



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **Elumaja autonoomse kütte- ja soojaveevaru süsteemi automatiseerimine**

### **Automation of autonomous heating and hot water supply of a residential building**

Tootmise automatiseerimine LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Andres Kaljusaar

Üliõpilaskood: 180851RDDR

Juhendaja: Sergey Chekryzhov, lektor

## AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“...” ..... 20.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

“...” ..... 20.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele

lubatud

“...” ..... 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Andres Kaljusaar (sünnikuupäev: 03.04.1979)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Elumaja autonoomse kütte- ja soojaveevaru süsteemi automatiseerimine, mille juhendaja on Sergey Chekryzhov,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Andres Kaljusaar, 180851RDDR

Õppekava, peeriala: RDDR08/17 Tootmise automatiseerimine

Juhendaja(d): lektor, Sergey Chekryzhov, sergey.chekryzhov@taltech.ee

Konsultant: nimi, amet

ettevõtte, telefon, e-post

*Lõputöö teema:*

(eesti keeles) Elumaja autonoomse kütte- ja soojaveevaru süsteemi automatiseerimine

(inglise keeles) Automation of autonomous heating and hot water supply of a residential building

*Lõputöö põhieesmärgid:*

- 1.
- 2.
- 3.

**Lõputöö etapid ja ajakava:**

| Nr | Ülesande kirjeldus | Tähtaeg |
|----|--------------------|---------|
| 1. |                    |         |
| 2. |                    |         |
| 3. |                    |         |

**Töö keel:** Vene

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** "....."..... 20.....a

**Üliõpilane:** ..... "....."..... 20.....a

/allkiri/

**Juhendaja:** ..... "....."..... 20.....a

/allkiri/

**Konsultant:** ..... "....."..... 20.....a

/alkiri/

**Programmijuh:** .....

/alkiri/

“.....” ..... 20.....a

## Оглавление

|  |    |
|--|----|
| Сокращения .....   | 7  |
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 8  |
| 1. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ.....  | 10 |
| 1.1 ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ЭСТОНИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГО ПРОЕКТОВ.....  | 10 |
| 1.2 «ЗЕЛЁНЫЙ ТАРИФ» - ЕВРОПЕЙСКАЯ ПРАКТИКА ПРИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ<br>АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ ..... | 11 |
| 1.3 ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ .....                                     | 12 |
| 3.5 СОЛНЕЧНАЯ ПАНЕЛЬ NEVEL .....   | 13 |
| 2. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО<br>ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....                   | 15 |
| 2.1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ .....   | 15 |
| 2.1.1 ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....                                    | 16 |
| 2.1.2 ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ .....   | 16 |
| 2.2 АЛГОРИТМ РАБОТЫ РАЗРАБОТАННОЙ СХЕМЫ.....   | 17 |
| 2.3 АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....   | 19 |
| 2.3.1 РУЧНОЙ РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ СИСТЕМОЙ ОТОПЛЕНИЯ .....  | 19 |
| 2.3.2 АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОТОПЛЕНИЯ.....  | 19 |
| 2.3.3 АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ НАГРЕВА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ .....   | 20 |
| 2.4 АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ СИСТЕМЫ ГВС.....   | 20 |
| 2.4.1 РУЧНОЙ РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ ГВС.....  | 20 |
| 2.4.2 АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ ГВС .....   | 20 |
| 2.4.3 АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ СИСТЕМЫ НАГРЕВА СИСТЕМЫ ГВС .....   | 21 |
| 3. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИБОРЫ.....   | 22 |
| 3.1 МНОГОКАНАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ EURUTERM 2604.....  | 22 |
| 3.2 ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ ДТС 075-50М В3 60 МГ.....   | 25 |
| 3.3 ФОТОДАТЧИК ФД-02.....  | 26 |
| 3.4 БЛОК РОЗЖИГА БР3-04-М1-2К-01 .....   | 26 |
| 3.6 ИНВЕРТЕР CONEXT CL 7000 .....  | 29 |
| 3.7 ДВУНАПРАВЛЕННЫЙ ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИК FRONIUS SMART METER.....  | 30 |
| 3.8 БЕСКОНТАКТНОЕ ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ РЕЛЕ HD-6044.ZA2 .....   | 33 |
| 3.9 ПУСКАТЕЛЬ ПМЛ-2160М.....   | 35 |
| 3.10 ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ НАСОС WILO PB-201EA .....  | 35 |

|   |    |
|---|----|
| РЕЗЮМЕ .....  | 37 |
| КОЖКУVЃТЕ .....   | 38 |
| SUMMARY .....   | 39 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....  | 40 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А. Основные характеристики измерителя-регулятора EURUTERM 2604 ..... | 41 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Значение настроечных параметров EURUTERM 2604 .....               | 43 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В. Характеристики фотодатчика ФД-02 .....                            | 45 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г - Алгоритм работы блока розжига БРЗ-04-М1-2К-01 .....              | 46 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Основные характеристики солнечной панели фирмы HAVEL .....        | 47 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Ценовое предложение по установке солнечной батареи .....          | 49 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Основные характеристики счётчика Fronius Smart Meter 63А-1 .....  | 51 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ З Принципиальная схема управление резервной системы отопления .....  | 52 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ И Принципиальная схема работы автономного теплоснабжения .....       | 53 |

## **Сокращения**

ЧЭ – чувствительный элемент

ГВС – горячее водоснабжение

ДТС – датчик термосопротивления

ИВН – источник высокого напряжения

## **ВВЕДЕНИЕ**

Европейская комиссия разработала проект о климатическом законодательстве (Европейского закона о климате — European Climate Law), нацеленного на достижение Европой углеродной (климатической) нейтральности к 2050 году[1].

Основные положения сформулированы в Европейском «зеленом соглашении», которое было представлено в декабре 2020 года. В этой директиве предусматривается юридически обязательная цель по достижению чистых нулевых выбросов парниковых газов к 2050 году. Институты ЕС и государства-члены будут обязаны принять необходимые меры на уровне ЕС и на национальных уровнях для достижения цели [2].

В сегодняшней версии законопроекта не предлагается конкретная новая цель сокращения выбросов на 2030 г. Говорится лишь, что «на основе комплексной оценки Комиссия предложит новую цель ЕС по сокращению выбросов парниковых газов на 2030 год». Нынешняя цель: сокращение выбросов на 40%. путём внедрения в широкое применение альтернативных источников энергии [3].

В Эстонии самым популярным источником тепла по-прежнему являются газовые котлы. Современные газовые котлы не зависят от устаревших коммуникаций (морально и физически) и могут вырабатывать необходимое количество тепла, при этом расходуя значительно меньше топлива. Стоимость за кВт энергии, вырабатываемой в автономной котельной, значительно меньше стоимости такого же количества тепла, получаемого от централизованной системы[4].

Использование сжигания газа в качестве источника тепла в настоящее время считается наиболее экономичным вариантом. КПД котла, работающего на этом типе топлива, достигает 95%. Работа автономного газового котла основана на сжигании природного газа. И это не только самое безопасное и чистое топливо, но и одно из самых дешевых. В последнее время все чаще используются так называемые гибридные системы отопления, то есть в системе есть два или более независимых источника тепла.

В дипломном проекте была разработана гибридная система отопления дома - газ и солнечная энергия. Использование солнечной энергии значительно сократит потребление газа, что сделает газовый котел еще более экономичным и экологически чистым.

Модульные газовые котлы относительно малы по сравнению с другими типами котлов и являются хорошим решением для мест, где трудно обеспечить централизованные системы

В первой главе данной работы рассматривается объект автоматизации, а также даётся описание требований, предъявляемых системе автоматизации. Во второй главе подробно распи-

сан алгоритм работы системы автоматизации нагрева отопления и ГВС. В третьей главе даётся характеристика и описание всех приборов, используемых в системе автоматизации.

Работа содержит 49 страниц, 15 рисунков, 2 графических приложения, 6 текстовых приложений.

# **1. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ.**

## **1.1 ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ЭСТОНИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОПРОЕКТОВ**

Концепция здания с нулевым энергетическим балансом, предусматривает удовлетворение энергетических потребностей домовладельцев, территориально доступных, экологически чистых, возобновляемых источников энергии.

Автономное теплоснабжение в Эстонии было недостаточно развито, поскольку основное внимание было обращено к централизованному отоплению. Многие жилые и прочие помещения отапливались из централизованных источников. И, поскольку, долгое время это оставалось довольно доступным способом обогрева жилища, использование автономных систем просто не имели смысла.

В настоящее время для отопления зданий потребители все чаще вынуждены прибегать к использованию автономных газовых котельных. Это даёт ряд преимуществ перед использованием централизованного отопления:

- вопросы постройки, решаются гораздо быстрее и проще, чем при прокладке централизованной системы;
- возможность более быстрого монтажа и запуска в эксплуатацию системы;
- снижение стоимости первоначальных затрат, так как отпадает необходимость в прокладке дорогостоящих длинных тепловых магистралей;
- расходы при эксплуатации автономных газовых котельных компенсируются рациональным использованием производимого тепла. Ведь, благодаря более сбалансированному регулированию подачи тепла и отсутствию его потерь в тепловых сетях, необходимо сжечь меньшее количество топлива. По некоторым оценкам, сейчас в централизованных системах теплоснабжения теряется около 50% тепла, вырабатываемого для нужд отопления. Действительно, автономное отопление может стать одним из эффективных направлений жилищно-коммунальной реформы в Эстонии [5].

Приоритетным направлением затрат, которое необходимо экономить, является отопление жилых домов. Как показывает практика, выработка тепла на современной автономной котельной значительно дешевле тепла, получаемого от централизованных тепловых сетей, а

несколько лет эксплуатации позволяют само финансироваться и снизить затраты на отопление.

Кроме того, разработанная система отопления будет гибридной. То есть вода будет нагреваться двумя источниками тепла - это тепло, получаемое от сжигания газа, и нагревательные элементы (нагревательные элементы), питающиеся от электричества, вырабатываемого солнечными батареями.

## **1.2 «ЗЕЛЁНЫЙ ТАРИФ» - ЕВРОПЕЙСКАЯ ПРАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ**

Европейская практика производства и использования альтернативной энергии подтверждает высокий уровень энергосбережения и развития новых видов энергетических ресурсов, в том числе возобновляемых источников энергии. Feed-intariff («Зеленый тариф» тариф на подключение) —экономический и политический механизм, предназначенный для привлечения инвестиций в технологии использования возобновляемых источников энергии

В основе данного механизма лежат три основных фактора:

- гарантия подключения к сети;
- долгосрочный контракт на покупку всей произведённой возобновляемой электроэнергии;
- надбавка к стоимости произведённой электроэнергии.

Впервые «Зеленый тариф» появился в США. В настоящее сто стран со всего мира внедрили систему выкупа альтернативной энергетики у частных производителей. В каждом государстве стоимость электроэнергии по Зеленому тарифу регулируется по собственному своду правил. Несмотря на то, что Европа считается лидером по внедрению альтернативной энергетики, программа привлечения инвестиций к развитию «зеленых технологий» появилась здесь на 13 лет позже, чем в США.

В основе данного механизма лежат три основных фактора:

- гарантия подключения к сети;
- долгосрочный контракт на покупку всей произведённой возобновляемой электроэнергии;
- надбавка к стоимости произведённой электроэнергии.

На рис. представлены возможные схемы использования альтернативных источников энергии для системы локального теплоснабжения частных домов. К ним относятся:

- твердотопливные печи;
- электрические и газовые плит;
- камины;

- газовые котлы;
- бойлеры с горелками
- грунтовые и воздушные тепловые насосы
- солнечные батареи и солнечные коллекторы.

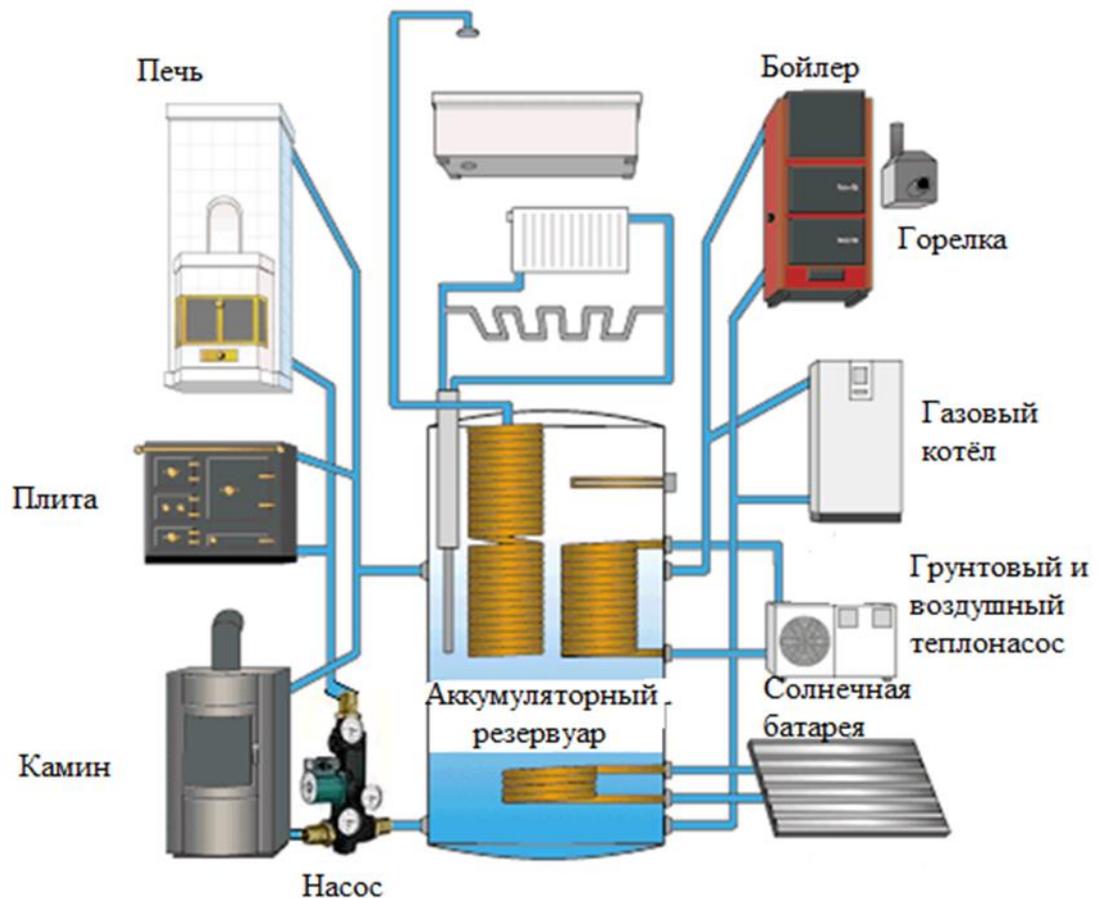


Рис.1 Принципиальные системы отопления небольших жилых домов и частных домов с использованием альтернативных источников энергии.

Выбор того или иного источника тепловой зависит от разных факторов: конкретных условий эксплуатации, экономических затрат, социальных предпочтений и экономической политики в области «зеленой энергии». В Эстонии большое внимание уделяется использованию солнечной энергии.

### **1.3 ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

Солнечные батареи-это достаточно новый способ получения энергии в нашей стране, и, несмотря на высокие затраты на начальном этапе строительства, они все еще имеют большие

перспективы развития. Срок службы этих систем значительно превышает срок окупаемости. В этом случае система является экологически чистой и независимой от внешних факторов

Использование солнечной энергии для отопления имеет ряд достоинств:

- безопасный и абсолютно «чистый» источник энергии;
- снижение затрат на отопление и ГВС;
- независимость от состояния экономики.

Но также в системе имеются и недостатки такие, как:

- зависимость количества поступающего тепла от погоды и региона;
- для гарантированного отопления потребуются система, которая может работать параллельно с гелиосистемой отопления. Многие производители отопительного оборудования предусматривают такую возможность. В частности, европейские производители настенных газовых котлов предусматривают совместную работу с солнечным отоплением. Иначе потребуются согласование работы отопительной системы при помощи контролера;
- солидные финансовые вложения на стартовом этапе;
- периодичное обслуживание: трубки и панели нужно очищать от налипшего мусора и мыть от пыли.

### **3.5 СОЛНЕЧНАЯ ПАНЕЛЬ NEVEL**

При выборе солнечных панелей необходимо обратить внимание на тип кристаллов, используемых в конструкции панелей (см рис 2). Правильно выбранные элементы и место размещения световых модулей – это факторы, которые влияют на эффективность альтернативного получения электричества. Солнечные батареи надежны, у них нет движущихся частей, они не подвержены механическому износу, поэтому они долговечными и способны безотказно служить на протяжении десятков лет.

В зависимости от способа изготовления солнечные батареи делятся на несколько видов.

Монокристаллические солнечные модули - элементы из монокристаллического кремния. Имеют наилучшие показатели эффективности (срок их службы составляет более 30 лет). КПД фотоэлектрической панели на основе монокристаллического кремния составляет 14-17%.

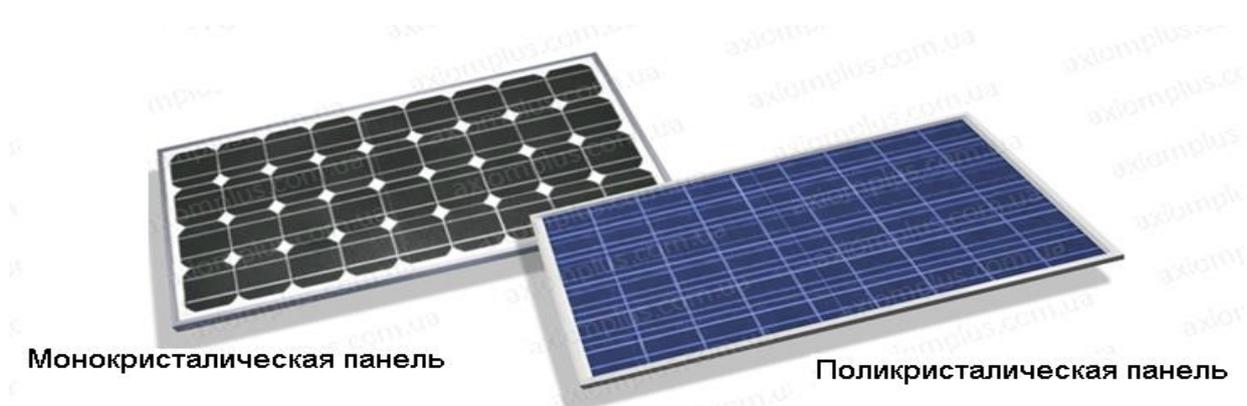
Поликристаллические солнечные модули - элементы из поликристаллического кремния. Срок службы более 25 лет. КПД солнечной батареи на этой основе составляет 10-12%. Является самым распространенным типом модулей для солнечных батарей.

Солнечные модули из аморфного кремния - элементы не имеют структурированного положения атомов, поэтому у аморфного кремния хуже полупроводниковые свойства. КПД = 8%. Из

плюсов - такие панели требуют меньше кремния в производстве и наносится он на любые поверхности (стекло, металл или другой материал).

Большим КПД обладают монокристаллические панели, но работают только, когда солнечные лучи попадают под прямым углом  $90^\circ$ , что подходит для экваториальных широт. В наших широтах использовать эти панели рационально с серводвигателями, которые поворачивали бы панель вслед за солнцем.

В домашних же электростанциях более распространенные поликристаллические модули. Они отлично работают под любым наклоном к Солнцу, производят электричество даже из отраженного света. У них меньше порог автоматического запуска.



*Рис. 2 – типовой вид солнечных панелей*

Стоимость 1 Вт солнечных панелей на январь 2021 года можно принять около 0,5 USD/W.

В идеальном расчете современные солнечные батареи могут выдавать до 1,35 кВт/м кв. и для получения 10 кВт потребуется всего 7,5 кв. м панелей. В нашей климатической зоне можно добиться максимум 20%. Следовательно, с 1 кв. м можно получить от 150 до 600 Вт электрической энергии. Выработанная энергия – это величина мощности, которую панель отдала в нагрузку в фактических условиях за 24 часа. Определяется как соотношение суммарной усредненной энергии к 24 часам [6].

Для панелей из кристаллического кремния эта величина равна 0.6-0.85 кВт/м кв.

В 2014 году Toila Spa стал первым предприятием в Ида-Вирумаа, где используют в качестве дополнительного источника энергии солнечный свет. С установкой новых солнечных батарей на фасадах здания все панели вместе вырабатывают в час свыше 70 киловатт электроэнергии.

Для нашей системы рационально выбрать поликристаллическую панель. Выбираем панель фирмы Nevel. Основные характеристики солнечной панели приведены в приложении Д.



Для включения дополнительного источника тепла необходимо задать суточную программу (24 ч) с шагом 15 минут. Система регулирования имеет 3-позиционный переключатель, благодаря которому обеспечиваются 3 режима работы [7].

1. дополнительный источник тепла работает по суточной программе как в дневном режиме, так и в ночном режиме.
2. дополнительный источник тепла работает по суточной программе только в ночном режиме.
3. дополнительный источник тепла постоянно выключен.

### **2.1.1 ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Под автоматизацией систем теплоснабжения понимается использование комплекса автоматических устройств для управления технологическими процессами в системах теплоснабжения. Автоматизация систем теплоснабжения включает регулирование (в частности, стабилизацию) параметров, управление работой оборудования и агрегатов (дистанционное, местное), защиту и блокировку их, контроль и измерение параметров, учет расхода отпускаемых и потребляемых ресурсов, телемеханизацию управления контролем и измерения. Схема автоматики, разработанная в данном проекте, выполняет следующие функции:

- центрального регулирования в источнике теплоты (котельной) системы отопления и системы ГВС по двум независимым контурам;
- приоритет использования альтернативного источника тепла (солнечной энергии) и при нехватке одного автоматическое сжигание природного газа для поддержания заданной температуры в контурах ГВС и отопления;
- аварийное отключение в случае перегрева контура ГВС и контура отопления независимо друг от друга;
- аварийное отключение в случае остановки насоса контура ГВС и контура отопления независимо друг от друга и предотвращение от случайного включения без вмешательства оператора.

### **2.1.2 ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ**

Так как дом имеет несколько точек потребления горячей воды, то возникает необходимость использования двух независимых контуров нагрева воды – один контур на отопление, а второй контур на горячую воду для бытовых нужд. В данной системе контроллер EURUTERM 2604 работает по двум независимым контурам нагрева горячей воды.

На графическом приложении 2 представлена принципиальная электрическая схема работы автоматизированной системы управления и регулирования котельной. Схема управления предусматривает два режима работы: ручной и автоматический, а также имеется защита от перегрева в баке.

## **2.2 АЛГОРИТМ РАБОТЫ РАЗРАБОТАННОЙ СХЕМЫ**

Работу системы можно условно разделить на два контура – отопление и ГВС и их принцип работы будет идентичен. Поэтому здесь приведён алгоритм работы одного контура, который будет идентичен и для второго. (см рис 4)

При включении системы есть возможность выбора работы – ручной и автоматический режимы. В автоматическом режиме происходит контроллером вычисление  $\Delta t$  путём сравнение реальной температуры с заданной. Далее полученная  $\Delta t$  сравнивается с двумя уставками. По срабатыванию по первой уставке обогрев происходит только с помощью электроэнергии, при второй – и электроэнергией и газом. При этом идёт проверка на включение циркуляционного насоса, без работы которого обогревы включены не будут.

В ручном режиме можно отдельно запустить и обогрев ТЭНом, и обогрев газом, и запустит их совместно. При этом  $\Delta t$  учитываться не будет.

Но в обоих режимах работы произойдёт отключение всех нагревательных элементов при достижении критической температуры, значение которой также программируется в контроллере.

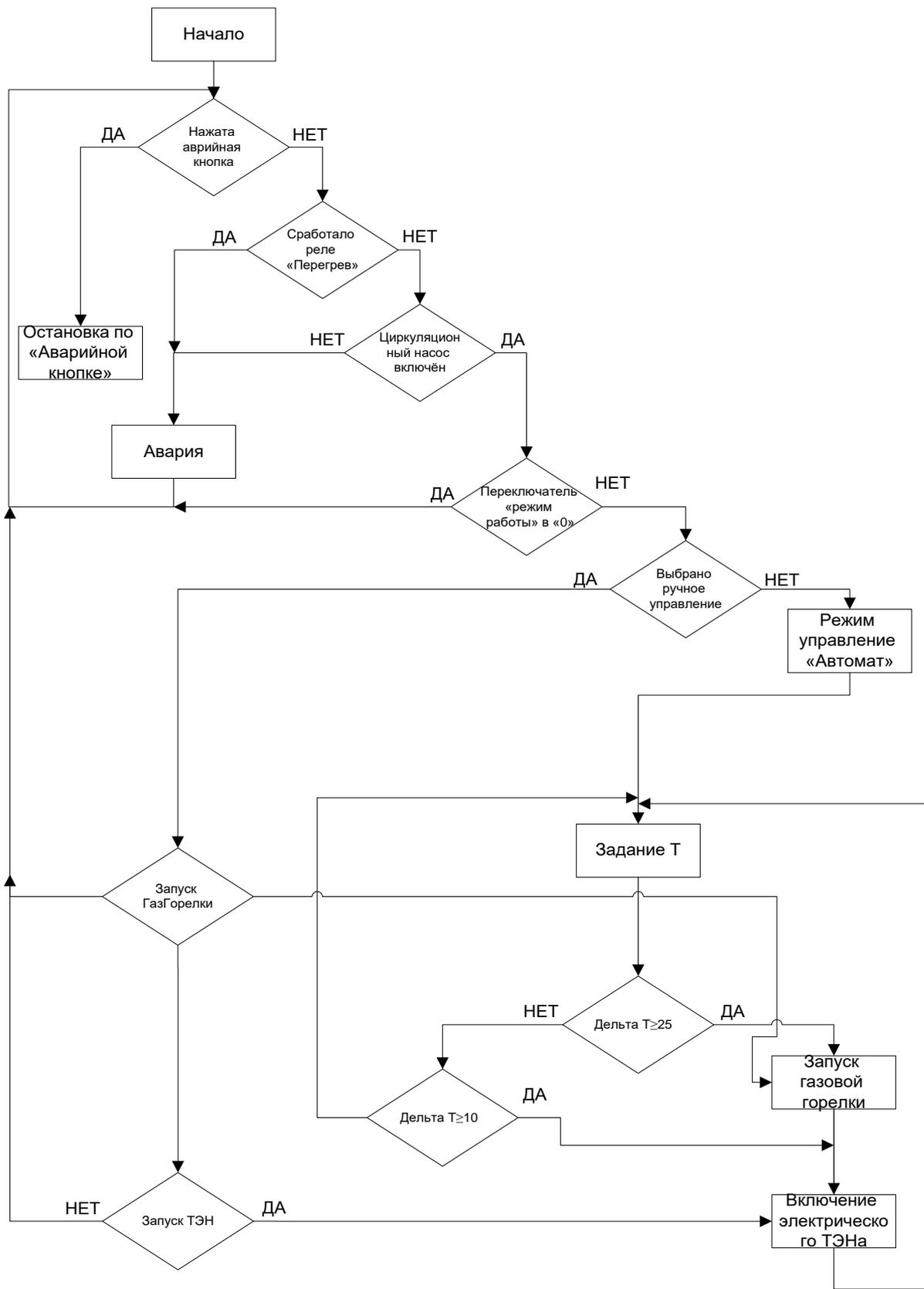


Рисунок 4 – алгоритм работы проектируемой системы

## **2.3 АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ**

### **2.3.1 РУЧНОЙ РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ СИСТЕМОЙ ОТОПЛЕНИЯ**

Рассмотрим ручной режим работы (см графическое приложение 2): тумблер повернут в положение «Р». В этом режиме есть возможность отдельно запустить нагрев горелкой и ТЭНом, но они запустятся, только если будет включён предварительно циркуляционный насос системы отопления. В этом режиме регулирование системы не производится и нагрев отключиться лишь при срабатывании аварийного датчика. Однако реальную температуру дисплей контроллера всё равно будет отображать.

### **2.3.2 АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОТОПЛЕНИЯ**

Рассмотрим автоматический режим (см. графическое приложение 2): тумблер переключателя SM1 повернут в положение «А».

При включении системы контроллер EURUTERM 2604 оценивает температуру по двум датчикам в промежуточной ёмкости системы отопления. (один датчик является аварийным, а второй рабочим). Контроллер работает в режиме «нагреватель». Если отклонение реальной температуры от заданной по датчику «Д1» превышает  $(-\Delta t)$  установленное в контроллере по уставке «U1» и «U2», то контроллер даёт команду на катушку пускателя KM1 (включение циркуляционного насоса), на бесконтактное реле K3 (включение нагревательного ТЭНа) и реле K1 (команда на блок розжига BP1) и начинается процесс подогрева емкости1 и ТЭНом и газом. Если же отклонение реальной температуры превышает  $(-\Delta t)$  только по уставке U1, то включается насос и подогрев в баке производится только ТЭНами. При достижении заданной температуры по первому каналу отключается горелка 1 и ТЭН. Насос 1 продолжает работать т.к. сработал «самоподхват». Теперь его можно остановить нажатием аварийной кнопки, нажатием кнопки «СТОП» или же он остановится вследствие аварийной ситуации – отсутствие электроэнергии или сработает его тепловое реле. «Самоподхват» сделан в целях безопасности, что бы насос самопроизвольно не запустился при устранении причин, повлекших аварийную остановку.

### **2.3.3 АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ НАГРЕВА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ**

Аварийный режим (см. графическое приложение 2): если по каким-либо причинам не сработала автоматика по датчику «Д1» (в следствии его неправильных показаний) или контакты на пускателе, запитывающие ТЭН не разомкнулись (в следствии механического или термического воздействия) и температура приблизиться к критической (уставка 9) на клемме 36 прибора EURUTERM 2604 пропадёт управляющий сигнал и реле К5 разомкнётся, обесточивая тем самым участок схемы управления, отвечающий за нагрев в емкости отопления и приводя тем самым все пускатели в исходное (разомкнутое) состояние.

## **2.4 АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ СИСТЕМЫ ГВС**

Контур ГВС работает по аналогичной схеме, как и система нагрева воды для отопления. На графическом приложении 2 представлена принципиальная электрическая схема работы автоматизированной системы управления и регулирования котельной. Схема управления предусматривает два режима работы: ручной и автоматический, а также имеется защита от перегрева в баке.

### **2.4.1 РУЧНОЙ РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ ГВС**

Рассмотрим ручной режим работы: тумблер повернут в положение «Р». В этом режиме есть возможность отдельно запустить нагрев горелкой и ТЭНом, но они запустятся только если будет включён предварительно циркуляционный насос системы ГВС. В этом режиме регулирование системы не производится и нагрев отключиться лишь при срабатывании аварийного датчика. Однако реальную температуру дисплей контроллера всё равно будет отображать.

### **2.4.2 АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ ГВС**

Рассмотрим автоматический режим (см. графическое приложение 2): тумблер переключателя SM1 повернут в положение «А».

При включении системы контроллер EURUTERM 2604 оценивает температуру по двум датчикам в промежуточной ёмкости системы ГВС. (один датчик является аварийным, а второй рабочим). Контроллер работает в режиме «нагреватель». Если отклонение реальной температуры от заданной по датчику «ДЗ» превышает ( $-\Delta t$ ) установленное в контроллере по уставке «U5» и «U6», то контроллер даёт команду на катушку пускателя KM2 (включение циркуляционного насоса), на бесконтактное реле K4 (включение нагревательного ТЭНа) и реле K2 (команда на блок розжига БР2) и начинается процесс подогрева емкости 2 и ТЭНом и газом. Если же отклонение реальной температуры превышает ( $-\Delta t$ ) только по уставке U5, то включается насос и подогрев в баке производится только ТЭНами. При достижении заданной температуры по первому каналу отключается горелка 2 и ТЭН. Насос 2 продолжает работать т.к. сработал «самоподхват». Теперь его можно остановить нажатием аварийной кнопки, нажатием кнопки «СТОП» или же он остановится вследствие аварийной ситуации – отсутствие электроэнергии или сработает его тепловое реле. «Самоподхват» сделан в целях безопасности, что бы насос самопроизвольно не запустился при устранении причин, повлекших аварийную остановку.

### **2.4.3 АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ СИСТЕМЫ НАГРЕВА СИСТЕМЫ ГВС**

Аварийный режим (см. графическое приложение 2): если по каким-либо причинам не сработала автоматика по датчику «ДЗ» (в следствии его неправильных показаний) или контакты на пускателе, запутывающие ТЭН не разомкнулись (в следствии механического или термического воздействия) и температура приблизиться к критической (уставка 13) на клемме 38 прибора EURUTERM 2604 пропадёт управляющий сигнал и реле K5 разомкнётся, обесточивая тем самым участок схемы управления, отвечающий за нагрев в емкости ГВС и приводя тем самым все пускатели в исходное (разомкнутое) состояние.

## **3. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИБОРЫ**

### **3.1 МНОГОКАНАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ EURUTERM 2604**

Eurotherm уже более 40 лет является крупнейшим в мире производителем температурных и технологических контроллеров. Технологические процессы в нефтехимии, энергетике, при производстве стекла, пластика и в других отраслях промышленности, требуют стабильного и точного мониторинга и контроля температурных и других показателей. Температурные и промышленные контроллеры Eurotherm серии 3000 и 2000 отвечают самым высоким требованиям критических, с точки зрения управления, применений в нефтехимии и химии.

Серия контроллеров Eurotherm предоставляет в распоряжение пользователя четкие и понятные простые в использовании операторские интерфейсы.

Многоканальный измеритель регулятор микропроцессорный программируемый типа EURUTERM 2604 совместно с термопреобразователями либо унифицированными источниками сигналов (датчиками) и устройствами управления предназначен для контроля входных параметров и управления исполнительными механизмами в соответствии с заданной программой логики. Прибор EURUTERM 2604 четырехканальный и имеет два независимых устройства управления на каждый канал [8].

В случае обрыва линии, соединяющей регулятор с термопреобразователем сопротивления или термопарой, на цифровой индикатор вместо значения температуры выводятся прочерки. При коротком замыкании датчика или линии на индикатор прибора с термосопротивлением так же выводятся прочерки. Наличие на цифровом индикаторе прочерков означает аварию, при котором управление исполнительными механизмами блокируется.

Управления исполнительными механизмами происходит с помощью транзисторных ключей. Логику управления этими ключами задает оператор согласно рис. 2. О том, что управляющий сигнал включён, оповещает соответствующий светодиод, находящийся на передней панели прибора (справа от цифрового табло). Для каждой измеряемой величины в приборе предусмотрена возможность независимой коррекции значения по каждому каналу. В значение измеряемого параметра вносится поправка равная величине корректирующего значения. На цифровом индикаторе отображается уже скорректированное значение, и оно же используется в процессе управления.

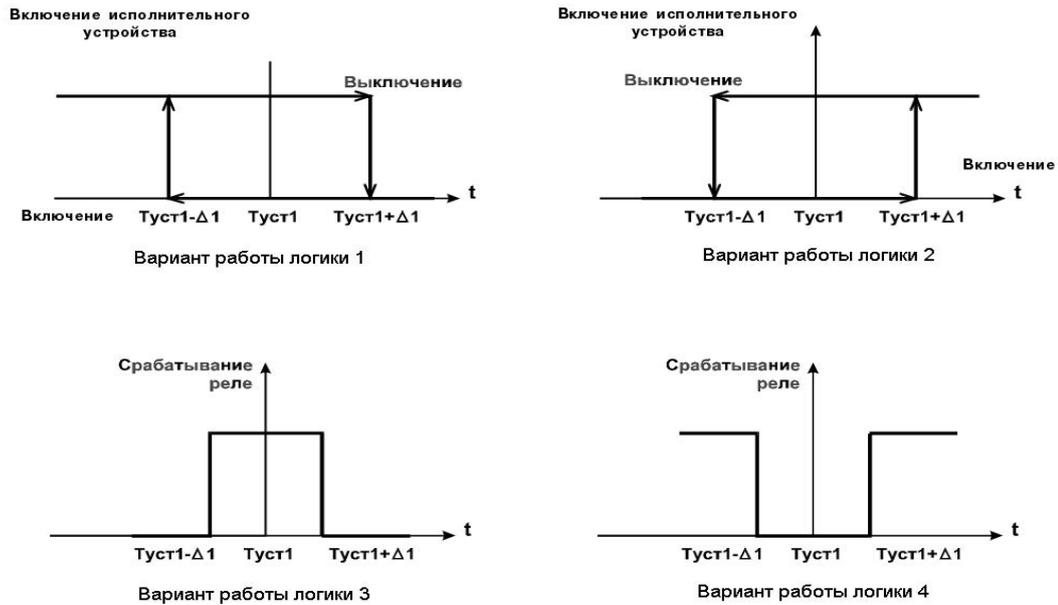


Рисунок 5 – режимы работы прибора EURUTERM 2604

Конструктивно прибор предназначен для крепления на щите управления и имеет пластмассовый корпус. Обеспечение питания от сети и внешних связей прибора реализуется подключением соответствующих линий к клеммным соединениям, находящимся на задней стенке прибора. Назначение клемм представлено на рис. 6. На лицевой панели прибора расположены: два четырехразрядных цифровых табло, восемь диодов-индикаторов и семь управляющих кнопок.

Принцип работы прибора основан на сравнении заданного параметра с измеренным и дальнейший алгоритм строится на рассогласовании этих показаний.

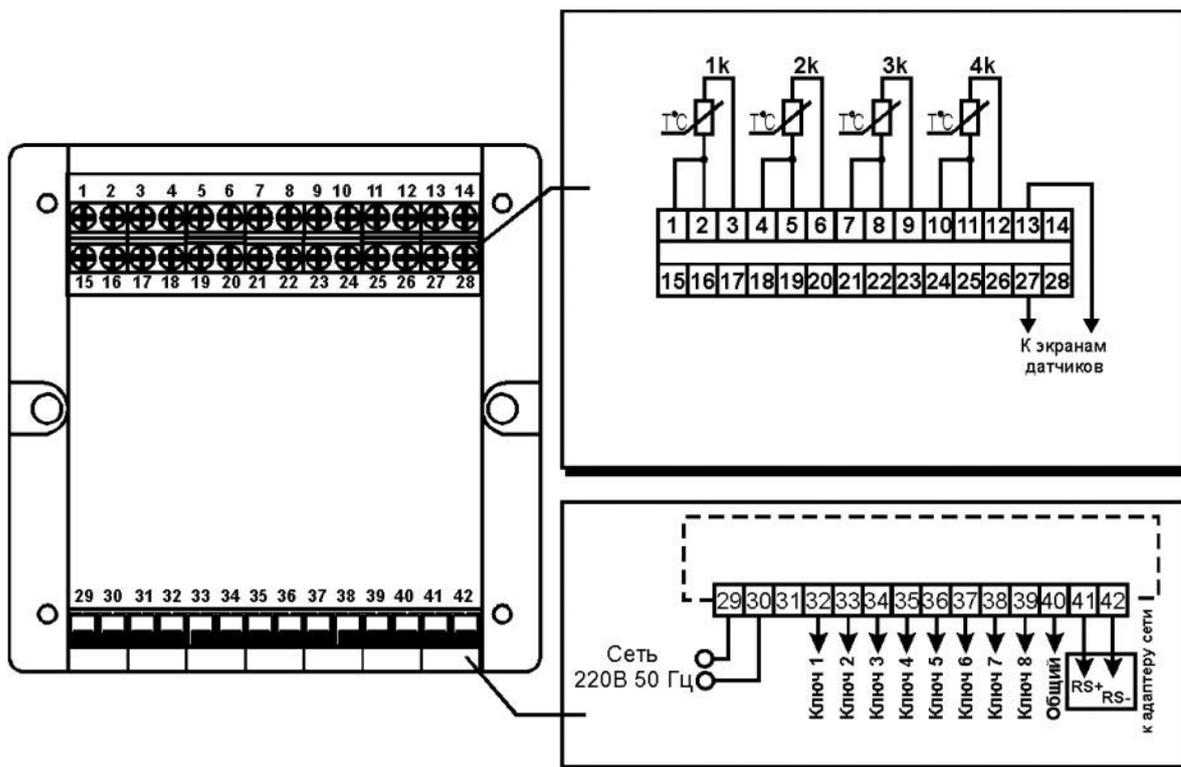


Рисунок 6 – EURUTERM 2604 (назначение клемм прибора)

Прибор оснащён энергонезависимой памятью в которой хранит все задания, рабочие режимы и настройки. Энергонезависимая память обеспечивает работоспособность и целостность запрограммированных данных прибора после отключения их от сети питания.

Когда на прибор подаётся напряжение питания 220 В на верхнем цифровом табло отображается величина измеренного значения, а на нижнем задание по этому каналу. Если после подачи питания на верхнем индикаторе высвечиваются прочерки, то необходимо проверить правильность подключения измерительного датчика, его работоспособность, исправность соединительной линии и проверить качество соединений.

Используя кнопки, расположенные на лицевой панели прибора, вводятся в прибор необходимые параметры регулирования.

Для просмотра уставок и дельт, в соответствии с порядком управления прибором, регулятор переводится из режима «РАБОТА» в режим «ПРОСМОТР», при этом на верхнем цифровом индикаторе отобразится номер уставки «U01», а на нижнем значении этой уставки.

Внешний вид прибора представлен на рис. 7



Рисунок 7 – внешний вид прибора EURUTERM 2604

## 3.2 ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ ДТС 075-50М В3 60 МГ

Датчик температуры ДТС 075-50М В3 60 МГ предназначен для температурных измерений различных сред (твердых, жидких и газообразных), неагрессивных к защитной арматуре и материалу чувствительного элемента датчика [9]. Термосопротивления с коммутационной головкой позволяют измерять температуру до 190 °С (при условии, что чувствительный элемент выполнен из мели). Подключение к измерительной линии следует производить медным трёхжильным кабелем

Данный ДТС подключается по трех-проводной схеме. Типовая схема представлена на рис.6.

ДТС с медным ЧЭ, работая в диапазоне температур от -50 до +190 °С – прослужит не менее 16 000 ч.

Датчики с металлической головкой производитель рекомендует использовать при изменении температуры выше 100 °С, но так как у нас может быть близкая температура к этому показателю, то и мы будем использовать датчик с металлической головкой

Для монтажа датчиков ДТС 075-50М В3 60 МГ на объекты измерения температуры рекомендуется применять гильзы Г3.16 и Г3.25, бобышки Б.П.1, Б.П.2 и Б.У.1, а также съемные подвижные штуцеры ШП.

### **3.3 ФОТОДАТЧИК ФД-02**



*Рисунок 7 – фотодатчик ФД-02*

Фотодатчик ФД-02 (см рис.7) предназначен для преобразования потока оптического излучения в электрический сигнал, а в комплекте с блоком розжига используется для контроля наличия пламени в горелках [10].

Основные характеристики датчика представлены в приложении В.

### **3.4 БЛОК РОЗЖИГА БРЗ-04-М1-2К-01**

Блок розжига запальника и контроля пламени БРЗ-04-М1-2К-01 (рис.8) предназначен для автоматического управления процессом розжига запально-защитного устройства газовых или мазутных горелок водогрейных котлов и энергоустановок и контроля пламени основной горелки [11]. Прибор может управляться местно и дистанционно.



Настенный вариант



Щитовой вариант

*Рисунок 8 – блок розжига BP3-04-M1-2K-01*

Блок может применяться для розжига запальников технологических установок сжигания отходов производства, газогенераторов и промышленных печей. Принцип работы этого прибора заключается в подаче команды на открытие и закрытие клапана запальника с электромагнитным управлением на линии газа. Задача этого устройства состоит в формировании команды на источник высокого напряжения и далее, при успешном розжиге, отключает его. В случае неудачного розжига, (прибор пробует его произвести в течении заданного оператором времени -можно выставить от 3 до 30 секунд), прибор отключает электропитание клапана, тем самым закрывая его и приводится в исходное состояние. В устройстве так же предусмотрены блокировки пуска по отсутствию вентиляции и другим технологическим защитам. Пуск и остановка блока возможно осуществить как в автоматическом, так и в ручном режимах. Принципиально-электрическая схема прибора приведена на рисунке 9.

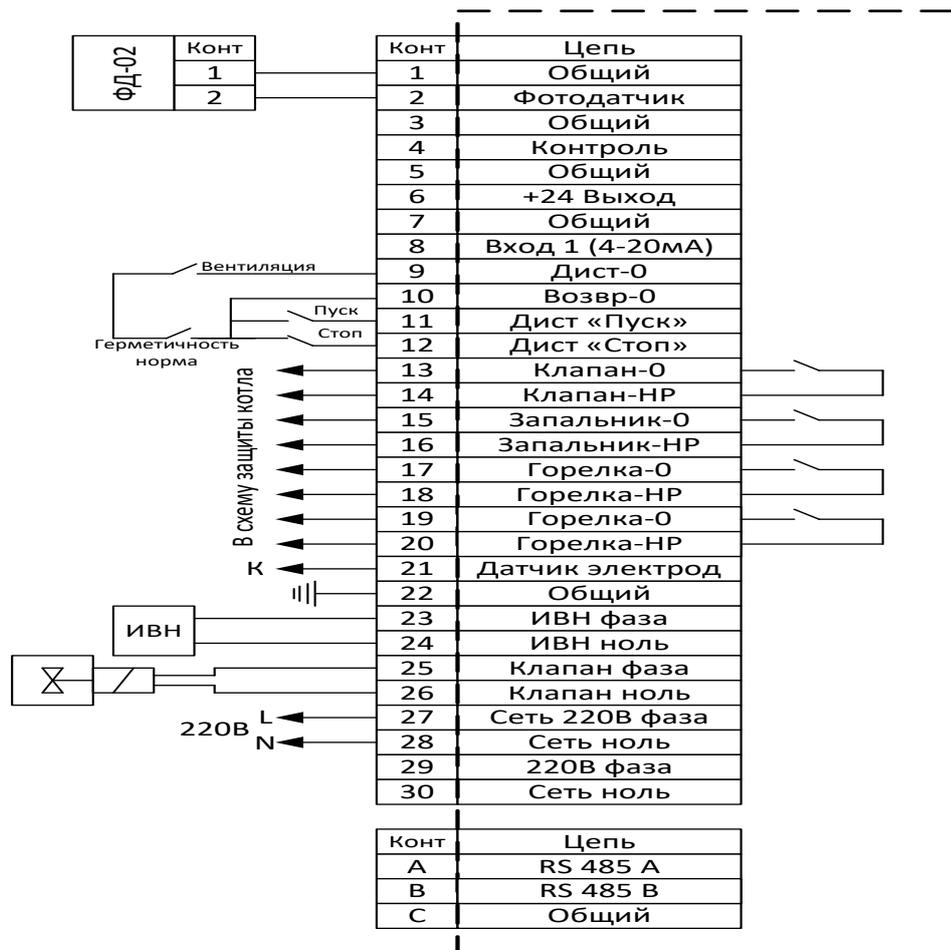


Рисунок 9 – принципиально-электрическая схема работы.

Алгоритм работы прибора представлен в приложении Г. При включении прибора микроконтроллер начинает процесс инициализации. Если отсутствует ложный сигнал от горелки и ложный сигнал от запальника то блок подаёт сигнал на открытие клапана (при нажатой кнопке пуск), в противном случае начинает мигать соответствующий светодиод. Когда клапан подачи газа откроется, загорится светодиод «Клапан» и, спустя 1 секунду, включается ИВН. Прибор начинает отсчёт времени (30 секунд) в течении которых система пытается получить сигнал от запальника. Если сигнала нет, то выключается ИВН, закрывается клапан, гаснут соответствующие светодиоды и прибор переходит в режим ожидания (до срабатывания кнопки «Пуск»). Если же сигнал от запальника есть, то выключается ИВН, замыкаются контакты реле «Запальник» и замыкаются контакты реле «Горелка». Загораются соответствующие светодиоды.

Если подать сигнал на кнопку «Стоп», то выключиться ИВН, разомкнуться контакты реле запальника и горелки, погаснут соответствующие светодиоды и прибор перейдёт в режим ожидания (до подачи сигнала на команду «пуск»).

На передней панели размещены следующие органы управления и элементы индикации:

- кнопка розжига запальника "ПУСК";
- кнопка остановки блока "СТОП";
- регулятор выбора временного интервала на розжиг "ИНТЕРВАЛ";
- регулятор чувствительности контроля факела "НАСТРОЙКА";
- светодиод индикации о работе прибора "СЕТЬ";
- светодиод индикации, что газовый клапан открыт "КЛАПАН";
- светодиод индикации подачи напряжения на источник высокого напряжения "ИВН";
- светодиод индикации наличия пламени в камере сгорания "ПЛАМЯ";
- светодиодная линейка индикации фиксирующая интенсивность факела горелки.

Типовая схема подключения внешних цепей представлена на рисунке 9

### 3.6 ИНВЕРТЕР CONEXT CL 7000

Мощность системы определяется не тем, сколько может электричества выдать солнечная панель, а номиналом инвертора. Например, если поставить 8кВт инвертор и панели на 15 кВт, то в таком случае мощность системы будет всё равно 8кВт. Типовая схема подключения инвертера представлена на рисунке 10.



Рисунок 10 – типовая схема подключения инвертера

Инверторы такого типа, подключаются к электрической цепи в разрыв между солнечной панелью, рабочей нагрузкой и внешней электрической сетью.

Задача инвертера – преобразовать малый постоянный ток от солнечных панелей в переменный, номиналом 220-230В. Мощность инвертеров лежит в диапазоне от 200 до 25000Вт.

В нашей системе ток солнечных батарей будет использоваться для нагрева довольно большого объёма воды, поэтому инвертер следует выбрать большей мощности.

Выбираем сетевые инверторы Conext CL 20000 компании Schneider Electric

Этот инвертор рассчитан на мощность до 20 кВт и разработан с целью повышения эффективности использования солнечных батарей, устанавливаемых на крышах частных и многоквартирных жилых домов. Инвертер этого типа выдержал испытания на надежность MEOST (Multiple Environmental over Stressed Testing) и может эксплуатироваться в самых тяжелых климатических условиях. КПД инверторов Conext составляет 97,5% даже при пиковых нагрузках [12].

Инвертор для солнечных батарей Schneider Electric Conext CL 7000 является преобразователем новой серии, который предназначен для применения в коммерческих организациях. Сетевой инвертор используется в автономных системах не имеющих аккумуляторов и его основной задачей служит преобразование малого постоянного тока в переменный ток 220 В. По стороне постоянного тока он подключается к большому массиву солнечных панелей, а по стороне переменного тока - к магистральной сети. Вся неиспользованная потребителем энергия, которая генерируется от солнца, будет закачиваться в общую сеть, что в совокупности с реверсивным счётчиком, принесёт дополнительную экономию.

### **3.7 ДВУНАПРАВЛЕННЫЙ ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИК FRONIUS SMART METER**

Электрический счетчик для фотоэлектрических систем представляет собой электронный двунаправленный прибор для учета перетоков электроэнергии. Устройство может определять активную, реактивную и полную электрическую мощность. Оно считает, сколько электричества поступает от внешней сети и «закачивается» обратно. Разница между потреблением и отдачей записывается на условный баланс, а в конце месяца пересчитывается в денежный эквивалент.

Двунаправленные электросчетчики подходят для сетевых и гибридных солнечных электростанций. Они могут использоваться в домохозяйствах, присоединившихся к государственной программе «зеленый тариф». Такие счетчики устанавливают на трансформаторных подстанциях и больших предприятиях для подсчета генерируемого, поставляемого и теряемого электричества. С помощью прибора определяют пиковое энергопотребление, отслеживают любые изменения в сети, контролируют аварийные ситуации.

Электросчетчик для «зеленого» тарифа должен:

- считать в «обе стороны», то есть учитывать, как генерируемую, так и потребляемую электроэнергию;
- быть оборудован системой удаленного считывания показаний по каналу связи АСКУЭ;
- иметь интерфейс передачи информации про объемы и направления потоков электрической энергии;
- соответствовать требованиям Облэнерго, быть в Государственном реестре средств измерительной техники Эстонии.

Желательно, чтобы устройство имело защиту от несанкционированного доступа.

Определяясь с моделью прибора, необходимо учитывать следующие параметры:

- Рабочая температура. При установке в нежилом помещении или на улице счетчик должен стабильно функционировать и в мороз, и в жару. Для наших широт (Эстония) оптимальным считается температурный диапазон от -40 до +60 градусов.
- Класс точности. В данном случае (установка на частный дом) достаточно счетчика с классом точности 2,0.
- Наличие АСКУЭ. Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии позволяет дистанционно собирать, хранить и обрабатывать информацию об энергетических потоках в солнечных станциях.
- Наличие модуля GSM. Он может быть встроенным или приобретенным отдельно для опционального подключения. Посредством модуля показания счетчика отправляют через интернет на сервер, что удобно при отдаленном расположении электростанции.
- Межповерочный интервал – срок, в течение которого показания счетчика считаются достоверными. Естественно, чем больше заявленный производителем период, тем лучше.

Желательно, чтобы у счетчика было реле управления нагрузкой. С помощью коммутационного устройства ограничивают допустимую для потребителя нагрузку, отключают питание в случае неуплаты или аварии в сети. Хорошо, если прибор оснащен датчиком Холла: измерительное устройство реагирует на наличие магнитного поля и, как следствие, фиксирует факт попытки вмешательства в счетчик, исключает безучетное потребление электроэнергии.

Выбираем счётчик Fronius Smart Meter (см рис 11)



*Рисунок 11 - Двухнаправленный электросчетчик Fronius Smart Meter 63A-1*

Fronius Smart Meter двухнаправленный электросчетчик австрийского производства. Позволяет управлять различными потоками электроэнергии, оптимизировать энергопотребление домохозяйства.

Электросчетчик Fronius Smart Meter 63a-3 представляет собой трехполюсное электронное устройство для измерения поступающей и отданной в сеть электроэнергии. Прибор предназначен для оперативного управления различными электрическими потоками с целью оптимизации домашнего энергопотребления. В фотоэлектрических системах сетевого типа зачастую используется как счетчик для «зеленого» тарифа.

Помогает вести динамический точный учет электроэнергии, продаваемой по льготному тарифу. Измеряет с высокой точностью (погрешность учета электрической энергии не превышает 1%). Оснащен разными интерфейсами для взаимодействия с оборудованием сторонних производителей.

Одно из главных достоинств прибора - простая конфигурация благодаря мастеру настройки и встроенному веб-серверу. Взаимодействуя с платформой Фрониус Солар.веб, дает четкое представление о потребляемой мощности. Наряду с инвертором Symo Hybrid и аккумулятором Solar Battery электросчетчик входит в энергетический пакет Fronius для круглосуточного обеспечения домохозяйства «солнечным» электричеством. Основные характеристики устройства представлены в приложении Е

### **3.8 БЕСКОНТАКТНОЕ ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ РЕЛЕ HD-6044.ZA2**

Поскольку в системе будут использоваться нагревательные элементы большой мощности, то для их коммутации рекомендуется использовать коммутационные бесконтактные твердотельные реле, рассчитанные на большую силу тока на коммутационных контактах. Выбираем для нашей системы Бесконтактное твердотельное реле HD-6044.ZA2 фирмы Овен. [13]

Реле управляется напряжением в пределах 90...250 VAC и может коммутировать цепь с проходящей по нему током до 60 ампер. Схема подключения представлена на рис12. Внешний вид и габариты реле показаны на рис13.

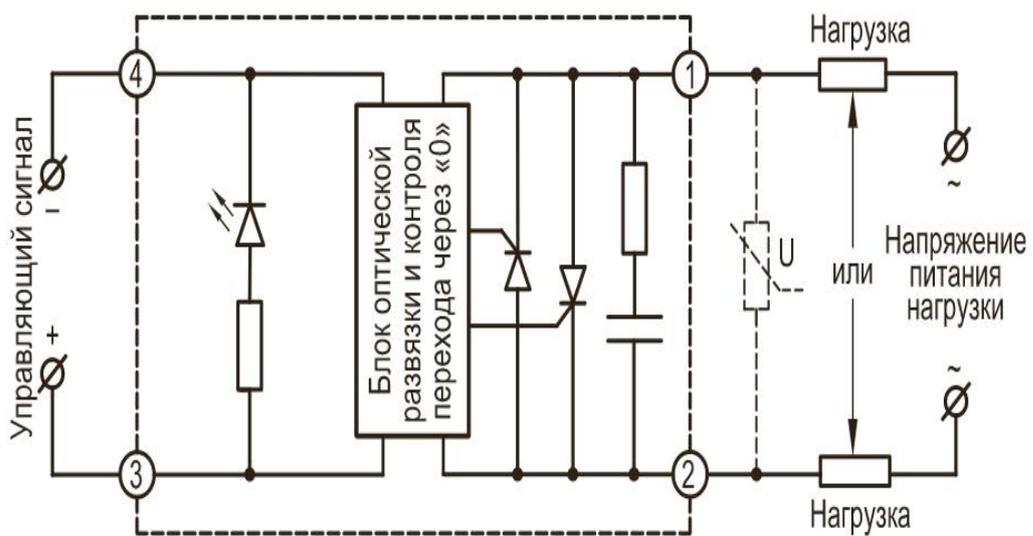


Рисунок 12 - Схема включения реле HD-6044.ZA2 (выход – тиристор)

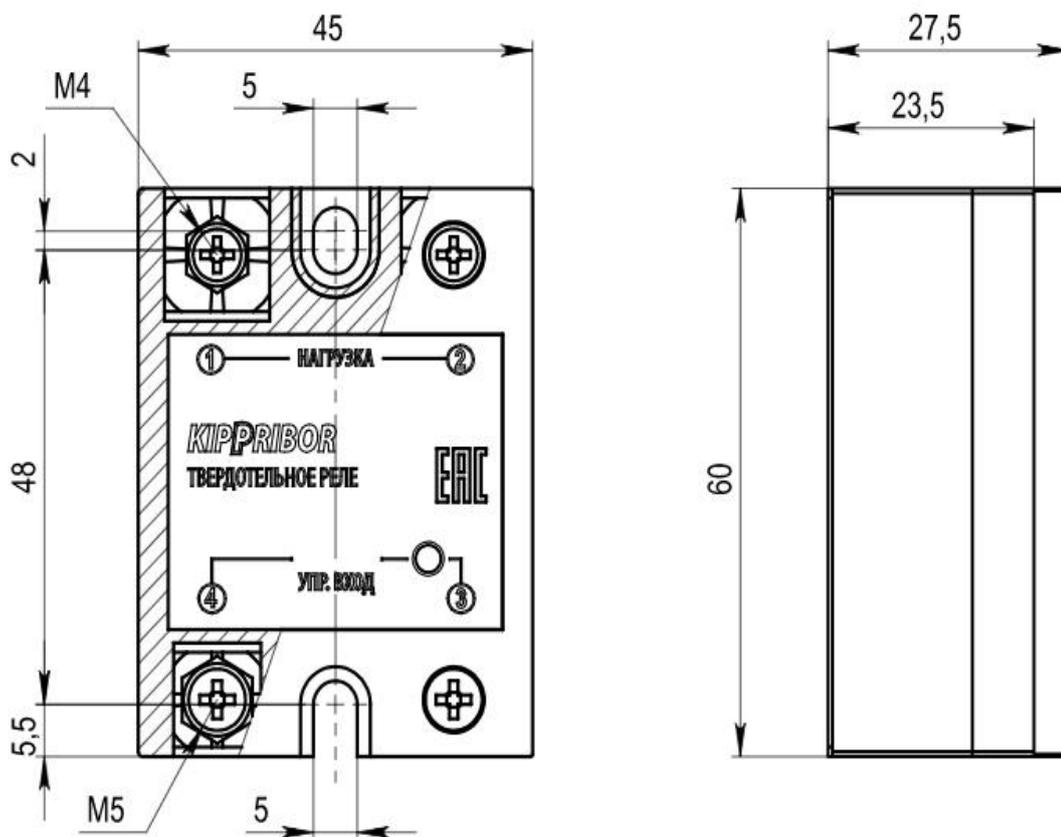


Рисунок 13 - Внешний вид и габариты реле HD-6044.ZA2

### 3.9 ПУСКАТЕЛЬ ПМЛ-2160М

Для запитки циркуляционного насоса используем пускатель ПМЛ-2160М (см рис. 14). Пускатель трёхполюсный, но так как насос у нас в схеме представлен однофазный, то мы будем использовать только один полюс, а два остальных будут резервными.



Рисунок 14 Внешний вид пускателя ПМЛ-2160М

Основные характеристики пускателя ПМЛ-2160М:

Номинальное напряжение втягивающей катушки 200-250В, 50Гц. Номинальный рабочий ток до 25А. В конструкции пускателя имеется 1 нормально открытый контакт, что вполне хватает для схемы управления, составленной в проекте. Пускатель рассчитан на миллион циклов (срабатываний) и имеет габаритные размеры: 56x81x94мм

### 3.10 ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ НАСОС WILO PB-201EA

Устройство Wilo PB-201EA обладает высокой производительностью 3,3 м<sup>3</sup>/ч, при этом напор водяного столбы равен 15 м, что вполне хватит для трёхэтажного дома. Конструктивно насос имеет чугунный корпус с габаритами 22×18×24 см и весом (7,5 кг) с катафорезным покрытием. Потребляемая мощность агрегата – до 0,5кВт. [14]

Насос может работать как в ручном, так и в автоматическом режимах.

Внешний вид насоса представлен на рис 15.



*Рисунок 15 Внешний вид циркуляционного насоса Wilo PB-201EA*

## РЕЗЮМЕ

В данном дипломном проекте было проанализировано современное состояние на рынке энергоресурсов и установлено, что энергетика Эстонии движется по европейскому маршруту в области использования альтернативных источников энергии. Показано что традиционные схемы централизованного отопления имеют недостатки, которые связаны с высокими потерями тепла в теплотрассах, поэтому целесообразно перейти к локальным схемам теплоснабжения с использованием альтернативных комбинированных систем отопления.

Предложено комбинированная система теплоснабжения с использованием сжиженного природного газа и солнечной батареи, и коллектора.

Для управления теплоснабжением предложен контроллер типа *EURUTERM 2604* - это высокоточный контроллер со стабильными показаниями для управления температурным процессом. Опционально контроллер 2604 доступен в одноконтурном, двухконтурном или трехконтурном исполнении. Особенности контроллера включают возможности программирования заданного значения и широкий выбор математических и логических функций.

Разработан алгоритм автоматизированного и ручного дискретного управления теплоснабжения. Обоснован и выбран комплекс технических средств автоматизации для управления котлом сжигания сжиженного природного газа и солнечного коллектора. Используются типовые проектные решения и технические средства автоматизаций фирм изготовителей.

В разработке выбран комплект технических средств, который обеспечит работу системы таким образом, что в первую очередь будет использоваться энергия, полученная от солнечных батарей и, если уже её не будет хватать, будет включаться подогрев газом.

Так же в системе предусмотрено аварийное отключение в случае поломки датчиков, перегрева системы и остановки циркуляционного насоса.

Предложенная схема автоматизации может быть использована в качестве основы для реконструкции узлов теплоснабжения домохозяйств.

## KOKKUVÕTE

Selles töös analüüsiti energiaturu hetkeolukorda ja tehti kindlaks, et Eesti energiasektor liigub alternatiivsete energiaallikate kasutamise valdkonnas mööda Euroopaga samas suunas.

Antud töös on näidatud, et traditsioonilistel tsentraliseeritud küttesüsteemidel on puudusi, mis on seotud soojatrasside suurte soojuskadudega, seetõttu on soovitatav minna üle kohalikele soojusvarustussüsteemidele, kasutades alternatiivseid kombineeritud küttesüsteeme.

Sellega seoses töötati välja autonoomse küttesüsteemi automaatika, mis töötab kahel energiaallikal - veeldatud gaasi põletamisel ja alternatiivsel allikal - päikesevalgusel. Arenduses on valitud komplekt tehnilisi vahendeid, mis tagavad süsteemi toimimise selliselt, et esiteks kasutatakse ära päikeseplatadeid saadud energiat ja kui see on juba ebapiisav, siis gaasikutet lülitatakse sisse. Samuti näeb süsteem ette hädaseiskamise andurite rikke, süsteemi ülekuumenemise ja tsirkulatsioonipumba seiskamise korral.

Soojusvarustuse juhtimiseks on välja pakutud EURUTERM 2604 tüüpi regulaator, mis on stabiilse näiduga kiireregulaator temperatuuri protsessi juhtimiseks. Regulaator 2604 on valikuliselt saadaval ühe-, kahe- või kolmekordse voluringina. Regulaatori funktsioonide hulka kuuluvad seadepunkti programmeerimise võimalused ning lai valik matemaatilisi ja loogilisi funktsioone.

On välja töötatud nii automatiseeritud kui ka käsitsi juhitav soojusvarustuse algoritm. Põhjendatud ja valitud on veeldatud maagaasi põletamiseks kasutatava katla ja päikesekollektori juhtimise automatiseerimise tehniliste vahendite komplekt. Kasutati tüüpilisi disainilahendusi ja tootjate automatiseerimise tehnilisi vahendeid.

Kavandatavat automatiseerimisskeemi saab kasutada majapidamiste soojusvarustusseadmete ümberehitamise aluseks.

## **SUMMARY**

In this dissertation was analysed the current situation of the energy market and it was established that the Estonian energy sector is moving in the same direction as Europe in the field of the use of alternative energy sources.

This work has shown that traditional district heating systems have disadvantages associated with high heat losses in heating mains, so it is recommended to switch to local heating systems using alternative combined heating systems.

In this connection, the automation of an autonomous heating system was developed, which works on two energy sources - the combustion of liquefied gas and an alternative source - sunlight. A set of technical means has been selected in the development to ensure that the system operates in such a way that, firstly, the energy received from the solar cells is used and, if this is already insufficient, the gas heating is switched on. The system also provides for emergency shutdown in the event of sensor failure, system overheating, and shutdown of the circulation pump.

To control the heat supply, a controller of the EURUTERM 2604 type has been proposed, which is a fast controller with a stable reading for controlling the temperature process. Controller 2604 is optionally available as a single, double or triple circuit. Controller functions include setpoint programming capabilities and a wide range of mathematical and logic functions.

Both automated and manually controlled algorithms for insulation equipment have been developed. A set of technical means for automating the control of a liquefied natural gas boiler and a solar collector has been justified and selected. Typical designs and technical means of manufacturer automation were used.

The proposed automation scheme can be used as a basis for upgrading household heating equipment.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Закон Европы о климате. [https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/law\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/law_en)
2. Европейское «Зелёное соглашение» [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/russian\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf)
3. Европейская комиссия. Официальный сайт. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_20\\_335](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_335)
4. Е.Я. Соколов. Теплофикация и тепловые сети. М., МЭИ, 1999, 472с
5. O.Seppänen, M.Seppänen "Hoone sisekliima kujundamine. Tallinn, Koolibri, 1998
6. <http://www.baltic-course.com/eng/energy/?doc=160129>
7. Система регулирования солнечной установки SOL AEL
8. Schneider Electric. Официальный сайт. <https://www.eurotherm.com/products/temperature-controllers/multi-loop-temperature-controllers/2604-advanced-process-controller-programmer/>
9. Овен. Официальный сайт. [https://owen.ru/uploads/re\\_dts\\_1912.pdf](https://owen.ru/uploads/re_dts_1912.pdf)
10. Фотодатчик ФД-02. <http://теплоприбор.рф/catalog/fd-02-ik-fotodatchik/>
11. Компания «Прома». Официальный сайт. <https://promav.nt-rt.ru/images/manuals/brz-04-m1.pdf>
12. Conext CL three-phase grid-tie inverters <https://solar.schneider-electric.com/wp-content/uploads/2014/04/conext-cl.pdf>
13. Овен. Официальный сайт. [https://owen.ru/product/hdh\\_za2](https://owen.ru/product/hdh_za2)
14. Wilo официальный представитель <https://wl-russia.ru/povysitelnyj-nasos-wilo-pb-201ea>
15. <https://www.energia.ee/ru/era/taastuenergia/paikesepaneelid>

## ПРИЛОЖЕНИЕ А. Основные характеристики измерителя-регулятора EURUTERM 2604

| Характеристика   |                     | Значение величины      |
|--|---------------------|------------------------|
| Напряжение питания   |                     | 220В 50Гц              |
| Допустимое отклонение напряжения питания   |                     | -10...+15%             |
| Потребляемая мощность  |                     | Не более 6ВА           |
| Диапазон контроля при использовании на входе прибора (В скобках указана разрешающая способность) | Датчик ТСМ          | -50...+200°C (0,1 °C)  |
|  | Датчик ТСП          | -80...+750°C (0,1 °C)  |
|  | Датчик ТХК          | -50...+750°C (0,1 °C)  |
|  | Датчик ТХА          | -50...+1200°C (0,1 °C) |
|  | Источник тока       | 0...100% (0,1%)        |
|  | Источник напряжения | 0...100% (0,1%)        |
| Предельно допустимая погрешность   |                     | 0,5%                   |
| Количество каналов измерения   |                     | От 2 до 4              |
| Максимально допустимый ток нагрузки  |                     | Не более 0,2А          |
| Способ отображения величин   |                     | Цифровой               |
| Количество цифровых табло  |                     | 2                      |
| Количество знаков каждого индикатора   |                     | 4                      |
| Время измерения одного канала  |                     | Не более 2с            |
| Связь с ЭВМ  |                     | RS-232                 |
| Длина линии связи прибора с адаптером  |                     | Не более 900м          |
| Длина линии соединения с устройством управления  |                     | Не более 95м           |
| Допустимая температура   |                     | +10...+55 °C           |

|  |                  |
|--|------------------|
| Относительная влажность окружающей среды | Не более 75%     |
| Степень защиты прибора                   | IP20             |
| Габаритные размеры                       | 96X96X160        |
| Масса                                    | Не превышает 1кг |

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Значение настроечных параметров  
EURUTERM 2604**

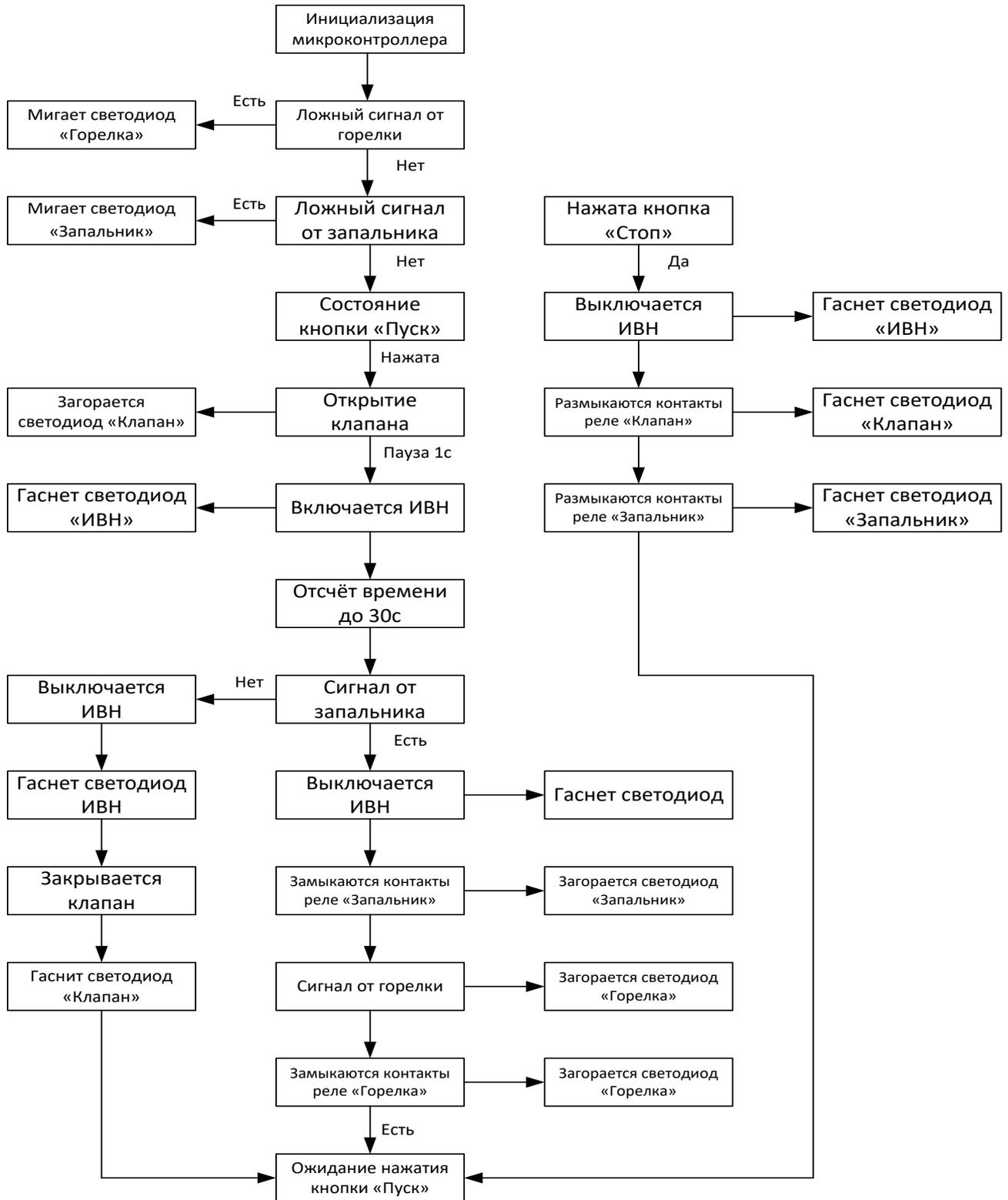
| Параметр | Значение             | Комментарий  |                 |  |
|----------|----------------------|--|-----------------|--|
|          |                      | Первая пара цифр   |                 | Вторая пара цифр   |
| P-01     | 0001                 |  |                 | Выбор типа датчика   |
| P-02     | 0401                 | 04 - количество каналов;                                   |                 | 01 - управление ключами (прямое)                           |
| P-03     | 0001                 | 00 - датчик холодного спая (отключён)                      |                 | 01 - Режим работы (Нагреватель)                            |
| P-04     | 7100                 | 71 (всегда...)   |                 | 00(...выключен)  |
| P-05     | 0000                 |  |                 | 00-Циклический режим индикации (Выключен)                  |
| P-06     | 0000                 | Проверка связи с ЭВМ (в данном проекте не рассматривается) |                 |  |
|          |                      | <i>№ клеммы</i>  | <i>Значение</i> | <i>Комментарий</i>   |
| U-1      | Уставка1 канал<br>1  | 32   | 80              | Задание на систему отплевания                              |
| U-2      | Дельта уставки       |  | 10              | Отклонение, при котором не будет включаться ТЭН            |
| U-3      | Уставка2 канала<br>1 | 33   | 80              | Задание на ГВС   |
| U-4      | Дельта уставки       |  | 35              | Отклонение, при котором не будет включаться подогрев газом |

|      |                      |    |    |  |
|------|----------------------|----|----|--|
| U-5  | Уставка1 канал<br>2  | 34 | 75 | Задание на систему<br>ГВС  |
| U-6  | Дельта уставки       |    | 10 | Отклонение, при<br>котором не будет<br>включаться ТЭН                                      |
| U-7  | Уставка2 канала<br>2 | 35 | 75 | Задание на ГВС   |
| U-8  | Дельта уставки       |    | 25 | Отклонение, при<br>котором не будет<br>включаться подо-<br>грев газом                      |
| U-9  | Уставка1 канал<br>3  | 36 | 95 | Аварийная темпера-<br>тура в баке отоп-<br>ления   |
| U-10 | Дельта уставки       |    | 1  | Отклонение, при<br>котором авария<br>"самоликвидирует-<br>ся", т.е при темпе-<br>ратуре 94 |
| U-11 | Уставка2 канала<br>3 | 37 |    |  |
| U-12 | Дельта уставки 4     |    |    |  |
| U-13 | Уставка1 канал<br>4  | 38 | 95 | Аварийная темпера-<br>тура в баке ГВС  |
| U-14 | Дельта уставки       |    | 1  | Отклонение, при<br>котором авария<br>"самоликвидирует-<br>ся", т.е при темпе-<br>ратуре 94 |
| U-15 | Уставка2 канала<br>4 | 39 |    |  |
| U-16 | Дельта уставки       |    |    |  |

## ПРИЛОЖЕНИЕ В. Характеристики фотодатчика ФД-02

|  | Наименование параметра            | Значение    |
|--|-----------------------------------|-------------|
|  | Чувствительность, В\Вт            | >240        |
|  | Сопротивление изоляции, Мом       | >150        |
|  | Максимальная длина линии связи, м | 250         |
|  | Температурный диапазон работы, °С | -40°...+65° |
|  | Степень защиты                    | IP54        |
|  | Размеры датчика                   | Ø27X70      |

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г - Алгоритм работы блока розжига БРЗ-04-М1-2К-01



## ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Основные характеристики солнечной панели фирмы HAVEL

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Срок службы панели                                   | >30лет                     |
| Падение мощности через 30 лет                        | <20%                       |
| Технология ячеек                                     | поликристаллическая        |
| Количество ячеек                                     | 60шт                       |
| Размер ячеек, мм                                     | 157 x 157                  |
| Клеммная коробка, степень защиты                     | IP67                       |
| Сечение кабеля.                                      | 4мм <sup>2</sup>           |
| Температура окружающей среды, °С                     | -35 ... +45                |
| Размеры (Д x Ш x Т), мм                              | 1671 x 1002 x 42           |
| Вес  | <19 кг                     |
| Площадь  | 1,595 м <sup>2</sup>       |
| Снеговая/ветровая нагрузка                           | 2546 Н/м <sup>2</sup> (Па) |
| Напряжение холостого хода                            | 44,64 В                    |
| Ток короткого замыкания                              | 8,37А                      |
| Напряжение при максимальной мощности, В              | 37,11 В                    |
| Ток при максимальной мощности, А                     | 8,69                       |
| КПД модуля   | >18,52%                    |
| Коэффициент заполнения                               | 0,70 ВАХ                   |
| Максимальное превышение тока                         | <15А                       |
| Максимальное напряжение в системе                    | 1000 В                     |
| Температурный коэффициент номинальной мощности, %/°С | -0,28                      |
| Температурный коэффициент напряжения холостого хода  | -0,27 , %/°С               |

|  |                |
|--|----------------|
| Температурный коэффициент тока короткого замыкания | 0,04 %/°C      |
| Номинальная рабочая температура модуля,            | 38,8 °C        |
| Диапазон рабочей температуры модуля,               | -45 ... +80 °C |

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Ценовое предложение по установке солнечной батареи**

Приведенное ниже примерное предложение составлено на основании данных, введенных в калькулятор решений солнечной энергии на сайте Eesti Energia. Если примерное предложение вам подошло, и вы желаете, чтобы мы выполнили более основательный анализ и сделали уточненное предложение, напишите нам об этом. [paikeseenergia@energia.ee](mailto:paikeseenergia@energia.ee).

Введенные данные

1. Тип потребления: Частный дом с другим типом отопления  
Суммарное потребление за последние 12 месяцев: 6000 кВтч
2. Способ установки: Двускатная крыша
3. Площадь под панели: 95 м<sup>2</sup>
4. Уклон крыши: 30°
5. Направление: ЮГ

Примерное предложение:

Количество солнечных панелей: 44 штук

Мощность системы солнечной электроэнергии: 14,08 кВт

Годовое производство солнечной электроэнергии: 13410 кВтч

Для собственных нужд: 15%

Продажа в сеть: 85%

Стоимость системы солнечной электроэнергии (включая налог с оборота): 14 506 EUR

Выигрыш в деньгах за 25 лет: 4070 EUR

*Предложение включает все необходимые устройства и материалы, работы по организации подключения к электросети, по строительству и установке, а также ходатайства о необходимых разрешениях и соответствующие государственные пошлины. В предложении представлен договор на покупку электричества. Предложение не включает плату за подключение к сети.*

Примерная информация о рассрочке:

Первый взнос: 0 EUR

Период: 60 месяцев

Сумма: 14 506 EUR

Месячный платеж: 293 EUR [15]

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Основные характеристики счётчика Fronius Smart Meter 63A-1

| Параметры                             |  |
|---------------------------------------|--|
| Номинальное напряжение                | 230 — 240 V                            |
| Максимальный ток                      | 1 x 63 A                               |
| Сечение кабеля                        | 1 — 16 mm <sup>2</sup>                 |
| Сечение нейтрали и терминальной линии | 0.05 — 4 mm <sup>2</sup>               |
| Энергопотребление                     | 1,5 W                                  |
| Стартовый ток                         | 40 mA                                  |
| Класс точности                        | 1                                      |
| Точность измерения активной энергии   | Class B (EN50470)                      |
| Точность измерения реактивной энергии | Class 2 (EN/IEC 62053-23)              |
| Кратковременные перегрузки по току    | 30 x I <sub>max</sub> / 0,5 s          |
| Монтаж                                | Внутренний (DIN rail)                  |
| Housing                               | 2 modules DIN 43880                    |
| Класс защиты                          | IP 51 (front frame), IP 20 (terminals) |
| Температурный диапазон                | -25 — +55°C                            |
| Размеры (В * Ш * Г)                   | 89.0 x 35.0 x 65.6 mm                  |
| Дисплей                               | 6-digit LCD                            |
| Интерфейс с инвертором                | Modbus RTU (RS485)                     |

# ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Принципиальная схема управление резервной системы отопления

