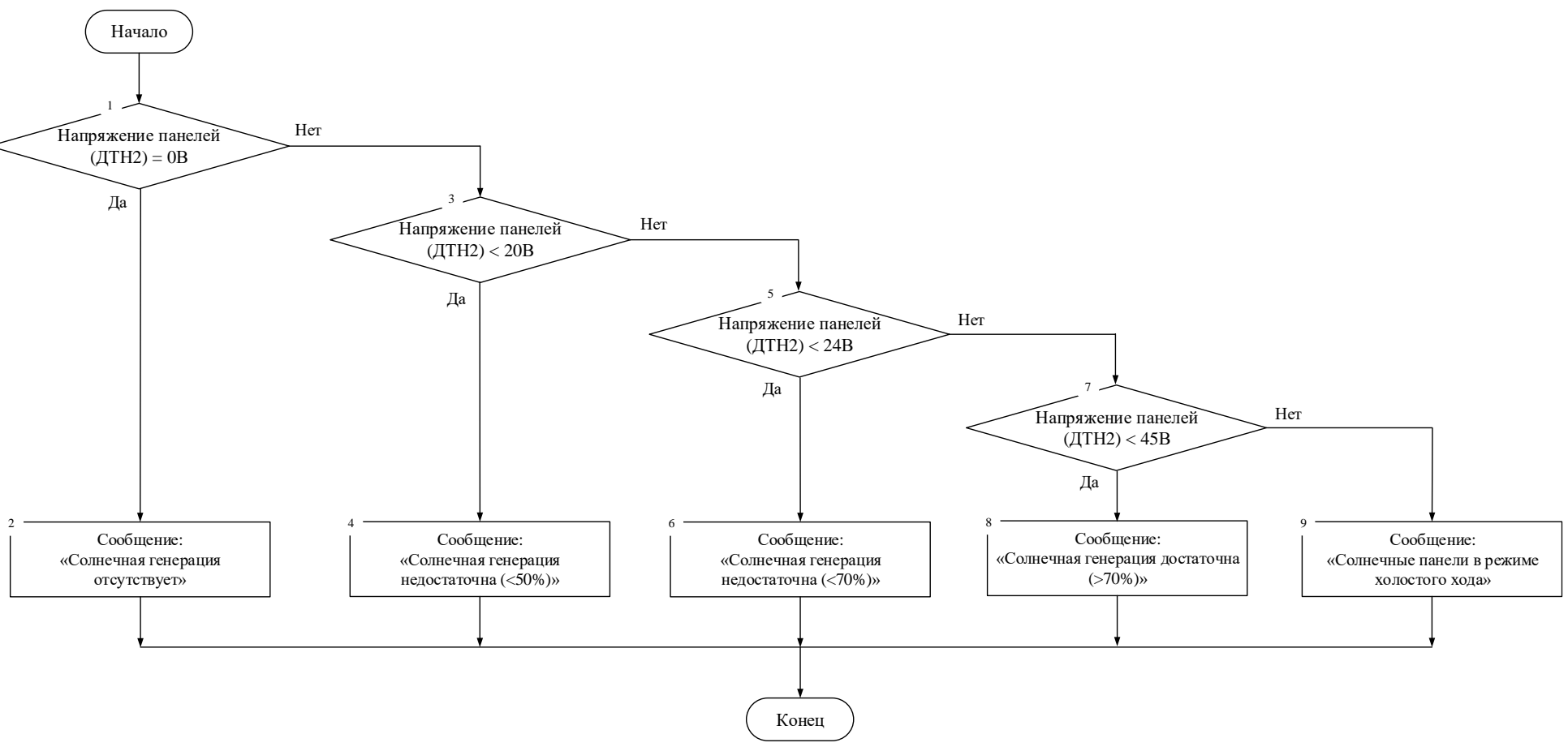


Рисунок 2.5 – Блок-схема алгоритма обработки информации датчика ДТН2

При напряжении на датчике ДТН2, близком к нулю (блок 1) можно считать, что солнечные панели не генерируют электроэнергию. В этом случае информационно-коммуникационная подсистема сформирует сообщение «Солнечная генерация отсутствует» (блок 2).

Если напряжение на датчике ДТН2 менее 20В (блок 3), то считаем, что в этом случае солнечная генерация недостаточна, о чем будет сформировано соответствующее сообщение – «Солнечная генерация недостаточна (<50%)» (блок 4).

Если напряжение на датчике ДТН2 более 20В, но менее 24В (блок 5), то считаем, что солнечная генерация недостаточна, о чем будет сформировано соответствующее сообщение – «Солнечная генерация недостаточна (<70%)» (блок 6).

Если напряжение на датчике ДТН2 более 24В, но менее 45В (блок 7), то считаем, что в этом случае солнечная генерация достаточна, о чем будет сформировано соответствующее сообщение – «Солнечная генерация достаточна (>70%)» (блок 8).

Если напряжение на датчике ДТН2 более 45В (блок 7), то считаем, что в этом случае солнечные панели работают в режиме холостого хода, о чем будет сформировано соответствующее сообщение – «Солнечные панели в режиме холостого хода» (блок 9).

На рисунке 2.6 и рисунке 2.7 показана блок-схема алгоритма обработки датчика ДТН3, установленного в цепи электросети.

Если напряжение на датчике ДТН3 близко к нулю (блок 1), то это значит, что отсутствует напряжение в сети, о чем микроконтроллер сформирует сообщение «Напряжение сети отсутствует» (блок 2).

Если напряжение на датчике ДТН3 менее 200В (блок 3), то в этом случае микроконтроллер сформирует сообщение «Низкое напряжение сети» (блок 4).

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ

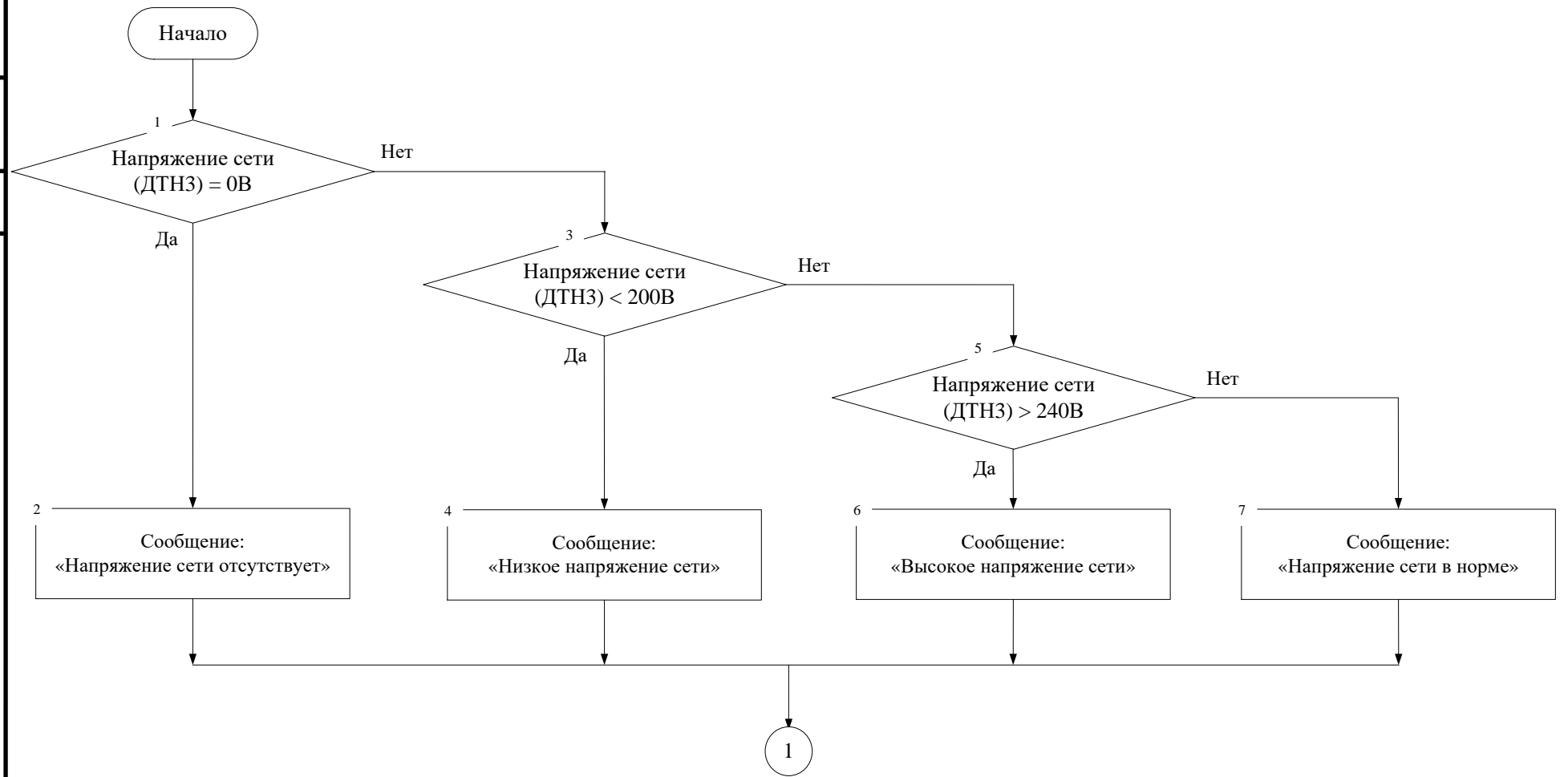


Рисунок 2.6 – Блок-схема алгоритма обработки датчика ДТНЗ (начало)

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ

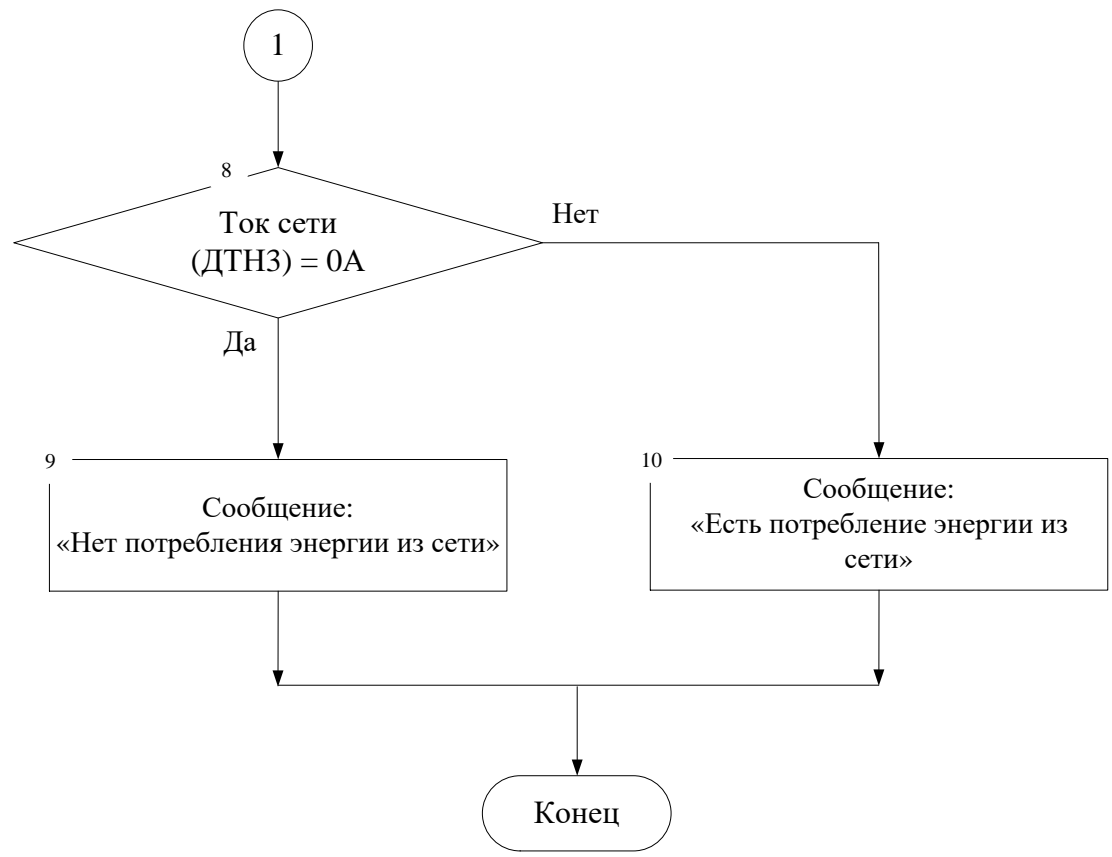


Рисунок 2.7 – Блок-схема алгоритма обработки датчика ДТНЗ (конец)

Если напряжение на датчике ДТНЗ более 240В (блок 5), то в этом случае микроконтроллер сформирует сообщение «Высокое напряжение сети» (блок 6).

Если напряжение на датчике ДТНЗ более 200В и менее 240В (блок 5), то в этом случае микроконтроллер сформирует сообщение «Напряжение сети в норме» (блок 7).

Также в данном алгоритме выполняется проверка тока датчика ДТНЗ. В случае, если данный ток 0А (блок 8), то микроконтроллер формирует сообщение «Нет потребления энергии из сети». В том случае, если данный ток отличен от нуля (блок 8), то микроконтроллер формирует сообщение «Есть потребление энергии из сети».

Алгоритм обработки информации датчика на линии питания потребителей ДТН4 имеет вид, показанный на рисунке 2.8. Если напряжение на датчике ДТН4 менее 200В (блок 3), то это свидетельствует о низком напряжении в системе потребителей. В этом случае система мониторинга формирует соответствующее информационное сообщение «Низкое напряжение подсистемы освещения» (блок 4).

Если напряжение на датчике ДТН4 более 200В (блок 3), то это свидетельствует о нормальном значении напряжении в системе потребителей. В этом случае система сформирует соответствующее информационное сообщение «Напряжение потребителей в норме» (блок 5).

При этом считаем, что инвертор, не вырабатывает повышенное напряжение, поэтому данное информационное сообщение не учтено в алгоритме системы.

На рисунке 2.9 и рисунке 2.10 показана блок-схема алгоритма обработки датчика ДТН6, установленного в цепи аккумуляторной батареи.

Если напряжение на датчике ДТН6 близко к нулю (блок 1), то это значит, что отсутствует или неисправна АКБ, о чем микроконтроллер сформирует сообщение «АКБ отсутствует или полная неисправность АКБ» (блок 2).

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

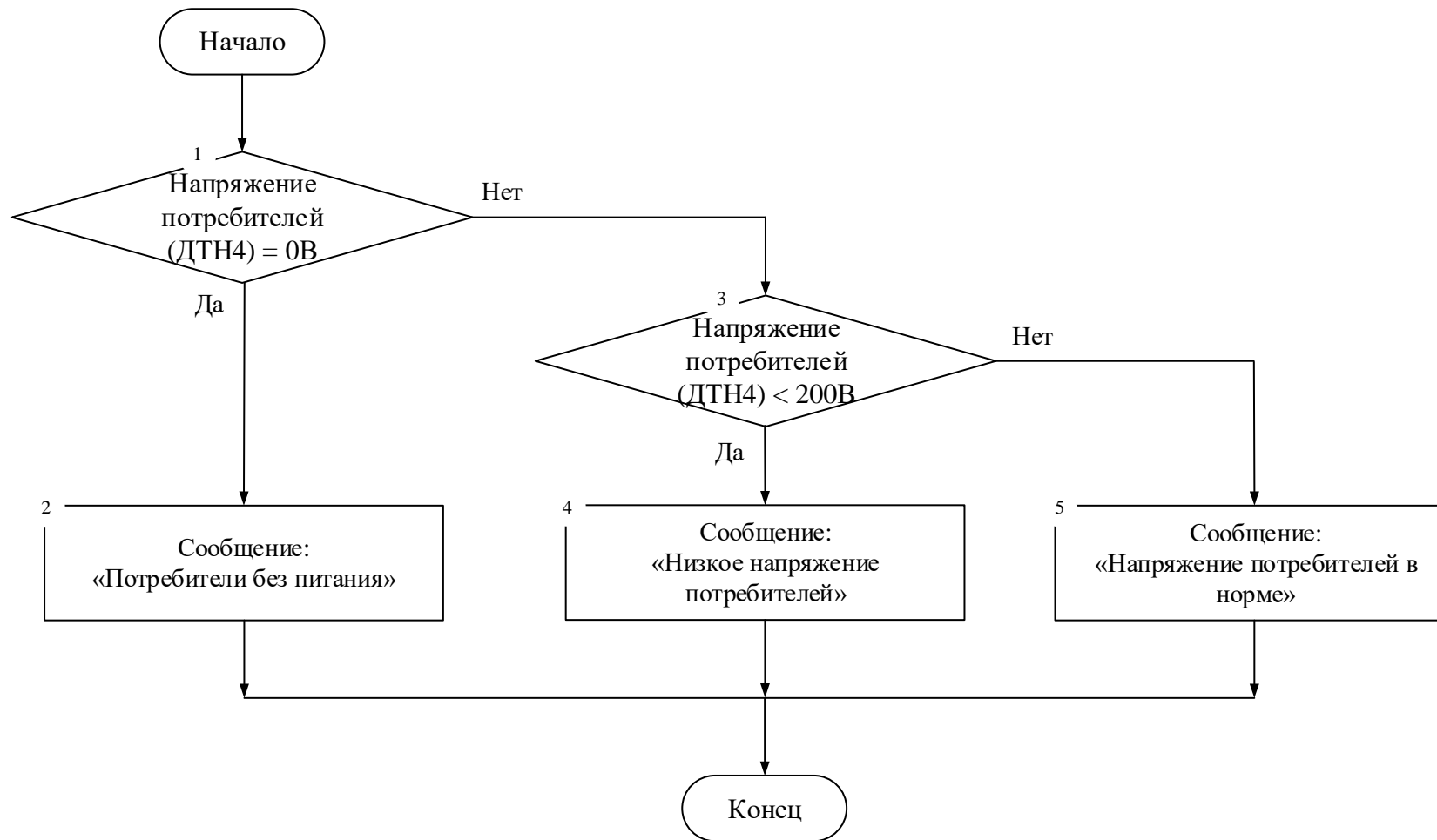


Рисунок 2.8 – Блок-схема алгоритма обработки информации датчика ДТН4

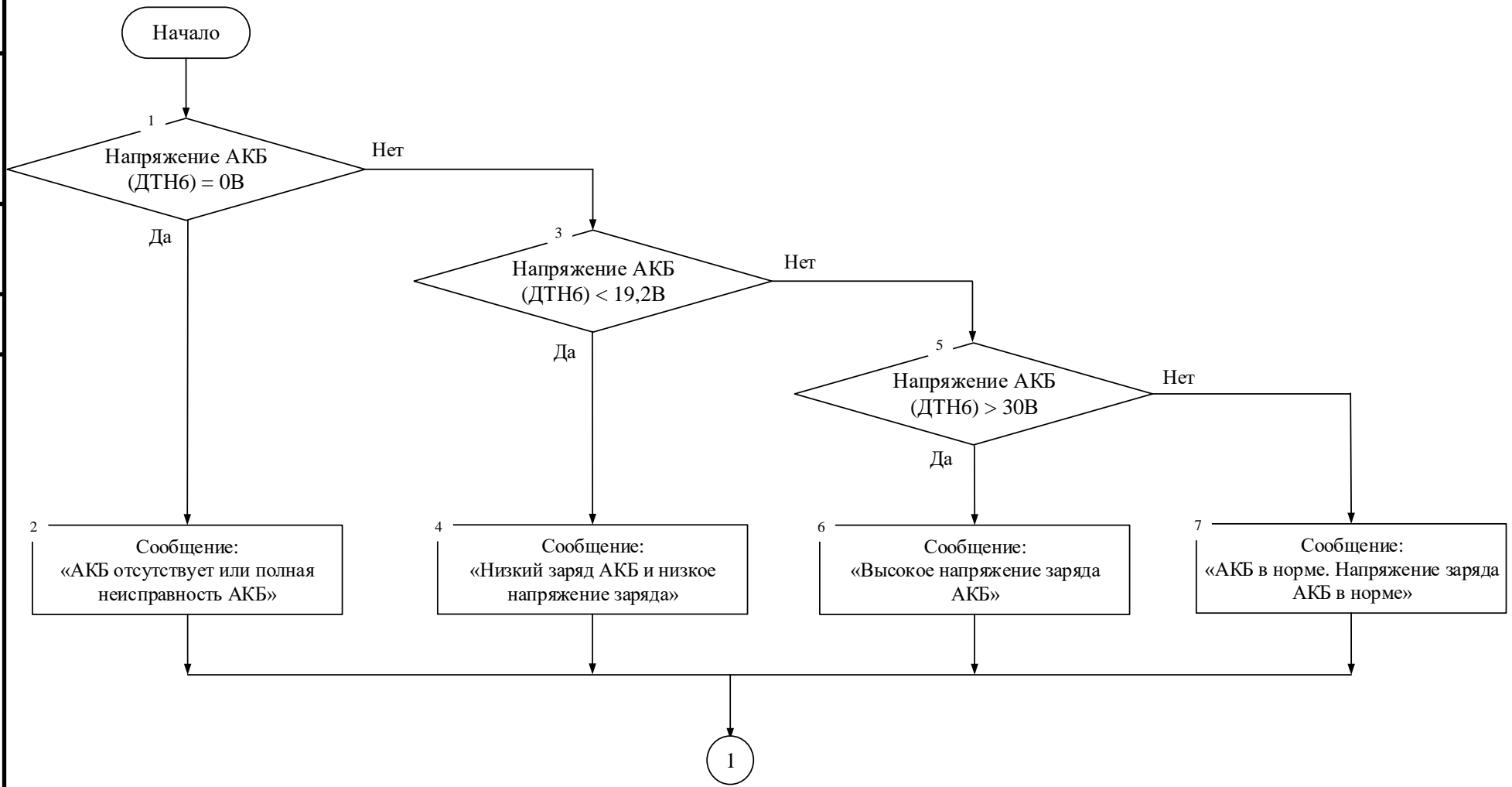


Рисунок 2.9 –Блок-схема алгоритма обработки информации датчика ДТН6 (начало)

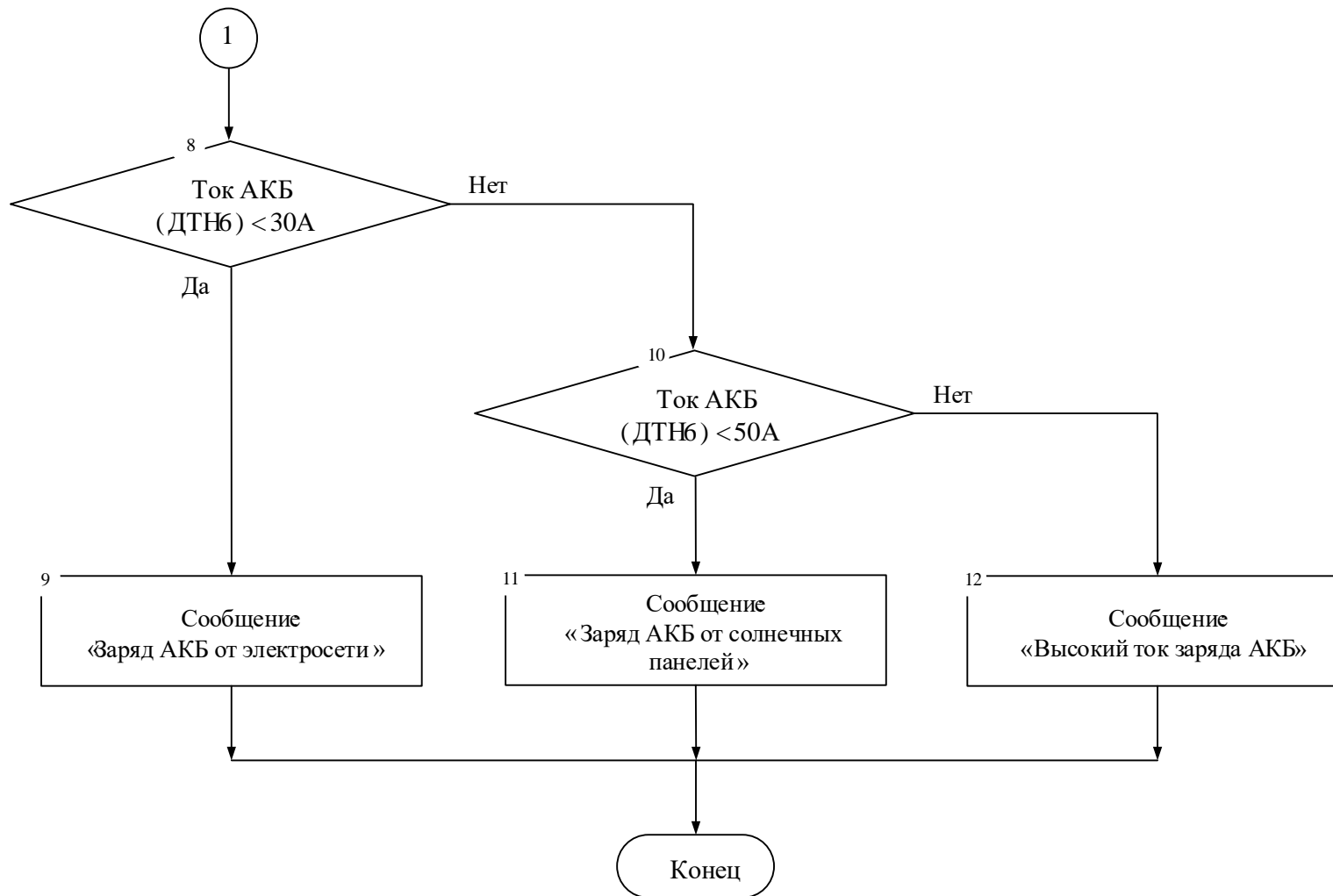


Рисунок 2.10 – Блок-схема алгоритма обработки информации датчика ДТН6 (конец)

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ

Если напряжение на датчике ДТН6 менее 19,2В (блок 3), то микроконтроллер сформирует сообщение «Низкий заряд АКБ и низкое напряжение заряда» (блок 4).

Если напряжение на датчике ДТН6 более 30В (блок 5), то микроконтроллер сформирует сообщение «Высокое напряжение заряда АКБ» (блок 6).

Если напряжение на датчике ДТН6 менее 30В (блок 5), то микроконтроллер сформирует сообщение «АКБ в норме. Напряжение заряда АКБ в норме» (блок 7).

Также в данном алгоритме выполняется проверка тока датчика ДТН6.

В случае, если данный ток менее 30А (блок 8), то микроконтроллер формирует сообщение «Заряд АКБ от электросети» (блок 9).

В том случае, если данный ток более 30А, но менее 50А (блок 10), то микроконтроллер формирует сообщение «Заряд АКБ от солнечных панелей».

В том случае, если данный ток более 50А (блок 10), то микроконтроллер формирует сообщение «Высокий ток заряда АКБ» (блок 12).

На рисунке 2.11 и рисунке 2.12 показана блок-схема алгоритма контроля датчиков температуры.

В блоках 1 – 3 происходит контроль температуры ветрогенератора (датчик ДТ1). В случае превышения допустимой температуры ветрогенератора формируется соответствующее информационное сообщение (блок 2). Если температура ветрогенератора не превышает допустимое значение, то об этом формируется соответствующее информационное сообщение (блок 3).

В блоках 4 – 7 происходит контроль температуры солнечных панелей (датчик ДТ2). В случае превышения допустимой температуры солнечной панели формируется соответствующее информационное сообщение (блок 5), также формируется команда на включение вентилятора, для проветривания солнечных панелей (блок 6). Если температура солнечных панелей не превышает допустимое значение, то об этом формируется соответствующее информационное сообщение (блок 7).

					<i>13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

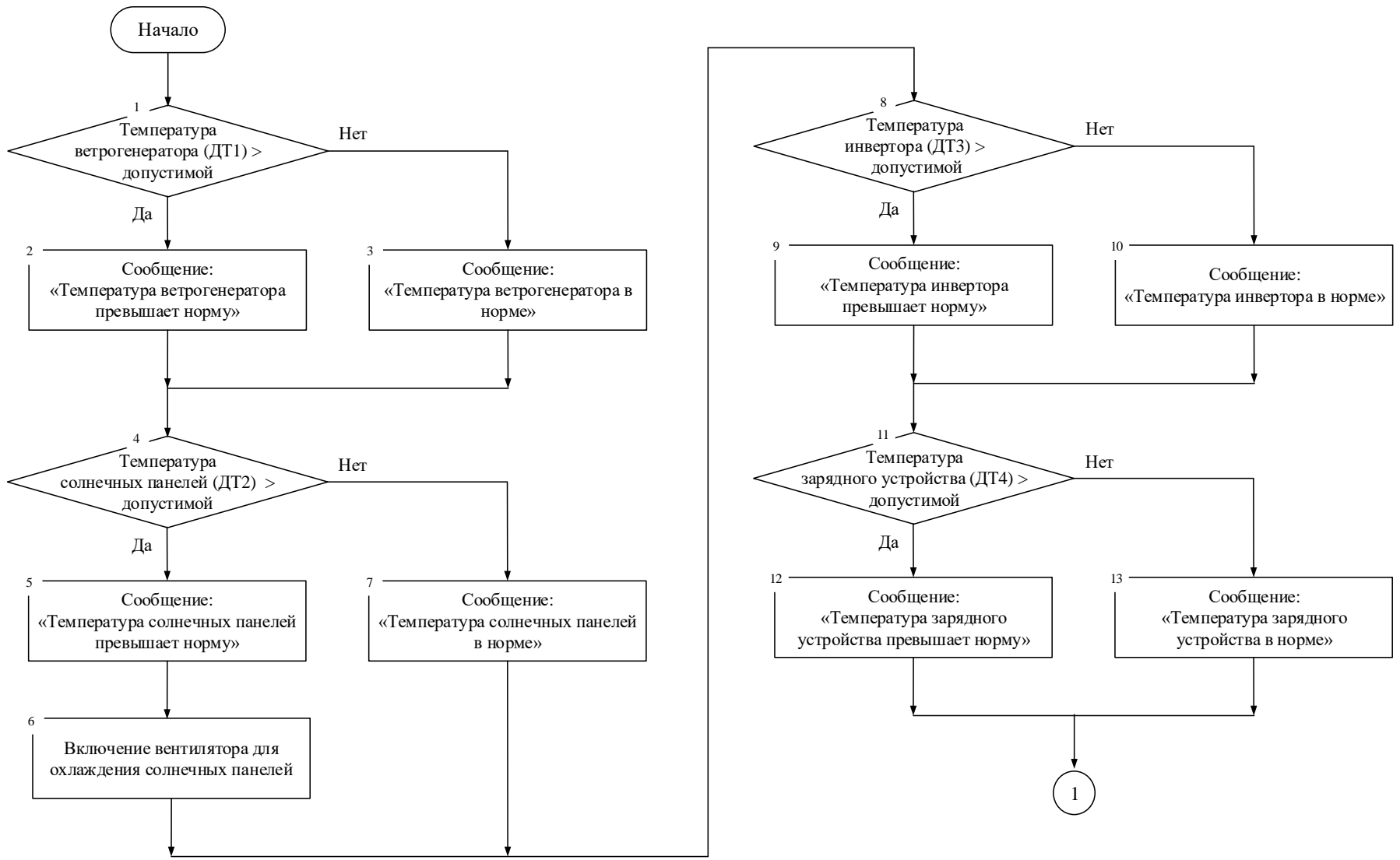


Рисунок 2.11 – Блок-схема алгоритма контроля датчиков температуры (начало)

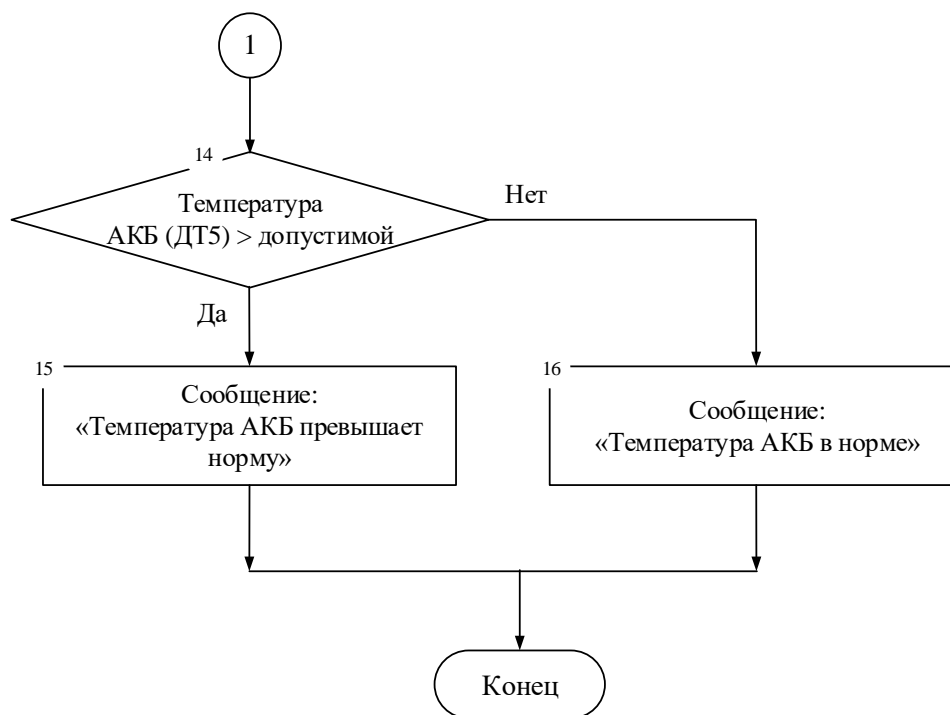


Рисунок 2.12 – Блок-схема алгоритма контроля датчиков температуры (конец)

В блоках 8 – 10 происходит контроль температуры инвертора (датчик ДТ3). В случае превышения допустимой температуры инвертора формируется соответствующее информационное сообщение (блок 9). Если температура инвертора не превышает допустимое значение, то об этом формируется соответствующее информационное сообщение (блок 10).

В блоках 11 – 13 происходит контроль температуры зарядного устройства (датчик ДТ4). В случае превышения допустимой температуры зарядного устройства формируется соответствующее информационное сообщение (блок 12). Если температура зарядного устройства не превышает допустимое значение, то об этом формируется соответствующее информационное сообщение (блок 13).

В блоках 14 – 16 происходит контроль температуры аккумуляторной батареи (датчик ДТ5). В случае превышения допустимой температуры АКБ формируется соответствующее информационное сообщение (блок 15). Если температура АКБ не превышает допустимое значение, то об этом формируется соответствующее информационное сообщение (блок 16).

2.4 Выводы по главе

В данной главе выполнена разработка системы мониторинга энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии, в частности разработаны:

- структурная схема системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии;
- структурная схема энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии с указанием мест установки необходимых датчиков для контроля состояния энергоустановки;
- блок-схемы алгоритмов обработки информации в системе.

На основе разработанных схем могут быть реализованы конкретные схемы системы мониторинга и безопасности энергоустановок.

Разработанные решения позволят получать оперативную информацию о текущем состоянии оборудования энергоустановке, а также информацию, связанную с критическими ситуациями в энергоустановке.

Для снижения температуры солнечных панелей, в случае превышения ей допустимого значения, предложено применять включение вентилятора для проветривания пространства между нижней поверхностью солнечных панелей и поверхностью на которой данные панели установлены.

									Лист
									43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ				

3 РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РАМКАХ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Анализ системы автоматизации здания

На рисунке 3.1 показан пример структурной схемы системы автоматизации здания (BuildingManagementSystem–BMS). Здание состоит из двух основных этажей (первый и второй), цокольного этажа и крыши. Здание оснащено инженерными системами – вентиляцией, отоплением, освещением, источником бесперебойного питания.

На данной структурной схеме показаны четыре основных щита автоматизации, являющиеся основой системы автоматизации здания:

- щит управления котельной и источником бесперебойного питания, физически расположен на цокольном этаже;
- щит управления вентиляцией и освещением цокольного этажа, расположен на цокольном этаже;
- щит управления вентиляцией и освещением первого этажа, расположен на первом этаже;
- щит управления вентиляцией и освещением второго этажа, расположен на втором этаже.

Каждый щит управления имеет свою сеть LON к которой подключаются различные устройства с LON-интерфейсом – панели управления, датчики, исполнительные механизмы.

Также к каждому щиту управления подключаются дискретные и аналоговые входные/выходные сигналы соответствующих систем жизнеобеспечения (вентиляционные установки, системы освещения, котельная, источник бесперебойного питания).

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ					

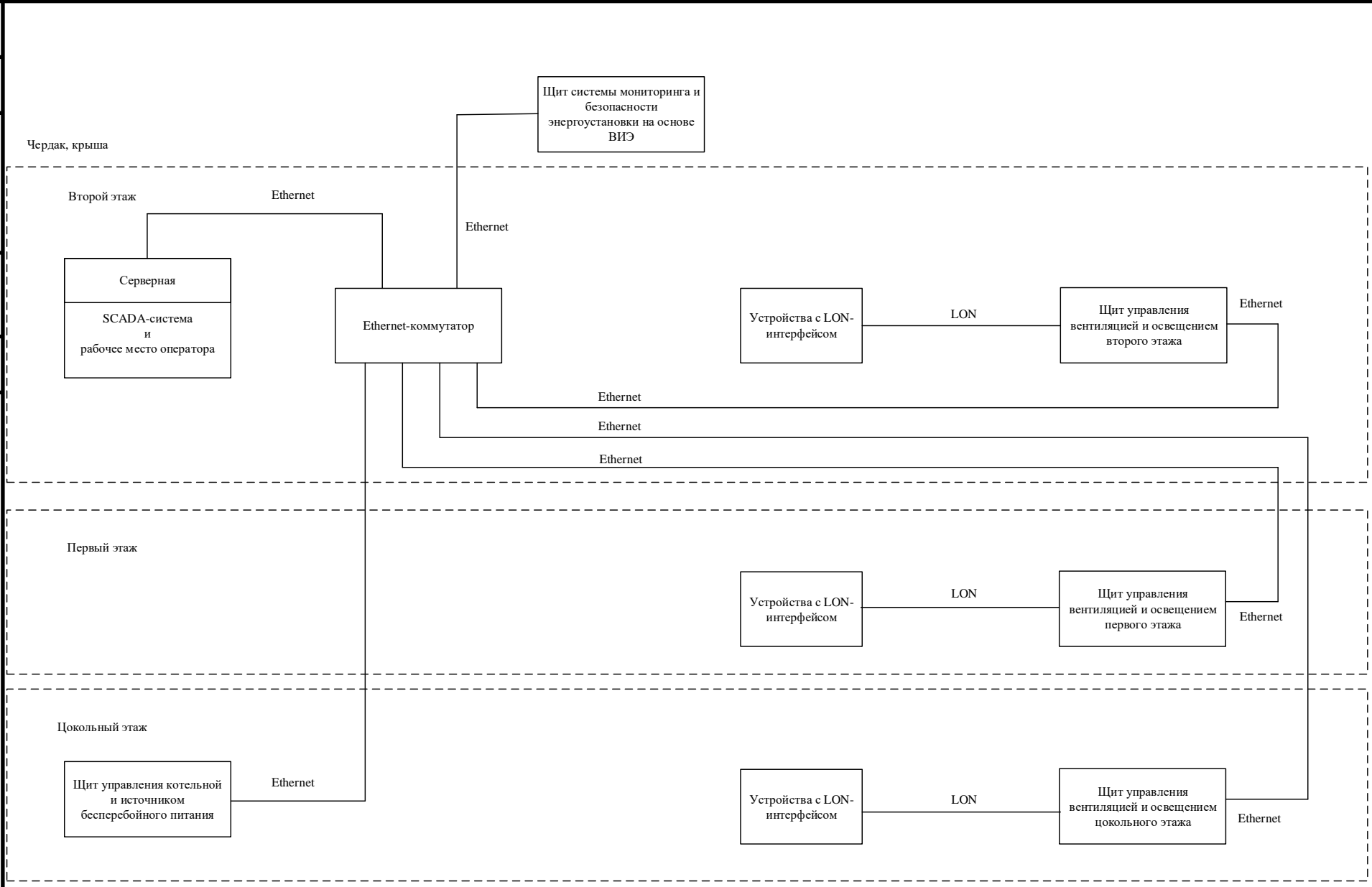


Рисунок 3.1 – Структурная схема системы автоматизации здания

Все щиты управления подключаются по сети Ethernet к Ethernet-коммутатору, который в свою очередь подключен к серверному компьютеру, на котором установлена система диспетчерского управления и сбора данных (SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition).

Для реализации системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии в рамках данной BMS можно использовать отдельный щит, расположенный на чердаке или на крыше здания (рис. 3.1). Данный щит интегрируется в общую систему автоматизации здания по каналам связи Ethernet.

3.2 Структурная схема системы мониторинга и безопасности

На рисунке 3.2 показана структурная схема системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии как составная часть системы автоматизации здания. Данная структурная схема разработана на основе структурной схемы, показанной на рисунке 2.2.

В соответствии со структурной схемой (рис. 3.2.), система мониторинга и безопасности энергоустановки на основе ВИЭ содержит следующие компоненты:

- контроллер;
- модули ввода/вывода;
- датчики тока и напряжения (ДТН1 – ДТН6);
- датчики температуры (ДТ1 – ДТ5);
- датчик скорости (ДС1).

Связь системы мониторинга и безопасности с системой автоматизации здания осуществляется по каналам связи Ethernet, для чего в контроллере системы предусмотрен порт TCP/IP.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ

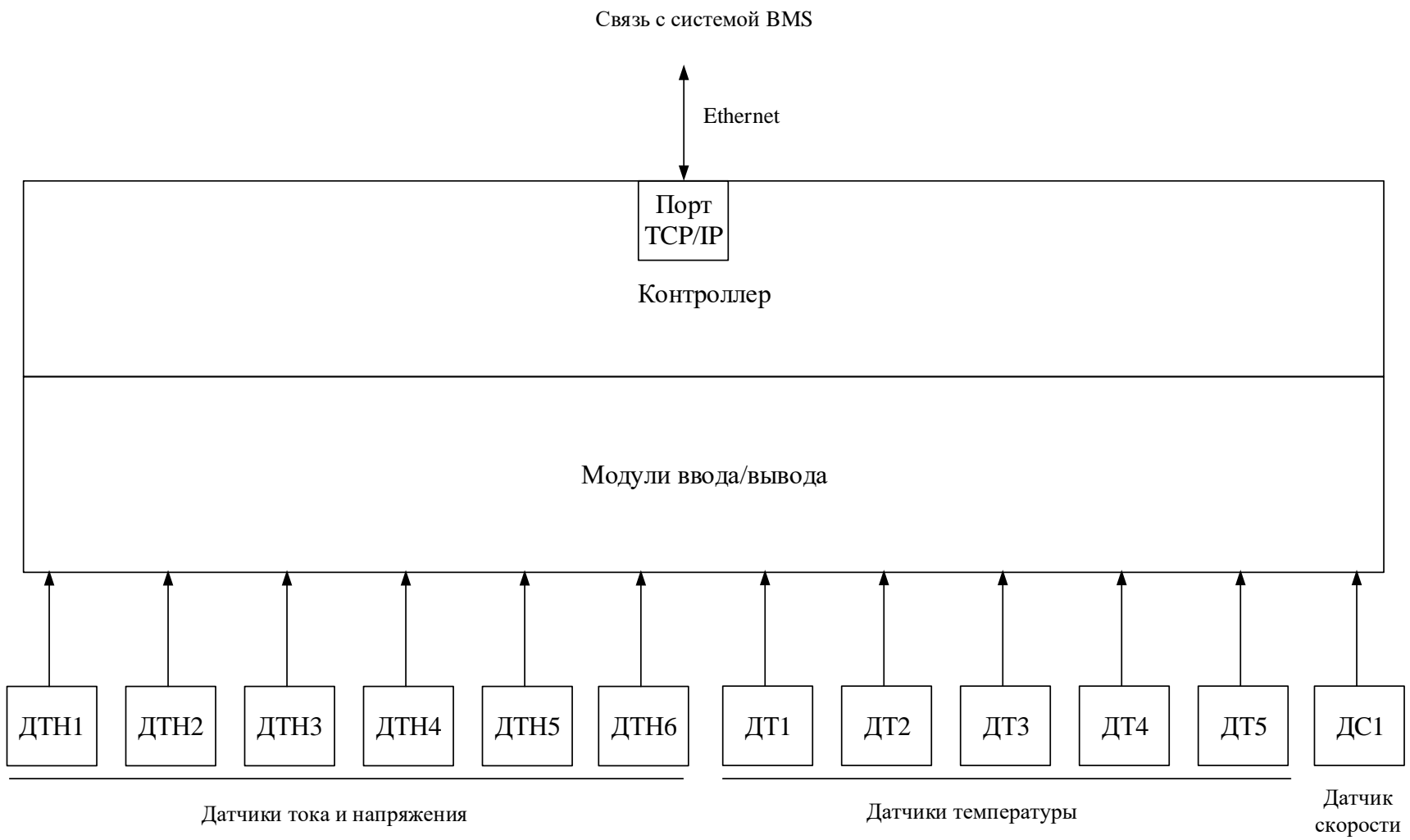


Рисунок 3.2 – Структурная схема системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе ВИЭ в рамках BMSздания

3.3 Выбор элементной базы системы

3.3.1 Контроллер

В качестве центрального узла системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе ВИЭ в рамках существующей BMS будем использовать контроллер-сервер автоматизации типа AS-B производства компании SchneiderElectric[34]. Внешний вид данного устройства показан на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Внешний вид контроллера-сервера автоматизации

Контроллер AS-B представляет собой высокоэффективное устройство со встроенным источником питания и несколькими каналами входов/выходов. При этом AS-B может функционировать как автономный сервер, используя свои встроенные входы/выходы, а также осуществлять контроль и управление другими устройствами по полевой шине. В составе небольшой установки встроенное устройство AS-B играет роль автономного сервера, занимая при этом незначительную площадь. В нашем случае это необходимое условие, если будет нарушена связь с системой BMS здания. Связь с системой BMS предусмотрена по протоколу TCP/IP[34].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ

Лист

48

Контроллер AS-B может выполнять различные управляющие программы, осуществлять управление встроенными входами/выходами, аварийно-предупредительными сигналами, пользователями, обеспечивать планирование и регистрацию, а также обмениваться данными с помощью различных протоколов. Благодаря таким свойствам большинство компонентов системы могут функционировать автономно и продолжать работать как единое целое даже в случае отказа связи или перехода отдельных серверов или устройств SmartStruxure в режим офлайн[34].

Устройство AS-B оснащено несколькими портами, позволяющими обмениваться данными с широким спектром устройств и серверов посредством многочисленных протоколов. Устройство AS-B имеет следующие порты:

- 2 Ethernet-порта 10/100;
- 1 порт RS-485;
- 1 USB-порт хост-системы;
- 1 USB-порт устройства[34].

Оба Ethernet-порта подключены к встроенному коммутатору Ethernet. Один порт должен быть подсоединен к сети объекта. Другой порт может быть использован для подключения к одиночной рабочей станции или веб-станции, блоку Modbus TCP или устройству BACnet/IP[34].

USB-порт устройства позволяет пользователю осуществлять взаимодействие с AS-B и выполнять необходимые обновления с помощью администратора устройства. USB-порт хост-системы может применяться для питания и связи с усовершенствованным дисплеем[34].

В составе такого контроллера-сервера автоматизации имеются следующие входные и выходные каналы:

- универсальных входов – 12;
- универсальных выходов – 4;
- дискретных входов – 4;
- дискретных выходов – 4.

канал оборудован специальным двухцветным (красный и зеленый) светодиодным индикатором для местного контроля состояния дискретных входов. Цвет индикации каждого состояния (красный или зеленый) можно задавать отдельно для каждого входа. На рисунке 3.4 показано назначение клемм модуля DI-16.

Для работы с дискретными выходами в аппаратно-программном комплексе будем использовать модуль дискретного вывода на 12 каналов DO-FA-12 [36]. Данный модуль может коммутировать нагрузку до 2 А на переменном токе до 250 В или постоянном токе до 30 В. На передней панели модуля DO-FA-12 имеются зеленые светодиодные индикаторы состояния дискретных выходов. На рисунке 3.5 показано назначение клемм модуля DO-FA-12.

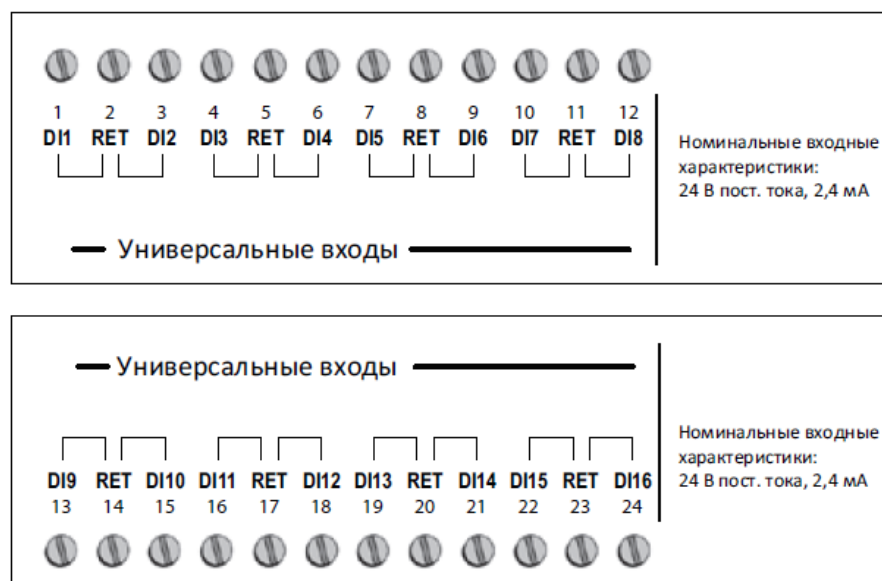


Рисунок 3.4 – Назначение клемм модуля DI-16

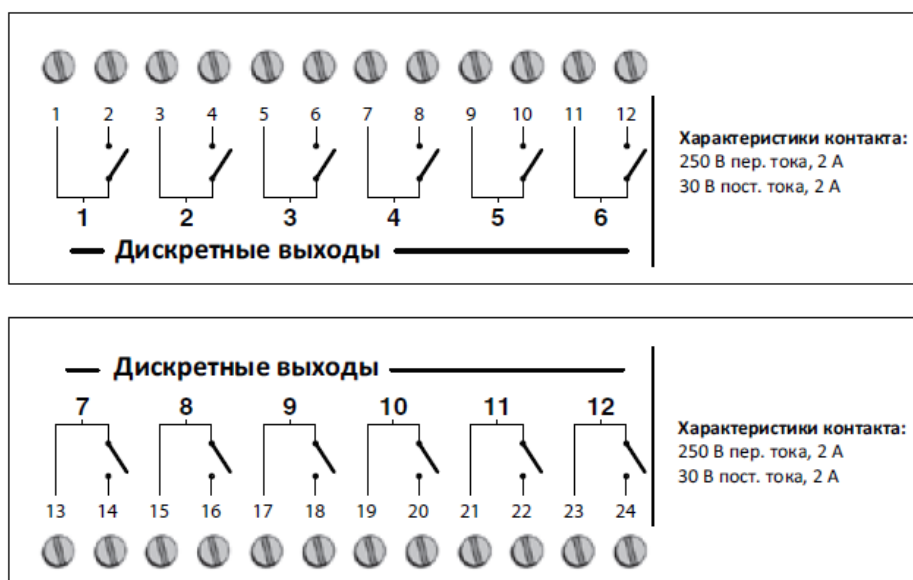


Рисунок 3.5 – Назначение клемм модуля DO-FA-12

Для работы с универсальными входами и аналоговыми выходами в аппаратно-программном комплексе будем использовать модуль UI-8/АО-4 [36]. В данном модуле универсальные входы будем использовать в режиме аналоговых входов для получения информации о температуре. Аналоговые входные каналы оборудованы 12-разрядным АЦП. С каждого из выходов модуля UI-8/АО-4 могут выдаваться сигналы напряжения от 0 до 10 В либо сигналы тока от 0 до 20 мА для управления клапанами и приводами. Все входы оборудованы униполярными ограничителями перенапряжения на 28 В постоянного тока, которые обеспечивают защиту от кратковременных бросков напряжения при переходных процессах. На рисунке 3.6 показано назначение клемм модуля UI-8/АО-4.

Для питания Сервера Автоматизации AS и модулей расширения DI-16, DO-FA-12 и UI-8/АО-4 необходим блок питания PS-24 V [36]. Модульная система AS и модулей расширения обеспечивает передачу питания и данных по общей шине, при этом все модули можно подключать друг к другу через встроенные разъемы без дополнительных инструментов. Модуль питания имеет выходную мощность 30 Вт [36].

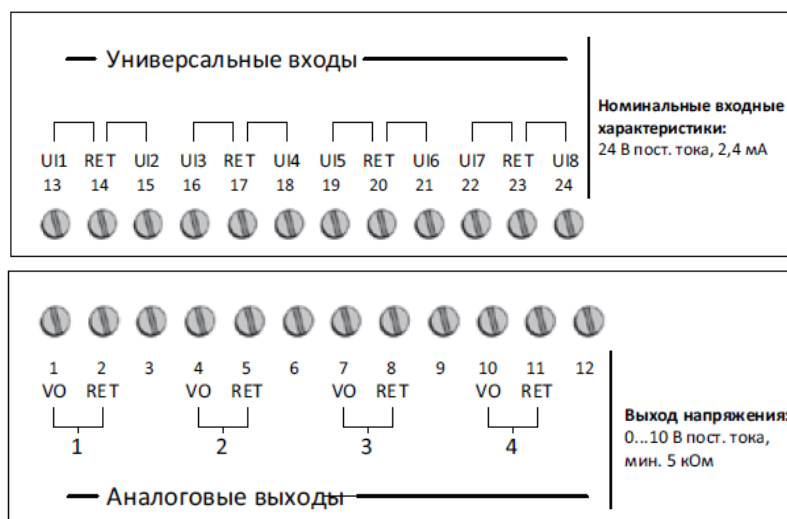


Рисунок 3.6 – Назначение клемм модуля UI-8/AO-4

Если суммарная нагрузка модуля питания (Сервер Автоматизации, модули ввода-вывода и коммуникационные модули) превышает его номинальную мощность, то срабатывает защита от перегрузки, предотвращающая его повреждение. Функция автоадресации устраняет необходимость задавать адреса с помощью DIP-переключателей или кнопок.

Все модули семейства, предназначенного для Серверов Автоматизации, автоматически распознают свой номер в цепочке и назначают себе соответствующий адрес. На передней панели модуля PS-24V располагаются светодиодные индикаторы состояния входной и выходной цепей. Индикатор входной цепи светится при наличии напряжения в сети питания. Индикатор выходной цепи светится, если выходное напряжение модуля находится в пределах рабочего диапазона.

На рисунке 3.7 показано назначение клемм источника питания PS-24V.

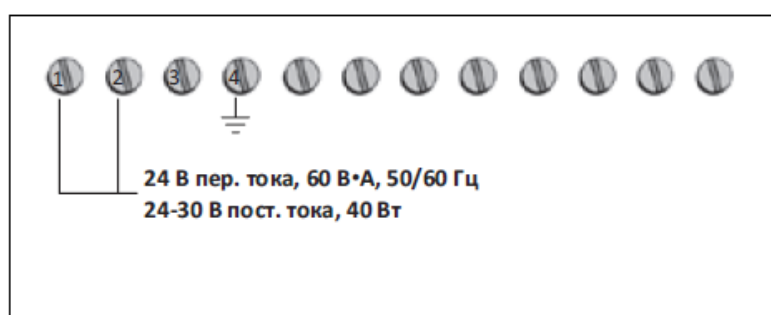


Рисунок 3.7 – Назначение клемм источника питания PS-24V

3.3.3 Датчики

Для измерения температуры ветрогенератора, солнечных панелей, инвертора, зарядного устройства и аккумулятора будем использовать датчики температуры STX122 (рис. 3.8), которые представляют из себя термочувствительный зонд [37]. Датчики данного типа имеют температурную зависимость чувствительного элемента NTC 1,8К. Диапазон измерения температуры составляет от -40°C до $+130^{\circ}\text{C}$. Данный датчик по характеристикам соответствует применяемым модулям ввода/вывода.



Рисунок 3.8 – Внешний вид датчика температуры STX122

Для измерения тока в указанных точках энергоустановки будем применять датчики тока типа Н72, которые производит компания SchneiderElectric [37]. Внешний вид датчика тока типа Н72 показан на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Датчик тока Н72

Датчики тока Н72 имеют технические характеристики, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1– Технические характеристики датчика тока Н72

Характеристика	Значение
Время отклика	2 с
Погрешность	$\pm 2\%$ от полной шкалы
Питание	от контролируемого проводника
Диапазон значений тока	0-50 А (или 0-100 А, в зависимости от мощности)

Для измерения напряжения будем применять измерительные преобразователи сигналов напряжения типа MACXMRC-VDC-2906242 [38]. Внешний вид данного преобразователя напряжения показан на рисунке 3.10. Преобразователь напряжения MACXMRC-VDC-2906242 рассчитан на измерение постоянного напряжения от 0 В до 660 В и преобразования измеренного напряжения в выходной сигнал 0...10 В или 4...20 мА.



Рисунок 3.10 – Внешний вид измерительного преобразователя напряжения

3.4 Выводы по главе

В данной главе выполнена реализация системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии в рамках системы автоматизации здания. Для этого были выполнены:

- анализ системы автоматизации здания;
- разработана структурная схема системы мониторинга и безопасности;
- выполнен выбор элементной базы системы.

Реализация системы мониторинга и безопасности энергоустановки в данном случае выполнено на основе контроллера-сервера автоматизации AS-B. Для подключения необходимых датчиков выбраны соответствующие модули ввода/вывода.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 РЕАЛИЗАЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

4.1 Структурная схема универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки

Для реализации универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки с возобновляемыми источниками энергии будем использовать решение на основе программируемого микроконтроллера, к которому можно подключить необходимые датчики, а также подключить модули для расширения функционала системы и возможностей информирования пользователя.

На рисунке 4.1 показана структурная схема универсальной системы мониторинга на основе микроконтроллера. На данной схеме показаны следующие элементы системы:

- микроконтроллер;
- коммуникационный модуль №1 – для связи по сети Internet (отправка e-mail, web-доступ);
- коммуникационный модуль №2 – для связи по сети GSM (голосовое информирование, SMS-информирование);
- дисплей;
- датчики тока и напряжения (ДТН1 – ДТН6) для сбора информации о токах и напряжениях в узловых точках системы;
- датчики температуры (ДТ1 – ДТ5) для сбора информации о температуре в узловых точках системы;
- датчик скорости (ДС1) для определения скорости ветрогенератора.

Датчики ДТН1 – ДТН6, ДТ1 – ДТ5 и ДС1 обозначены и имеют назначение в соответствии со структурной схемой, показанной на рисунке 2.2.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

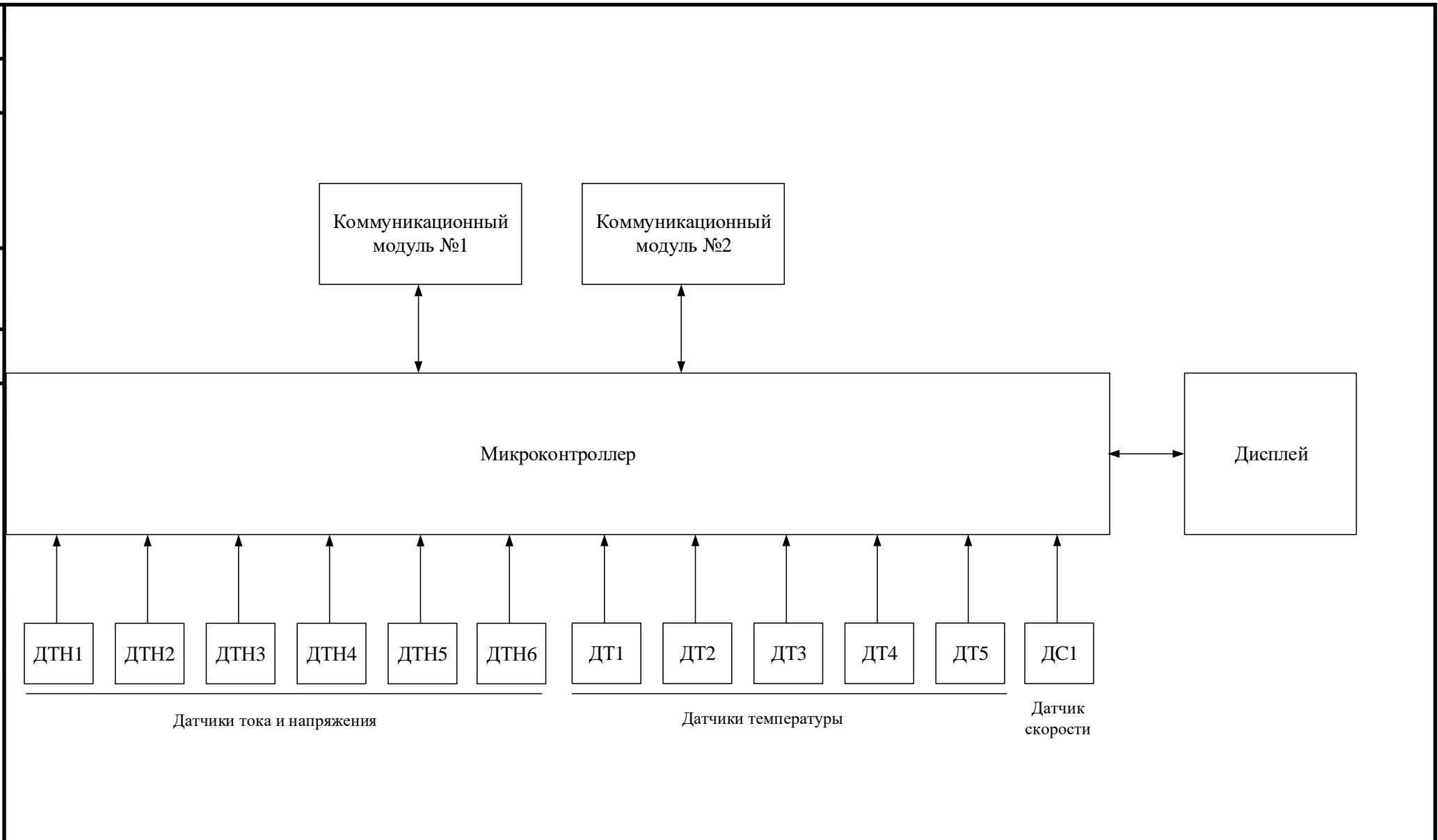


Рисунок 4.1 – Структурная схема универсальной системы мониторинга и безопасности

13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ

4.2 Выбор элементной базы системы

4.2.1 Микроконтроллер

Для системы мониторинга и безопасности выбираем микроконтроллер Arduino Mega 2560 (рис. 4.2) [39], которая построена на базе микроконтроллера ATmega2560. Размеры платы – 10,1 x 5,3 см. Данная плата позволит подключить требуемое количество датчиков и исполнительных устройств.

Плата микроконтроллера Arduino Mega 2560 имеет:

- цифровых входов/выходов – 54 (15 из которых могут использоваться как выходы ШИМ);
- аналоговых входов – 16;
- UART (аппаратных приемопередатчика для реализации последовательных интерфейсов) – 4;
- кварцевый генератор с частотой – 16 МГц;
- разъемы – USB, силовой, разъем ICSP;
- напряжение логических уровней: 5 В;
- входное напряжение питания: 7–12 В;
- максимальный ток с пина ввода-вывода: 40 мА;
- максимальный выходной ток пина 3.3V: 50 мА;
- максимальный выходной ток пина 5V: 800 мА;
- разрядность АЦП: 10 бит;
- Flash-память: 256 КБ;
- EEPROM-память: 4 КБ;
- оперативная память: 8 КБ[39].

Работа данной платы начинается после подключения к компьютеру посредством кабеля USB или подачи питания при помощи адаптера AC/DC, или аккумуляторной батареи.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

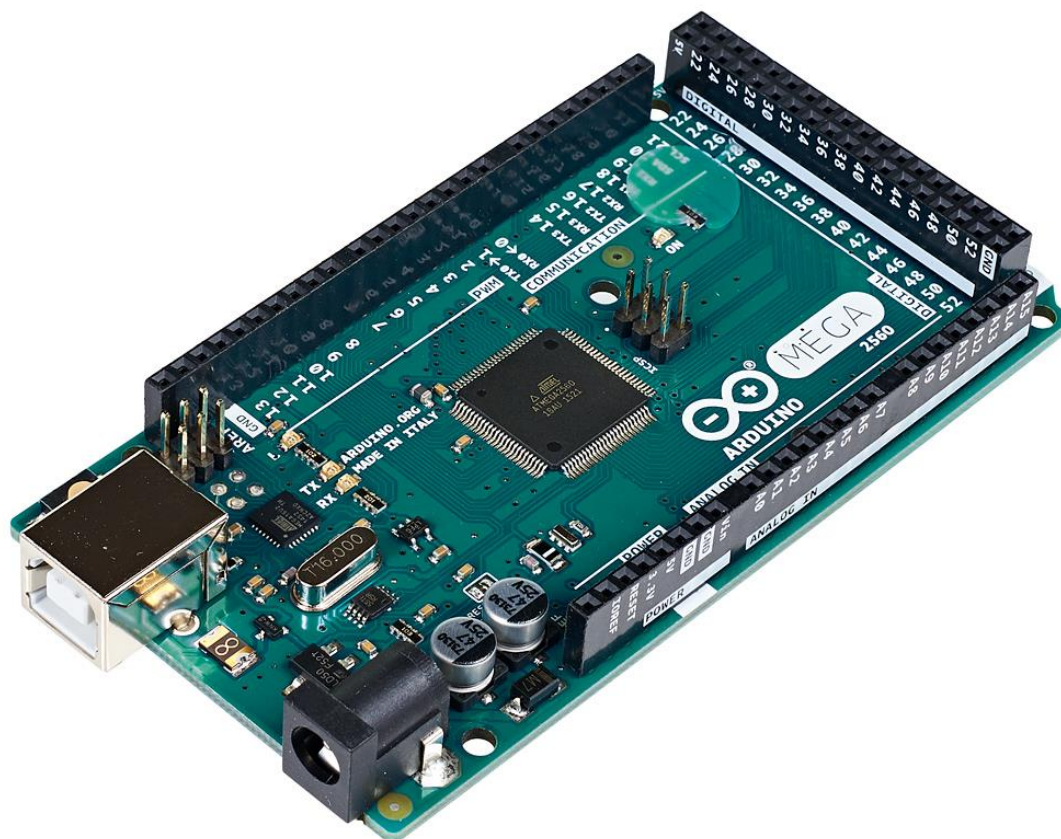


Рисунок 4.2 – Микроконтроллерная плата Arduino Mega 2560

На рисунке 4.3 показаны элементы платы Arduino Mega 2560.

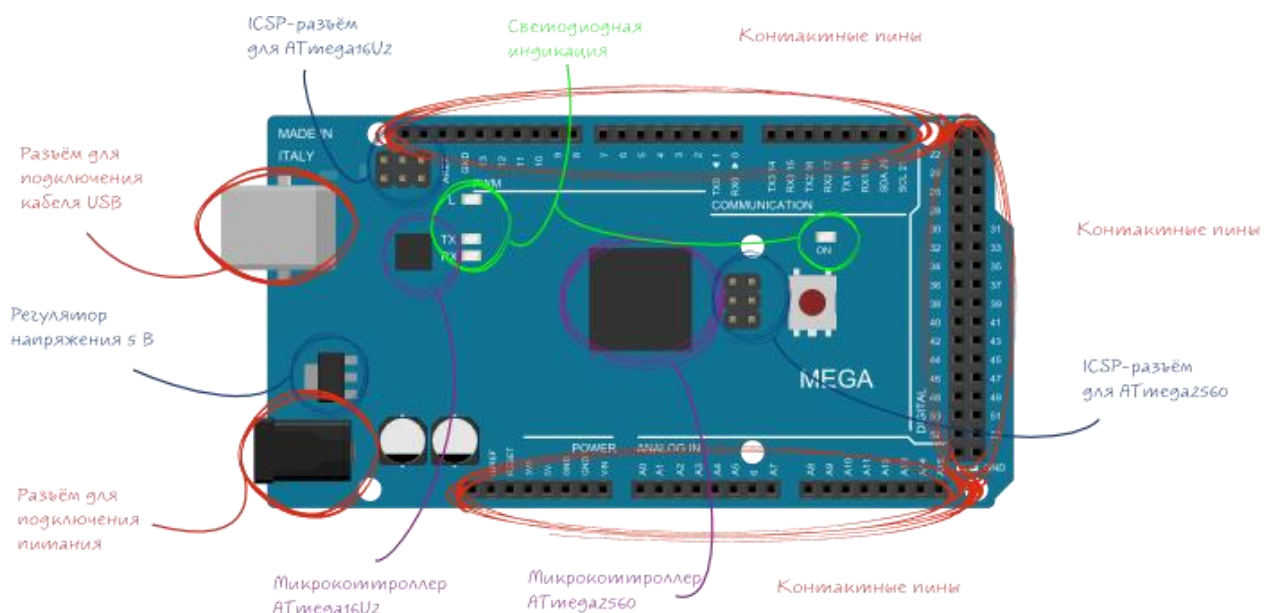


Рисунок 4.3 – Элементы платы Arduino Mega 2560

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ

Лист

60

Рассмотрим подробнее элементы платы.

Микроконтроллер ATmega2560 является главным элементом платформы Arduino Mega 2560. Разрядность данного микроконтроллера 8-бит, он предоставляет 256 КБ флеш-памяти для хранения прошивки, 8 КБ оперативной памяти SRAM и 4 КБ энергонезависимой памяти EEPROM для хранения данных.

Микроконтроллер ATmega16U2 обеспечивает связь микроконтроллера ATmega2560 с USB-портом компьютера. При подключении к ПК Arduino Mega 2560 определяется как виртуальный COM-порт. Прошивка микросхемы 16U2 использует стандартные драйвера USB-COM – установка внешних драйверов не требуется.

Пин питания VIN – напряжение от внешнего источника питания (не связано с 5 В от USB или другим стабилизированным напряжением). Через этот вывод можно как подавать внешнее питание, так и потреблять ток, когда устройство запитано от внешнего адаптера.

Пин питания 5V – напряжение 5 В от стабилизатора напряжения на плате, независимо от того, как запитано устройство: от адаптера (7–12 В), от USB (5 В) или через вывод VIN (7–12 В). Стабилизатор обеспечивает питание микроконтроллера ATmega2560. Питая устройство через вывод 5V не рекомендуется – в этом случае не используется стабилизатор напряжения, что может привести к выходу платы из строя.

Пин питания 3.3V – напряжение 3,3 В от стабилизатора напряжения платы. Максимальный ток – 50 мА.

Пин питания GND – выводы «земли».

Пин IOREF. Этот вывод предоставляет платам расширения информацию о рабочем напряжении микроконтроллера. В зависимости от напряжения на нём, плата расширения может переключиться на соответствующий источник питания либо задействовать преобразователи уровней, что позволит ей работать как с 5 В, так и с 3,3 В устройствами.

Цифровые входы/выходы: пины 0–53 имеют логический уровень единицы – 5 В, нуля – 0 В. Максимальный ток выхода – 40 мА. К контактам подключены подтягивающие резисторы, которые по умолчанию выключены, но могут быть включены программно.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ШИМ: пины 2–13 и 44–46 позволяют выводить 8-битные аналоговые значения в виде ШИМ-сигнала.

АЦП: пины А0–А16 позволяют подключить 16 аналоговых входов, каждый из которых может представить аналоговое напряжение в виде 10-битного числа (1024 значений). Разрядность АЦП — 10 бит.

Шина TWI/I²C: пины 20(SDA) и 21(SCL) необходимы для общения с периферией по синхронному протоколу, через 2 провода. Для работы с данной шиной необходимо использовать библиотеку Wire.

Шина SPI: пины 50(MISO), 51(MOSI), 52(SCK) и 53(SS) необходимы для коммутации по интерфейсу SPI. Для работы с данной шиной необходимо использовать библиотеку SPI.

Шина UART: Serial: пины 0(RX) и 1(TX); Serial1: пины 19(RX) и 18(TX); Serial2: пины 17(RX) и 16(TX); Serial3: пины 15(RX) и 14(TX). Данные выводы используются для получения (RX) и передачи (TX) данных по последовательному интерфейсу. Выводы 0(RX) и 1(TX) соединены с соответствующими выводами микросхемы ATmega16U2, выполняющей роль преобразователя USB-UART.

Разъём USB Type-B предназначен для прошивки платформы Arduino Mega 2560 с помощью компьютера.

Разъём внешнего питания предназначен для подключения внешнего питания от 7 В до 12 В.

ICSP-разъём предназначен для внутрисхемного программирования микроконтроллера ATmega2560. Также с применением библиотеки SPI данные выводы могут осуществлять связь с платами расширения по интерфейсу SPI. Линии SPI выведены на 6-контактный разъём, а также продублированы на цифровых пинах 50(MISO), 51(MOSI), 52(SCK) и 53(SS).

ICSP-разъём предназначен для внутрисхемного программирования микроконтроллера ATmega16U2[39].

В таблице 4.1 приведена расшифровка светодиодной индикации платы Arduino Mega 2560.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Таблица 4.1 – Расшифровка светодиодной индикации Arduino Mega 2560

Имя светодиода	Назначение
RX и TX	Мигают при обмене данными между Arduino Mega 2560 и ПК.
L	Светодиод вывода 13. При задании значения HIGH светодиод включается, при LOW – выключается.
ON	Наличие питания на Arduino Mega 2560.

4.2.2 Интерфейсные модули

Для расширения коммуникационных возможностей универсальной системы мониторинга и безопасности выбираем плату Ethernet-модуля [41] (рис. 4.4) также называется EthernetShield, она позволяет подключить микроконтроллер Arduino к сети Ethernet или сети Internet.

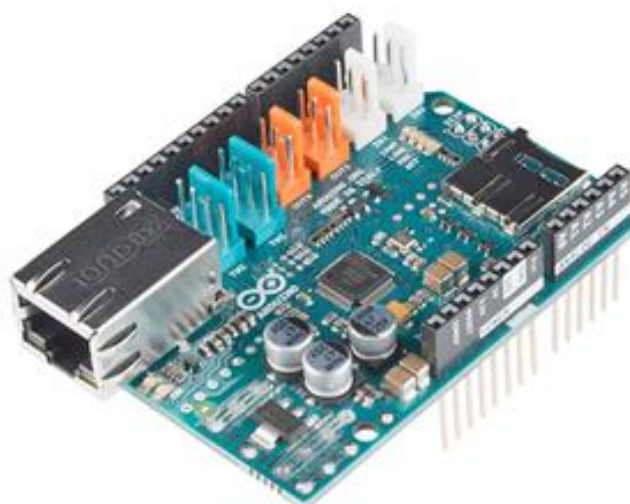


Рисунок 4.4 – Плата EthernetShield

Расширение коммуникационных возможностей системы при использовании платы EthernetShield происходит за счет подключения к web-сервисам, отправке e-mail или удаленного доступа к системе через сеть Интернет.

Основные характеристики платы EthernetShield:

- Ethernet-чип: Wiznet W5500;
- рабочее напряжение: 5 В;
- размер буфера: 32 КБ;
- скорость соединения: 10/100 Мбит[41].

Для расширения коммуникационных возможностей системы мониторинга и безопасности выбираем плату GSM/GPRS Shield [42] (рис. 4.5), которая может

работать с контроллером Arduino Uno. Расширение коммуникационных возможностей системы при использовании платы GSM/GPRS Shield происходит за счет отправки информационных и аварийных SMS-сообщений, приема команд на изменение заданного режима работы системы и состояния оборудования.



Рисунок 4.5 – Плата GSM/GPRS Shield

Данная плата расширения позволяет Arduino работать в сетях сотовой связи по технологиям GSM/GPRS для приёма и передачи данных, SMS и голосовой связи. Плата построена на базе модуля SIMCom SIM900. Также на ней расположены: слот для SIM-карты, стандартные 3,5 мм джеки для аудио-входа и выхода и разъём для внешней антенны. Общение с платой производится через Serial-соединение с помощью набора AT-команд. Набор AT-команд является языком инструкций для мобильных устройств.

Характеристики платы GSM/GPRS Shield:

- количество полос – 2: 900, 1800 МГц;
- класс GSM - «2+»: определяет набор возможностей телефонии, это последний, давно устоявшийся стандарт;
- класс GPRS - «B»: одновременно работает либо GPRS (данные), либо GSM (SMS, голос); на время работы GSM, активность GPRS приостанавливается;
- скорость скачивания до 85 Кбит/с, скорость загрузки до 42 Кбит/с;
- выходная мощность – класс 4 (2 Вт) на 900 МГц, класс 1 (1 Вт) на 1800;
- потребление тока в спящем режиме: 1 мА;
- напряжение питания на контакте V_{in} : 7-9 В[42].

Для отображения текущей информации о работе системы будем использовать цветной сенсорный TFT-экран Nextion 320×240 / 2,4” (рис. 4.6) [43].



Рисунок 4.6 – Цветной сенсорный TFT-экран

Экранный модуль оснащён 32-х разрядным AVR-процессором, flash-памятью и контроллером тачскрина. Устройство хранит и отображает графику, самостоятельно обрабатывает нажатия на кнопки и анимирует элементы интерфейса. На внешний контроллер по UART передаются только коды событий.

Характеристики цветного сенсорного TFT-экрана Nextion 320×240:

- интерфейс обмена данными: UART;
- диагональ: 2,4 дюйма;
- разрешение: 320×240;
- глубина цвета: 16 бит (65 536 цветов);
- тип тачскрина: резистивный;
- флеш-память: 4 МБ;
- напряжение питания: 5–7 В;
- размер дисплея: 48,96×36,72 мм;
- размер модуля: 74,4×42,9×5,8 мм[43].

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

4.2.3 Датчики

Выбираем датчики тока и напряжения с аналоговым выходом на основе микросхемы МАХ471 [40], которые можно подключить к плате микроконтроллера Arduino.

Параметры датчика тока и напряжения приведены в таблице 4.2, внешний вид – на рисунке 4.7.

Принцип измерения напряжения таким датчиком основан на контроле напряжения, снимаемого с прецизионного делителя напряжения. Коэффициент делителя напряжения равен 5. Для измерения потребляемого тока используется микросхема МАХ471 с встроенным измерительным шунтом.

Таблица 4.2 – Технические характеристики датчика тока и напряжения на основе микросхемы МАХ471

Характеристика, ед. изм.	Значение
Диапазон измеряемого напряжения, <i>V</i> для 5 <i>V</i> контроллера для 3,3 <i>V</i> контроллера	от 3 до 25 от 3 до 16,5
Измеряемый ток, <i>A</i>	от 0 до 3
Точность измерения тока, %	2
Направление измерения тока	двунаправленное
Потребляемый ток, <i>мкА</i>	100
Потребляемый ток в режиме ожидания, <i>мкА</i>	18
Напряжение питания МАХ471, <i>V</i>	от 3 до 36
Корпус МАХ471	8-выводный SOIC
Размер печатной платы, <i>мм</i>	22 × 21 × 7



Рисунок 4.7 – Внешний вид датчика тока и напряжения на основе микросхемы МАХ471

Ограничения по входному напряжению для таких контроллеров заключаются в том, что оно должно быть не более 25 В для микроконтроллеров с напряжением питания 5 В и не более 16,5 В для микроконтроллеров с напряжением питания 3,3 В.

При использовании данного датчика напряжения с микроконтроллером серии Arduinos АЦП разрядностью 10 бит, с разрешением 0.00489 В (5 В/1023), так что, минимальное измеряемое входное напряжение составляет[40]

$$\frac{5\text{В}}{1023} \times K_{\text{ш}} = \frac{5\text{В}}{1023} \times 5 = 0,02445 \text{ В.}$$

4.3 Особенности алгоритмического обеспечения

Данная реализация системы мониторинга и безопасности функционирует на основе разработанных ранее блок-схем (рис. 2.3 – 2.12), но при этом есть некоторые особенности, связанные с инициализацией режимов работы микроконтроллера.

На рисунке 4.8 показана блок-схема алгоритма инициализации настроек микроконтроллера при его программировании. Данные действия заключаются в следующем:

- настройка MAC-адреса коммуникационной карты №1 (блок 1), что необходимо для подключения к сети Internet;
- настройка IP-адреса коммуникационной карты №1 (блок 2), что необходимо для подключения к сети Internet;
- настройка центра сообщений для коммуникационной карты №2 (блок 3), что необходимо для подключения к сетям GSM;
- настройка пин-кода SIM-карты для коммуникационной карты №2 (блок 4), что необходимо для подключения к сетям GSM;
- настройка клемм микроконтроллера для подключения датчиков и коммуникационных карт (блок 5).

Данные действия выполняются единоразово при разработке программного обеспечения системы. Затем при первом запуске выполняется данная часть программного обеспечения.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Применение указанных настроек позволит обеспечить работу коммуникационных возможностей системы мониторинга и безопасности, а также обеспечит работу всех клемм в необходимом режиме.

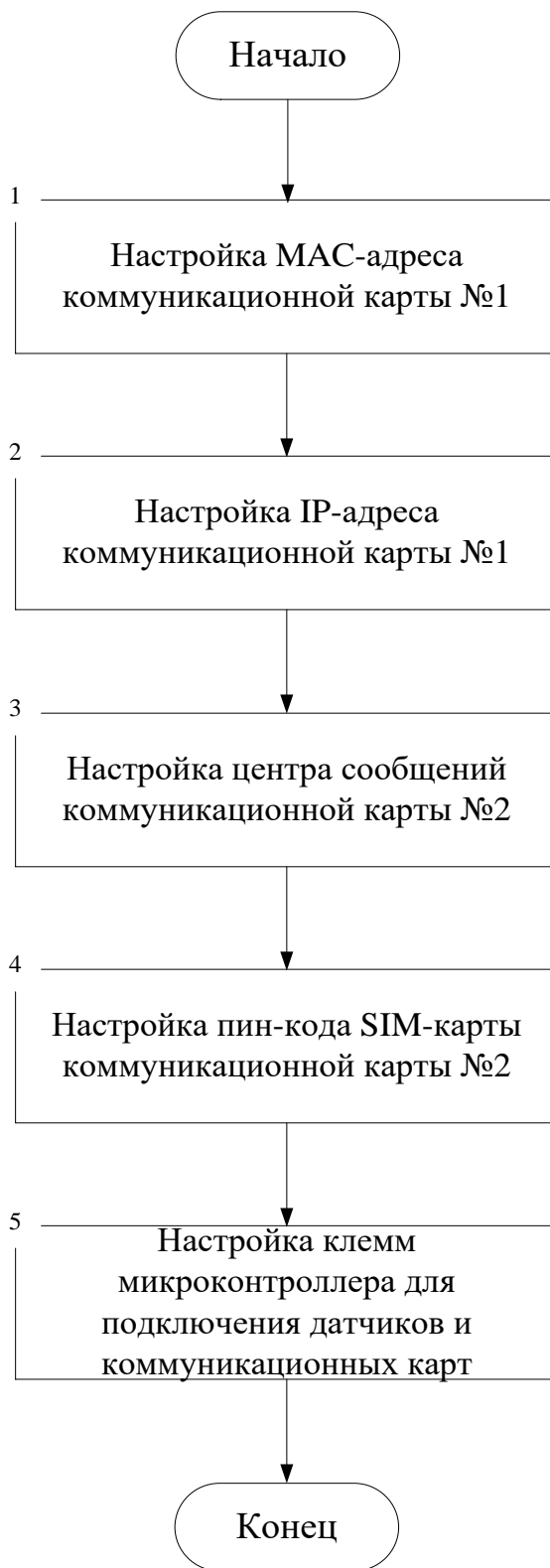


Рисунок 4.7 – Блок-схема алгоритма инициализации настроек микроконтроллера

4.4 Выводы по главе

В данной главе выполнена реализация универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии. Для этого выполнены следующие действия:

- разработана структурная схема универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки;
- выполнен выбор элементной базы (микроконтроллер, коммуникационные модули, дисплей, датчики) для реализации управления системой и получения информации об энергоустановке;
- уделено внимание алгоритмам функционирования системы при инициализации настроек оборудования системы.

Рассмотренная в данной главе система мониторинга и безопасности энергоустановок имеет универсальный функционал, который при необходимости может быть либо расширен, либо ограничен. Данная система может быть реализована для любой энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии.

					<i>13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						69
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

5 ОРГАНИЗАЦИОННО - ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Оценка затрат на реализацию системы мониторинга и безопасности в рамках системы автоматизации здания

В таблице 5.1 представлена трудоемкость работ по разработке системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе ВИЭ в рамках системы автоматизации здания.

Таблица 5.1 – Трудоемкость работ по разработке системы

Наименование работ	Трудоемкость, чел. дни	
	Руководитель	Инженер
1. Разработка технического задания	5	10
2. Сбор и обработка информации	5	15
3. Разработка методов решения задачи	5	20
4. Изучение программного обеспечения	2	30
5. Разработка функциональной схемы	1	5
6. Разработка алгоритмов системы	2	20
7. Создание коммутационной программы	1	30
8. Тестирование и отладка программного комплекса	1	30
9. Подготовка и оформление технической документации	1	20
ИТОГО	23	180

Руководитель выполняет функции общего руководства реализацией разработки, а инженер занимается проектированием, программированием, шеф-монтажом, пуско-наладочными работами.

Калькуляция себестоимости осуществляется по следующим статьям: материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия с учетом спецоборудования для экспериментальных работ, основная и дополнительная

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

заработная плата основных исполнителей работы, отчисления на социальные нужды, накладные расходы.

В таблице 5.2 представлен расчет заработной платы инженера и руководителя.

Таблица 5.2 – Труд и заработная плата

Должность исполнителя	Зарплата за месяц	Дневная ставка	Трудоёмкость (чел. – дней)	Итого зарплата
Инженер	40 000,00	1 818,18	180	327 272,40
Руководитель	60 000,00	2 727,27	23	62 727,21
ИТОГО	100 000,00	4 545,45	203	390 000,00

Расчет выполнен исходя из 22 рабочих дней в месяц.

Основная и дополнительная заработная плата исполнителей:

- трудоемкость выполнения работ $T_{СП}$ $T_{Инж}$;
- дневные ставки $D_{СП}$ и $D_{Инж}$;
- дополнительная заработная плата 10 %;
- начисления на заработную плату 34%;
- процент накладных расходов – по ставке, действующей на предприятии, где проходила практика – 33%.

Основная заработная плата (C_{30}) рассчитывается по формуле:

$$C_{30} = D_{СП}T_{СП} + D_{Инж}T_{Инж}$$

$$C_{30} = 1\,818,18 \cdot 180 + 2\,727,27 \cdot 23 = 390\,000,00 \text{ руб.}$$

Дополнительная зарплата:

$$D_{30} = 0,1 * C_{30}$$

$$D_{30} = 0,1 * 389\,999,61 = 39\,000,00 \text{ руб.}$$

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Начисления на заработную плату:

$$C_{CH} = (D_{30} + C_{30}) * 0,34 = (39\ 000,00 + 390\ 000,00) * 0,34 = 145\ 860,00 \text{ руб.}$$

Накладные расходы рассчитываются по формуле:

$$C_{НР} = (D_{30} + C_{30}) * N_{НР}, \text{ где } N_{НР} = 33 \% \text{ – процент накладных расходов,}$$

$$C_{НР} = (D_{30} + C_{30}) * 0,33 = (39\ 000,00 + 390\ 000,00) * 0,33 = 141\ 570,00 \text{ руб.}$$

Материалы, необходимые для проведения работ перечислены в таблице 5.3, а расходы на спецоборудование представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.3 – Материалы, необходимые для проведения работ

Материалы	Ед. измер.	Кол-во	Цена за ед. (руб.)	Сумма (руб.)
Бумага	пачка	3	290,00	870,00
Картридж для принтера	шт.	2	3 000,00	6 000,00
USB-флэшка	шт.	2	1 000,00	2 000,00
Канцелярские принадлежности	компл.	1	500,00	500,00
ИТОГО				9 370,00

В себестоимость разработки системы также необходимо включить затраты на монтаж оборудования, которые будем считать равны 80 000,00 руб.

Таблица 5.4 – Расходы на спецоборудование системы

Оборудование	Цена за ед.	Кол-во ед.	Сумма (руб)
Контроллер и модули расширения	100 000,00	1	100 000,00
Комплекты вспомогательных элементов	10 000,00	1	10 000,00
Комплекты датчиков	70 000,00	1	70 000,00
ИТОГО			180 000,00

Сводим полученные результаты по расходам в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Калькуляция себестоимости работ системы автоматизации

Статьи затрат	Сумма (руб.)
1. Материалы	9 370,00
2. Специальное оборудование	180 000,00
3. Основная заработная плата	390 000,00
4. Дополнительная заработная плата	39 000,00
5. Начисления на заработную плату	145 860,00
6. Накладные расходы	141 570,00
7. Расходы на монтаж	80 000,00
Итого себестоимость	985 800,00

5.2 Оценка затрат на реализацию универсальной системы мониторинга и безопасности

В таблице 5.6 представлена трудоемкость работ по разработке универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе ВИЭ.

Таблица 5.6 – Трудоемкость работ по разработке системы

Наименование работ	Трудоемкость, чел. дни	
	Руководитель	Инженер
1. Разработка технического задания	10	20
2. Сбор и обработка информации	10	30
3. Разработка методов решения задачи	10	20
4. Изучение программного обеспечения	10	30
5. Разработка функциональной схемы	4	10
6. Разработка алгоритмов системы	4	40
7. Создание коммутационной программы	10	40
8. Тестирование и отладка программного комплекса	10	40
9. Подготовка и оформление технической документации	2	30
ИТОГО	70	260

В таблице 5.7 представлен расчет заработной платы инженера и руководителя.

Таблица 5.7 – Труд и заработная плата

Должность исполнителя	Зарплата за месяц	Дневная ставка	Трудоёмкость (чел. – дней)	Итого зарплата
Инженер	40 000,00	1 818,18	260	472 730,00
Руководитель	60 000,00	2 727,27	70	190 910,00
ИТОГО	100 000,00	4 545,45	330	663 640,00

Расчет выполнен исходя из 22 рабочих дней в месяц.

Основная заработная плата (C_{30}) рассчитывается по формуле:

$$C_{30} = D_{СП} T_{СП} + D_{Инж} T_{Инж}$$

$$C_{30} = 1\,818,18 * 260 + 2\,727,27 * 70 = 663\,640,00 \text{ руб.}$$

Дополнительная зарплата:

$$D_{30} = 0,1 * C_{30}$$

$$D_{30} = 0,1 * 663\,640,00 = 66\,364,00 \text{ руб.}$$

Начисления на заработную плату:

$$C_{СН} = (D_{30} + C_{30}) * 0,34 = (66\,364,00 + 663\,640,00) * 0,34 = 248\,580,00 \text{ руб.}$$

Накладные расходы рассчитываются по формуле:

$$C_{НР} = (D_{30} + C_{30}) * N_{НР}, \text{ где } N_{НР} = 33 \% \text{ – процент накладных расходов,}$$

$$C_{НР} = (D_{30} + C_{30}) * 0,33 = (66\,364,00 + 663\,640,00) * 0,33 = 241\,260,00 \text{ руб.}$$

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Материалы, необходимые для проведения работ перечислены в таблице 5.8, а расходы на спецоборудование представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.8 – Материалы, необходимые для проведения работ

Материалы	Ед. измер.	Кол-во	Цена за ед. (руб.)	Сумма (руб.)
Бумага	пачка	5	290,00	1 450,00
Картридж для принтера	шт.	3	3 000,00	9 000,00
USB-флэшка	шт.	2	1 000,00	2 000,00
Канцелярские принадлежности	компл.	2	500,00	1 000,00
ИТОГО				13450,00

Таблица 5.9 – Расходы на спецоборудование системы

Оборудование	Цена за ед.	Кол-во ед.	Сумма (руб)
Контроллер и модули расширения	20 000,00	1	20 000,00
Комплекты вспомогательных элементов	10 000,00	1	10 000,00
Комплекты датчиков	40 000,00	1	40 000,00
ИТОГО			70 000,00

В себестоимость разработки системы также необходимо включить затраты на монтаж оборудования, которые будем считать равны 80 000,00 руб.

Сводим полученные результаты по расходам в таблицу 5.10.

Таблица 5.10 – Калькуляция себестоимости работ системы автоматизации

Статьи затрат	Сумма (руб.)
1. Материалы	13450,00
2. Специальное оборудование	70 000,00
3. Основная заработная плата	663 640,00
4. Дополнительная заработная плата	66 364,00
5. Начисления на заработную плату	248 580,00
6. Накладные расходы	241 260,00
7. Расходы на монтаж	80 000,00
Итого себестоимость	1 383 294,00

5.3 Выводы по главе

В данной главе изучены организационно-экономические вопросы разработки системы мониторинга и безопасности для энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии. Для этого были выполнены:

- оценка затрат на реализацию системы мониторинга и безопасности в рамках системы автоматизации здания;
- оценка затрат на реализацию универсальной системы мониторинга и безопасности.

Оценка затрат показала, что, не смотря на более дорогие комплектующие для реализации системы мониторинга и безопасности в рамках системы автоматизации здания итоговое решение оказывается дешевле, чем универсальная система, реализованная на более дешевых комплектующих.

Такую разницу можно объяснить гораздо большими трудозатратами на реализацию универсальной системы.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

6.1 Безопасность жизнедеятельности и охрана труда при монтаже и использовании солнечных панелей

Монтаж, эксплуатация и техническое обслуживание системы на основе солнечных батарей требует соответствующего уровня технических знаний. Любая работа с системой должна выполняться только с соблюдением правил техники безопасности при электромонтажных и наладочных работах.

Перед установкой и подключением или обслуживанием фотоэлектрической системы необходимо обязательно ознакомиться с соответствующими документами по технике безопасности. Несоблюдение требований безопасности может привести к серьезным травмам или поломке оборудования.

Запрещено допускать детей к системе [44].

Важные требования безопасности по эксплуатации солнечных панелей:

- солнечные батареи должны использоваться в соответствии с их прямым назначением;
- запрещено вносить технические изменения в конструкцию батарей;
- во время монтажа необходимо соблюдать все местные правила и нормы безопасности;
- несколько соединенных между собой солнечных батарей могут генерировать высокое напряжение; когда на солнечную батарею падает свет, она начинает вырабатывать напряжение, которое может быть опасным и угрожать жизни; одна солнечная батарея выдает сравнительно низкое напряжение, обычно максимум 25-50В постоянного тока, но при объединении в последовательную цепочку напряжение повышается кратно количеству батарей; при параллельном подключении суммируется ток.

Основные меры безопасности при использовании солнечных панелей:

									Лист
									77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ				

- контактные разъемы MC4 солнечных панелей защищены от случайного прикосновения, но все же необходимо предпринять необходимые меры предосторожности во избежание возгорания, искрения и ударов током;
- не вставлять никакие электропроводящие предметы в разъемы, кроме разъемов стандарта MC4;
- снимать все электропроводящие украшения во время механической и электрической установки;
- инструменты и рабочая зона должны быть сухими; подключаемые солнечные панели и разъемы должны быть сухими;
- не проводить монтаж солнечных панелей в дождливую погоду;
- соблюдать крайнюю осторожность и аккуратность – при работе с проводами всегда использовать инструменты с изоляцией, а также изолирующие перчатки;
- не разбирать солнечные батареи; не удалять детали или этикетки производителя;
- использовать только исправные солнечные батареи, если есть повреждения или деформация солнечной батареи не подключать ее;
- не прислонять к солнечной батарее острые предметы, не красить ее и не приклеивайте что-либо;
- не подвергать солнечные батареи искусственно сфокусированному солнечному излучению;
- другие компоненты системы также могут быть источником высокого напряжения; соблюдать все требования производителей других компонентов;
- солнечные батареи, под действием света, генерируют постоянный ток, при разрыве такой цепи, например, при отключении провода постоянного тока от контроллера заряда, может возникнуть опасная электрическая дуга – никогда не отключать солнечные батареи под нагрузкой;

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- использовать только исправную проводку соответствующего сечения; не использовать провода с повреждениями;
- контакты и разъемы должны быть чистыми и сухими [44].

Солнечные батареи требуют бережного обращения, поэтому необходимо соблюдать осторожность во время перевозки, хранения и оставлять солнечные батареи в заводской упаковке до момента их монтажа.

Запрещается подъем и перенос солнечных панелей одной рукой, а также за распаячную коробку [44].

Не ставить какие-либо предметы на поверхность солнечных батарей. Избегать прогиба и деформаций солнечных батарей, не вставать на них.

Хранить солнечные батареи в сухом, проветриваемом помещении без резких перепадов температур.

Установка солнечных батарей должна осуществляться безопасно. Необходимо защитить себя и других лиц от падений. Запрещено выполнять установку при сильном ветре.

Рабочую зону при установке солнечных панелей необходимо подготовить таким образом, чтобы избежать травм.

Соблюдать максимально допустимые механические нагрузки. Не допускать максимально допустимого уровня механических нагрузок.

Перед установкой убедитесь, что воздействия погодных условий не смогут повредить солнечные батареи.

Необходимо помнить, что солнечные панели могут прогибаться под нагрузкой при определенных обстоятельствах.

Для исключения повреждения панелей из-за неровностей и деформаций не помещать между установочным профилем и задней частью солнечной батареи крепежные элементы или провода.

Убедиться в том, что панели заземлены. Для того чтобы снизить риск возникновения поражения электрическим током или пожара, солнечные батареи должны быть заземлены согласно правилам безопасности [44].

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Установка систем солнечных панелей на крыше может повлиять на пожарную безопасность здания. Солнечные батареи, установленные ненадлежащим образом, могут представлять опасность в случае пожара. Поэтому панели на крыше должны устанавливаться над поверхностью, устойчивой к возгоранию. Кроме того, панели нельзя устанавливать в непосредственной близости от огня и горючих материалов или газов.

Солнечные батареи предназначены для использования в умеренном климате.

Убедиться, что после установки солнечные панели не подвергаются искусственно концентрированному солнечному излучению, не погружены в воду и не омываются водой под давлением.

Если солнечные панели подвергаются воздействию соли или серы, может возникнуть коррозия.

Убедиться, что солнечные панели не подвергаются аномальному воздействию химических веществ. В связи с этим, из-за возможных выбросов вредных веществ установка в непосредственной близости от производственных мощностей не рекомендуется [44].

6.2 Безопасность жизнедеятельности и меры предосторожности при использовании ветрового генератора

6.2.1 Основы безопасности

К работе с ветрогенератором допускается персонал старше 18 лет, изучивший инструкцию по технике безопасности. Не допускается монтаж и обслуживание ветровых электростанций в нетрезвом состоянии.

Ветрогенератор сконструирован так, чтобы обеспечить безопасность при условии его правильной эксплуатации. Однако ответственность за безопасность лежит на тех, кто выполняет установку, эксплуатацию и обслуживание ветрогенератора. При соблюдении описанных ниже мер безопасности, возможность несчастного случая будет минимальной. Прежде, чем выполнять

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

какую-либо процедуру или действие, пользователь должен убедиться, что она безопасна [45].

Процесс эксплуатации ветроэнергетической установки требует внимательного и ответственного отношения. Устройства, входящие в ее состав, могут представлять при неправильной эксплуатации или в тяжелых погодных условиях источник повышенной опасности [45].

Основные меры предосторожности при эксплуатации ветровых генераторов заключаются в следующем:

- регулярно проводить техническое обслуживание оборудования;
- не пытаться выполнять ремонт или обслуживание ветроэнергетической установки самостоятельно; данные работы должен выполнять профессиональный персонал;
- проверить состояние основных узлов оборудования при его получении;
- не допускать к эксплуатации ветроэнергетической установки лиц, не получивших необходимые инструкции;
- не допускать детей к компонентам ветроэнергетической установки, независимо от состояния системы;
- перед началом эксплуатации необходимо тщательно осмотреть ветрогенератор убедиться в надежности крепления лопастей, мачты, и всех фланцевых соединений;
- проверить, не повреждена ли изоляция проводов;
- во время работы ветрогенератора не допускается прикасаться к проводам, и работающей турбине;
- запуск ветрогенератора должен производиться без подключенной нагрузки;
- мощность предполагаемой нагрузки не должна превышать мощность подключенного к системе инвертора [45].

Ветрогенератор представляет особую опасность при аномально сильных ветрах. Несмотря на то, что такое явление происходит крайне редко, необходимо

										Лист
										81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ					

перед монтажом выделить зону отчуждения для ветрогенератора. Зона отчуждения – пространство вокруг станции, к которому не следует допускать людей, либо животных во время работы турбины (особенно при сильных ветрах). Зона отчуждения рассчитывается следующим образом: берется высота всей конструкции ВЭС, и ней прибавляется 15 метров, эта длина по радиусу вокруг ВЭС и является зоной отчуждения [45].

6.2.2 Электробезопасность

Ветрогенератор оборудован сложными электронными устройствами, при разработке которых обеспечивалась защита от электрических источников опасности, связанных с чрезмерными токами. При подключении этих и любых других электротехнических устройств необходимо помнить, что существуют риски, создаваемые для людей протеканием электрического тока.

Выделение тепла в электротехнических системах часто является результатом протеканием чрезмерного тока по проводам с недостаточным сечением или через плохие контакты.

Аккумуляторы могут выбрасывать токи опасной величины. В случае короткого замыкания в проводах, идущих от аккумулятора, может возникнуть пожар. Чтобы устранить этот риск, необходимо установить в цепях, подключаемых к аккумулятору, плавкие предохранители или автоматические выключатели соответствующего номинала [45].

Основные меры электробезопасности при работе с ветрогенераторами заключаются в следующем:

- никогда не прикасаться к оголенным электрическим проводам или отсоединенным разъемам;
- не прикасаться к компонентам ветроэнергетической установки влажными частями тела;

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- не допускать попадания на компоненты ветроэнергетической установки (за исключением ветрогенератора и мачты) жидкости и атмосферных осадков и не ставить их на влажный пол;
- следить за исправностью электрических проводов и разъемов;
- не эксплуатировать находящееся в неисправном состоянии оборудование: это может привести к аварии и поражению электрическим током;
- не подключать ветроэнергетическую установку к другим источникам электрического питания, например, к местной электросети; в тех случаях, когда предусмотрено резервное подключение другого источника, оно должно выполняться квалифицированным персоналом с учетом особенностей работы оборудования; подключение к распределительным сетям объекта должно производиться при монтаже ветроэнергетической установки квалифицированным персоналом в строгом соответствии с нормами и правилами устройства электроустановок;
- держать любые легковоспламеняющиеся или взрывоопасные вещества (бензин, масло, ветошь и т.п.) вдали от компонентов ветроэнергетической установки;
- запрещается эксплуатация компонентов ветроэнергетической установки во взрывоопасной среде, так как в ее электрических частях возможно искрение;
- запрещается отключать аккумуляторную батарею от дополнительного оборудования при подключенном к нему генератору, это приведет к выходу из строя оборудования [45].

Для обустройства защитного заземления необходимо использовать один из следующих заземлителей:

- металлический стержень диаметром не менее 15 мм, длиной не менее 1500 мм;
- металлическую трубу диаметром не менее 50 мм, длиной не менее 1500 мм;

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

- лист оцинкованного железа размером не менее 1000 x 1000 мм.

Любой заземлитель должен быть погружен в землю до постоянно влажных слоев грунта. на заземлителях должны быть оборудованы зажимы или другие устройства, обеспечивающие надежное контактное соединение провода заземления с заземлителем. Противоположный конец провода соединяется с клеммой заземления генератора. Сопротивление контура заземления должно быть не менее 4 Ом, причем контур заземления должен располагаться в непосредственной близости от генератора.

При установке ветрогенератора на объектах, не имеющих контура заземления, в качестве заземлителей могут использоваться находящиеся в земле металлические трубы системы водоснабжения, канализации или металлические каркасы зданий, имеющие соединение с землей.

Категорически запрещается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих и взрывчатых газов и жидкостей. Во всех случаях работа по заземлению должна выполняться специалистом.

Не рекомендуется использовать генератор без заземления [45].

6.2.3 Механическая безопасность

Вращающиеся лопасти ветрогенератора представляют собой наиболее серьезный механический источник опасности.

Лопастей ротора ветрогенератора изготовлены из очень прочного материала. Скорость движения лопастей по наружному диаметру вращения может превосходить 250 км/час. При такой скорости лопасти могут нанести серьезную травму. Ни при каких обстоятельствах не следует устанавливать турбину в таких местах, где возможен контакт человека с движущимися лопастями ротора.

Основные меры механической безопасности при эксплуатации ветрогенераторов заключаются в следующем:

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

- нельзя устанавливать турбину таким образом, чтобы кто-нибудь мог оказаться на пути движения лопастей;
- запрещается останавливать ветроколесо при работе ветротурбины, это очень опасно;
- необходимо производить все работы по обслуживанию ветрогенератора только при полной остановке ветроколеса и в безветренную погоду [45].

6.2.4 Безопасность при эксплуатации

Необходимо соблюдать в процессе установки и эксплуатации следующие требования техники безопасности:

- выбрать для работы безветренный день;
- операции по установке следует выполнять на уровне земли;
- на протяжении всего процесса установки аккумуляторы должны быть отсоединены;
- регулярно (1 раз в год) проверять опорные конструкции, лопасти и электрические системы;
- лопасти ротора очень прочны, однако, если они войдут в контакт с твердым предметом, они могут сломаться;
- при выборе места для установки ветрогенератора необходимо руководствоваться здравым смыслом;
- для новых турбин требуется кратковременный период обкатки, лишь после этого они достигнут пиковой эффективности; во время такой обкатки может казаться, что турбина работает медленно [45].

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе выполнено исследование и разработка различных вариантов системы мониторинга и безопасности для энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии. Это позволит выбрать наиболее подходящую структуру и алгоритмическое обеспечение системы мониторинга и безопасности энергоустановок на основе ВИЭ под требования конкретного случая реализации.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Проанализированы энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии.
2. Разработана система мониторинга энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии (солнечные панели и ветровой генератор).
3. Рассмотрена реализация системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии в рамках существующей системы автоматизации здания.
4. Рассмотрена реализация универсальной системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии.
5. Выполнена проработка организационно-экономических вопросов.
6. Выполнена проработка вопросов безопасности жизнедеятельности.

При разработке системы мониторинга и безопасности энергоустановки на основе ВИЭ предлагается измерять и контролировать токи, напряжения, температуру в определенных точках энергоустановки. Контроль токов и напряжений должен осуществляться на выходе солнечных панелей, на выходе ветрогенератора, в точке подключения к электрической сети, в точке подключения к потребителям, на аккумуляторной батарее. Контроль температур должен осуществляться в солнечных панелях, в ветрогенераторе, в инверторе, в зарядном устройстве, в аккумуляторной батарее. Также необходимо

					<i>13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						86
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

осуществлять контроль скорости вращения ветрогенератора. По полученным значениям от перечисленных датчиков система мониторинга и безопасности должна осуществлять формирование необходимых информационных сообщений о текущей ситуации. В случаях возникновения критических ситуаций система мониторинга и безопасности должна осуществлять соответствующее информирование пользователя системы, а также необходимые отключения, которые могут быть предусмотрены в системе. Например, в случае перегрева солнечных панелей возможно включение вентилятора, который обеспечит охлаждение пространства между поверхностью солнечных панелей и поверхностью их установки.

В случае применения системы мониторинга и безопасности для энергоустановок на основе ВИЭ, эксплуатируемых в рамках зданий, оснащенных системой автоматизации, возможна реализация системы на основе специализированного оборудования для автоматизации зданий.

Для общего случая применения показана реализация системы мониторинга и безопасности с использованием доступного микроконтроллера ArduinoMega и других компонентов, обеспечивающих необходимый функционал системы.

В связи с этим можно утверждать, что все задачи, сформулированные в работе решены и цель работы достигнута.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 54100-2010. Нетрадиционные технологии. Возобновляемые источники энергии. Основные положения [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/389111/ - Данные на 24.06.2019 г.
2. ГОСТ Р 56124.7.1-2014. Возобновляемая энергетика. Гибридные электростанции на основе возобновляемых источников энергии, предназначенные для сельской электрификации. Рекомендации. Часть 7-1. Генераторы. Фотоэлектрические батареи [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200114747> - Данные на 24.06.2019 г.
3. Варианты использования солнечных батарей для экономии Ваших средств [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solnechnye.ru/batareya/mozhno-li-sekonomyt.htm> - Данные на 24.06.2019 г.
4. Дюсьмикеев А.Б. Базовые принципы солнечной энергетики для проектирования и строительства солнечных электростанций / А.Б. Дюсьмикеев // Минск.– 2016. - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://energoeffekt.gov.by/effbuild/download/379.pdf> - Данные на 24.06.2019 г.
5. Безруких П.П. Эффективность возобновляемой энергетики. Мифы и факты / П.П. Безруких // Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование. – 1(29) – 2015. – с. 5 – 17.
6. Рац Г.И. Развитие альтернативных источников энергии в решении глобальных энергетических проблем / Г.И. Рац, М.А. Мординова // Известия ИГЭА. - №2(82). – 2012. – с. 132 – 136.
7. Горбачев Е.Е. Автономные источники возобновляемой энергетики в электроснабжении фермерских хозяйств России / Е.Е. Гобачев, П.Ю. Грачев // Труды Кольского научного центра РАН. – 2011. – с. 220 – 225.
8. Родионова И.А. Некоторые структурные особенности развития мировой энергетики, основанной на альтернативных возобновляемых источниках

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88

- энергии / И.А. Родионова, О.В. Шувалова // Финансы: Теория и Практика. – 2011. – с. 74 – 82.
9. Бауер У.В. Экономические предпосылки развития возобновляемой энергетики в сельском хозяйстве / У.В. Бауер // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - №5. – 2012. – с. 70 – 73.
 10. Солнечная электростанция с массивом 4,5 кВт для частного дома в Узбекистане [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.helios-house.ru/solnechnaya-elektrostantsiya-s-massivom-4-5kvt-dlya-chastnogo-doma-v-uzbekistane.html> - Данные на 24.06.2019 г.
 11. Удаленный мониторинг солнечных электростанций и ИБП Victron[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solnechnye.ru/news/victron-remote-monitoring.htm> - Данные на 24.06.2019 г.
 12. Отзыв об инверторной системе для дома UR-5000 (часть 1)[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solnechnye.ru/news/otzyv-ob-invertornoj-sisteme-dlya-doma-UR-5000-part1.htm> - Данные на 24.06.2019 г.
 13. Отзыв об инверторной системе для дома UR-5000 (часть 2)[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solnechnye.ru/news/otzyv-ob-invertornoj-sisteme-dlya-doma-UR-5000-part2.htm> - Данные на 24.06.2019 г.
 14. Отзыв об инверторной системе для дома UR-5000 (часть 3)[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solnechnye.ru/news/otzyv-ob-invertornoj-sisteme-dlya-doma-UR-5000-part3.htm> - Данные на 24.06.2019 г.
 15. Система мониторинга солнечных панелей [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://zit21.ru/products/al_ternativnaya_energetika/sistema_monitoringa_solnechnyh_panelej/ - Данные на 24.06.2019 г.
 16. Мониторинг солнечных и ветряных электростанций [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://sensor-tools.ru/oblasti-primeneniya/monitoring-solnechnyx-i-vetryanux-elektrostantsij/> - Данные на 24.06.2019 г.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

17. Акулинин А. Оценка возможностей солнечной энергетики на основе точных наземных измерений солнечной радиации / А. Акулинин, В. Смыков // Проблемы региональной энергетики. – 2008. – с. 29 – 39.
18. Степанов С.М. Нейросетевое прогнозирование генерации электроэнергии солнечными панелями / С.М. Степанов, Н.А. Искра // Доклады БГУИР. – 2018. - № 3(113). – с. 26 – 31.
19. Ковязин А.А. Проблемы солнечных установок малой мощности, генерирующих электроэнергию в общую сеть / А.А. Ковязин, И.М. Бабкин // Вопросы науки и образования. – 2018. – с. 23 – 28.
20. Пример расчета параметров ветроэнергетической установки для потребителя малой мощности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/132/36967/> - Данные на 24.06.2019 г.
21. Плахов Д.А. Особенности проектирования интеллектуальной энергосистемы аэропорта / Д.А. Плахов, П.О. Марасанов, Б.В. Жмуров // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – №185. – 2012. – с. 92 – 96.
22. Четошникова Л.М. Управление электроэнергией и сервис-ориентированные сети / Л.М. Четошникова, Н.И. Смоленцев, С.А. Четошников // Вестник ЮУрГУ. - № 16. – 2012. – с. 98 – 102.
23. Май Н.Т. Моделирование и оптимизация управления интеллектуальной гибридной энергосистемой с источниками возобновляемой энергии / Н.Т. Май, В.М. Ха, В.А. Камаев, М.В. Щербаков // Управление большими системами: сборник трудов. – 2013. – с. 293 – 309.
24. Слесаренко В.В. Выбор установок возобновляемой энергетики для локальных систем энергоснабжения / В.В. Слесаренко, А.Н. Гульков, И.В. Слесаренко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – с. 171 – 181.
25. Лемешко К.О. Интеллектуальная энергетическая система здания / К.О. Лемешко // LII International Scientific and Practical Conference «International Scientific Review of the Problems and Prospects of Modern Science and

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

Education [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://scientific-conference.com/h/sborniki/tekhnicheskie-nauki/1573-intellektualnaya-energeticheskaya.html> - Данные 26.06.2019.

26. Сухов А.А. Модернизация систем электроснабжения сельских потребителей путем внедрения распределенной генерации / А.А. Сухов, Н.А. Стушкина // Вестник «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства». – №5. – 2018. – с. 69 – 74.
27. Налбандян Г.Г. Концепция интернета энергии в России: драйверы и перспективы / Г.Г. Налбандян, Т.В. Ховалова // Стратегические решения и риск-менеджмент. – №3(108). – 2018. – с. 60 – 65.
28. Ульянов Д.Г. Использование информационных технологий для эффективного управления энергопотреблением / Д.Г. Ульянов // Проблемы науки. – 2016. – 19 – 21.
29. Brahman F. Optimal Electrical and Thermal Energy Management of a Residential Energy Hub, Integrating Demand response and Energy Storage System / F. Brahman, M. Honarmand, S. Jadid // Energy and Buildings. – №90 – 2015. – p. 65 – 75.
30. Rastegar M. Load Management in a Residential Energy Hub with Renewable Distributed Energy Resources / M. Rastegar, M. Fotuhi-Firuzabad // Energy and Buildings. – №107 – 2015. – p. 234 – 242.
31. Rastegar M. Home load management in a residential energy hub / M. Rastegar, M. Fotuhi-Firuzabad, M. Lehtonen // Electric Power Systems Research. – №119. – 2015 – p. 322–328.
32. Liu Y. Review of Smart Home Energy Management Systems / Y. Liu, B. Qui, X. Fan, H. Zhu, B. Han // Energy Procedia. – №104. – 2016. – p. 504 – 508.
33. Setlhaolo D. Residential load management in an energy hub with heat pump water heater / D. Setlhaoloa, S. Sichilalub, J. Zhang // Applied Energy. – №208. – 2017. – p. 551 – 560.
34. Сервер автоматизации AutomationServerBundler[Электронный ресурс] – Режим доступа:

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

- http://dionabms.ru/products/smartstruxure/automation_server/as-b/ - Данные на 24.06.2019 г.
35. Программируемый контроллер ТАСХента 280 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nrip-isu.ru/ТАС/pdf/000323280R.pdf> - Данные на 24.06.2019 г.
36. Модули ввода-вывода для Сервера Автоматизации. Обеспечивают работу StruxureWareBuildingOperation v1.3 [Электронный ресурс] – Режим доступа:
http://dionabms.ru/file_manager/datasheets/smartstruxure/RU_SBO_v1_3_IOModules.pdf - Данные на 24.06.2019 г.
37. Каталог датчиков ОВиК EcoBuilding [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://buildings.schneider.ru/technical/field/sensors/CatalogSensors.pdf> - Данные на 24.06.2019 г.
38. Измерительные преобразователи сигналов напряжения MACXMCR-VDC-2906242 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/kz/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2906242&library=kzru&pcck=P-13-10-04&tab=1&selectedCategory=ALL> - Данные на 24.06.2019 г.
39. ArduinoMega 2560 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://amperka.ru/product/arduino-mega-2560> - Данные на 24.06.2019 г.
40. Датчик тока и напряжения с аналоговым выходом на MAX471 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arduino.ua/prod1909-datchik-toka-i-napryajeniya-s-analogovim-vihodom-na-max471> – Данные 24.06.2019 г.
41. Ethernet Shield 2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://amperka.ru/product/arduino-ethernet-shield> – Данные 24.06.2019 г.
42. GSM/GPRSSIM900 Shield [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/gsm-gprs-sim900-shield/> – Данные 24.06.2019 г.
43. Цветной сенсорный TFT-экран Nextion 320×240 / 2,4” [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://amperka.ru/product/nextion-touch-display-2in> – Данные на 24.06.2019 г.

					<i>13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ</i>	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

44. Солнечные батареи. Инструкция по установке [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://instructions.sannycom.ru/manual_solar_panels.pdf – Данные на 24.06.2019 г.

45. Ветрогенераторы горизонтально-осевые. Серия «АЛЬЭН Air» (мощность от 10 до 60 кВт). Руководство пользователя установке [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://s.siteapi.org/bd193c5f90591ab.ru/docs/4c3ff7ca6acc0eaba9b53daf6cbbe206baccd7a6.pdf> – Данные на 24.06.2019 г.

					13.04.02.2019.166.00.00 ПЗ	Лист
						93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		