



**ЭЛЕКТРО
СТРОЙСЕРВИС**

355020, г. Ставрополь, ул. Объездная, д.21

8 800 550-34-36

www.electross.net

zakaz@electross.net



**ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМИНЕНИЮ
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
(MESS/DESS/AIMS)**

г. Ставрополь 2025

СТРУКТУРА КОНТРОЛЛЕРА

1. ATmega328/P – это маломощный бюджетный 8-разрядный микропроцессор, основанный на усовершенствованной RISC-архитектуре AVR. Выполняет мощные команды за один такт, у ATmega328/P производительность, близка к 1 мбит/с на МГц. Это позволяет разработчику системы оптимизировать энергопотребление устройства в зависимости от скорости обработки.

2. ESP32 – это единый комбинированный чип Wi-Fi и Bluetooth с частотой 2,4 ГГц, разработанный по маломощной 40-нм технологии TSMC. Он разработан для получения большой мощности и радиочастотных характеристик, демонстрируя надежность, универсальность и безотказность в широком спектре применений и сценариев энергопотребления.

Если сравнивать эти 2 микропроцессора, то выяснится, что примерно при одинаковой цене ESP32 во многих вещах лучше, чем ATmega328/P, но мы все же выбрали микроконтроллер ATmega328/P по причине:

Сигнальный уровень у ATmega328/P составляет 5 В, а у ESP32 3.3 В. Соответственно ESP32 напрямую подключать нельзя, входящие линии придется подключать через гасящие резисторы, иначе появляется риск сжечь входные контакты контроллера. Чтобы работать с ESP32 необходимы создавать конвертеры уровней на транзисторах, что в нашем случае удорожает конструкцию, поэтому мы выбрали микропроцессор ATmega328/P.

Ниже приведена схема контроллера на базе ATmega328/P (рис 2.1)

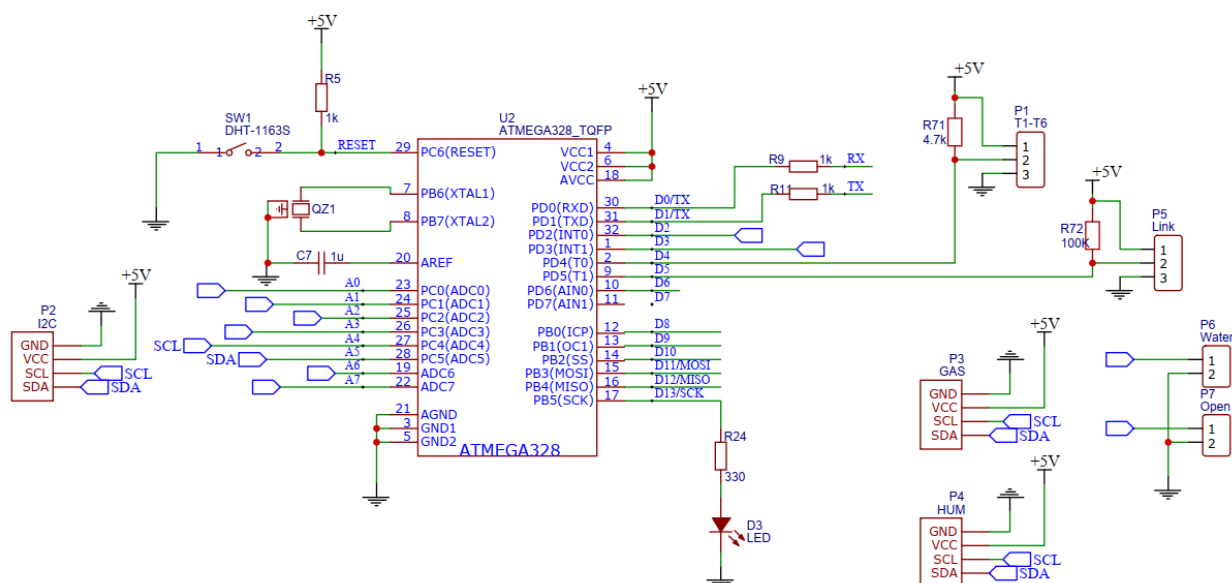


Рисунок 2.1 – Схема контроллера на базе ATmega328/P

Как мы видим по схеме питание датчиков составляет 5В, что полностью оправдывает применение микроконтроллера ATmega328/P.

SDA (serial data) - означает последовательные данные

SCL (serial clock) - последовательное тактирование

RESET – сброс

TX — Transceive (передать)

RX — Recieve (получить)

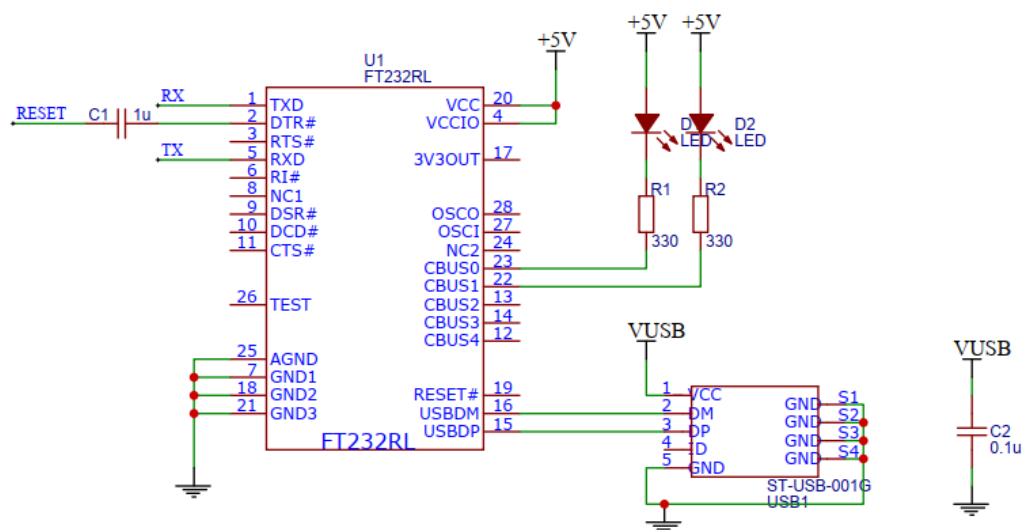


Рисунок 2.2 – Схема USB-программатора для ATmega328/P

FT232RL: USB-программатор для AVR микроконтроллера без дополнительной прошивки, который умеет переводить пакеты USB-данных в отдельные биты для линий «Reset», «Mosi» и «Sck»

На рисунке 2.3 представлена схема принципа измерения тока и напряжения в контроллере

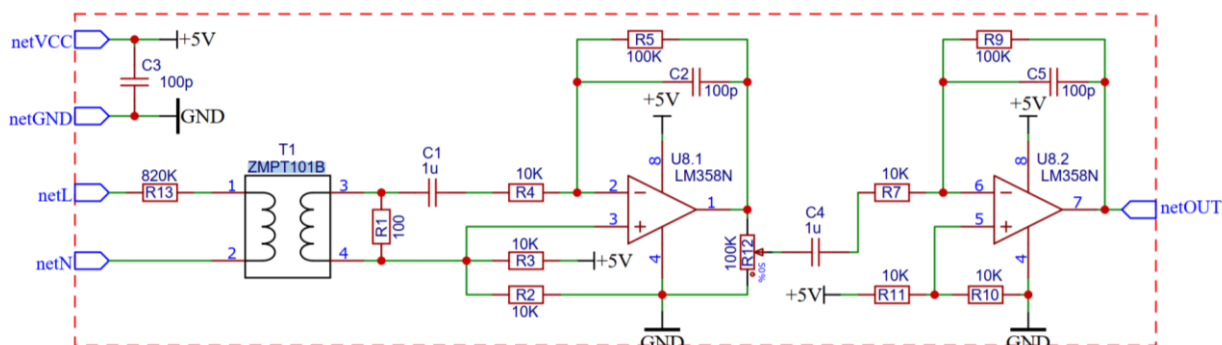


Рисунок 2.3 – Принцип измерения тока и напряжения в контроллере

где ZMPT101B – Высокоточный датчик переменного напряжения

LM358N – Двухканальный операционный усилитель с однополярным питанием.

Первый операционный усилитель служит для переноса измерений только в положительную полуволну, а второй операционный усилитель регулирует коэффициент усиления и может подстроить амплитуду измерения при помощи микроконтроллера, у которого максимальная амплитуда равна 5В.

Сравнение оборудования с системой MES/DES/АИМС и без с системой:

1. Автоматизация: Контроллеры позволяют автоматизировать процессы управления и мониторинга, что в свою очередь уменьшает потребность в ручном вмешательстве и увеличивает эффективность работы.

2. Улучшенный контроль: с помощью контроллера можно точно контролировать параметры сети, такие как напряжение, ток и частота, что обеспечивает более стабильную и надежную работу.

3. Безопасность: Контроллеры могут автоматически реагировать на аномалии, такие как перегрузки или короткие замыкания, что помогает предотвратить сбои и повреждения оборудования.

4. Экономия ресурсов: Автоматизация управления сетью позволяет оптимизировать использование электроэнергии, снижая потери и увеличивая эффективность.

5. Поддержка качества услуг: Для поставщиков электроэнергии контроллеры обеспечивают стабильность и качество услуг, уменьшая количество перебоев и сбоев в подаче электроэнергии.

6. Профилактика и устранение неисправностей: Контроллеры могут предсказывать возможные проблемы и автоматически предпринимать действия для их устранения, что снижает риск сбоев и повышает надежность системы.

без системы:

1. Ручное управление: Без контроллера все операции управления и мониторинга сети должны выполняться вручную, что может быть трудоемким и подвержено ошибкам.

2. Недостаточный контроль: Отсутствие автоматизации может привести к недостаточному контролю за параметрами сети, что увеличивает риск сбоев и нестабильности работы.

3. Сниженная безопасность: Без автоматического реагирования на аномалии риск повреждения оборудования и сбоев в работе сети увеличивается.

4. Неэффективное использование ресурсов: Ручное управление может привести к неэффективному использованию электроэнергии, увеличивая потери и снижая эффективность.

5. Снижение качества услуг: Отсутствие автоматизации может привести к снижению качества услуг, включая перебои и нестабильность подачи электроэнергии.

6. Увеличение риска неисправностей: Без автоматического обнаружения и устранения неисправностей риск сбоев и повреждения оборудования увеличивается.

В целом, использование контроллеров в электрических сетях значительно улучшает управление, безопасность, эффективность и качество услуг, снижая риски и повышая надежность системы.

2.2 Описание функций, планируемых к реализации, и алгоритмы функционирования.

Особенности микроконтроллера:

1. Измерение напряжения: устройство оснащено высокоточным аналоговым входом, позволяющим измерять напряжение в диапазоне от 0 до 320 вольт с точностью до 1 В. Это позволяет контролировать уровень напряжения в различных системах и устройствах, подключенных к ВРУ.

2. Измерение тока: микроконтроллер может измерять ток в диапазоне от 0 до 75 А или более в зависимости от используемого трансформатора тока с точностью до 1 А. Это позволяет отслеживать ток потребления различных устройств и систем, а также контролировать расход электроэнергии.

3. Измерение температуры: микроконтроллер оснащен шестью датчиками температуры, что позволяет измерять температуру в разных местах ВРУ. Датчики работают в диапазоне температур от -40 до +125 градусов Цельсия с точностью 0.1 градуса.

4. Измерение влажности: устройство оборудовано интегрированным датчиком влажности, позволяющим определять влажность воздуха с точностью до 0.1% и опираясь на данные температуры рассчитать т. н. «Точку росы». Это особенно важно для соблюдения уровня влажности в технологических процессах.

5. Датчики открытия: микроконтроллер снабжен датчиками открытия двери ВРУ, которые позволяют отслеживать несанкционированный доступ в помещение или сигнализировать о его открытии.

6. Датчики дыма: для обеспечения безопасности, устройство оборудовано датчиками дыма, которые при обнаружении дыма в помещении передают сигнал тревоги.

7. Датчики воды: микроконтроллер оборудован датчиками воды, которые следят за залитием и при его возникновении сигнализируют о наличии воды.

Все данные, полученные с датчиков, передаются на головное устройство через интерфейс UART, а в последствие на компьютер или мобильное устройство через Lan WiFi или GSM. Микроконтроллер работает на базе микропроцессора ATmega328P и обеспечивает высокую производительность и стабильность работы.

Характеристики контроллера:

Диапазон рабочего напряжения: от 5 В до 12,5 В

Потребляемый ток: 300 мА ± 5 мА

Диапазон рабочих температур: от -10 °С до 70°С

Диапазон рабочей влажности: от 0% до 75% относительной влажности

Срок службы: > 5 лет (при рабочих условиях 25°С, с заменой датчиков влажности и газа каждые 5 лет)

В таблице 2.1 указаны метрологические характеристики контроллера

Таблица 2.1 – Метрологические характеристики контроллера

Параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Среднеквадратическое значение силы переменного тока, А	0-75	±1 А
Среднеквадратическое значение фазного напряжения переменного тока, В	0-320	±1 В
Датчик температуры	-40 - +125 °С	±0,1 °С
Датчик влажности	0-100%	±0,1 %
Датчик точки росы	-40 - +125 °С	±0,1 °С
Датчик дыма	0-99999 ppb	±0,1 ppb

Преимущества использования контроллера:

1. Снижение эксплуатационных затрат: Использование контроллеров может привести к снижению эксплуатационных затрат на электроэнергию на 9%. Это достигается за счет оптимизации использования электроэнергии, уменьшения потерь от перебоев и снижения необходимости в ремонте и замене оборудования.

2. Уменьшение платы за электроэнергию: с помощью контроллеров можно снизить плату за электроэнергию на 15%. Это достигается за счет более эффективного распределения электроэнергии, уменьшения потерь и оптимизации рабочего режима оборудования.

3. Снижение потерь от перебоев в электросети: С помощью контроллера можно снизить потери от перебоев в электросети на 11%. Это достигается за счет автоматического переключения на резервные источники питания и минимизации времени простоя оборудования.

4. Повышение надежности оборудования: Автоматическое управление и мониторинг состояния оборудования помогают своевременно обнаруживать и устранять неисправности, что снижает риск сбоев и повышает надежность оборудования.

5. Снижение риска пожаров и взрывов: Контроллер может подать сигнал в случае обнаружения аномалий, что снижает риск пожаров и взрывов, связанных с перегрузками или короткими замыканиями.

6. Улучшение качества услуг: с помощью контроллеров можно обеспечить более стабильное и надежное питание, что важно для поставщиков услуг, работающих с электроэнергией, и повышает удовлетворенность клиентов.

7. Экономия на обслуживающем персонале: Автоматизация процессов управления и мониторинга с помощью контроллеров может значительно снизить необходимость в ручном вмешательстве и обслуживании оборудования, что приводит к экономии на зарплате и обучении персонала до 20 раз.

Точность и периодичность сбора данных

В условиях, когда человеку трудно обеспечить скорость, точность и периодичность сбора и накопления данных, особенно в сложных и динамичных системах, таких как электроустановки, использование автоматизированных систем мониторинга становится критически важным. Вот несколько причин, по которым автоматизация может быть необходима:

1. Человеческий фактор может привести к задержкам в сборе данных, что может снизить скорость и эффективность обработки информации. Автоматизированные системы мониторинга обеспечивают быстрый сбор данных меньше 1 минуты, минимизируя возможность задержек.

2. Точность данных: Человеческий фактор может привести к ошибкам в сборе данных, что может снизить точность информации. Автоматизированные системы мониторинга обеспечивают точное сбора данных, минимизируя возможность ошибок.

3. Периодичность сбора данных: Люди могут забыть о необходимости регулярного сбора данных или не смогут выполнить задачи в заданные сроки из-за перегрузки или других причин. Автоматизированные системы мониторинга могут быть настроены на автоматический сбор данных в заданные интервалы, обеспечивая их периодичность.

4. Накопление данных: Сбор и накопление большого объема данных может быть трудоемким и затратным процессом для человека. Автоматизированные системы мониторинга могут автоматически накапливать данные, обеспечивая их доступность для анализа и принятия решений.

5. Анализ данных: Анализ больших объемов данных может быть сложным и требовать специализированных навыков. Автоматизированные системы мониторинга могут автоматически анализировать данные, выявляя тенденции, аномалии и другие важные показатели, что помогает в принятии обоснованных решений.

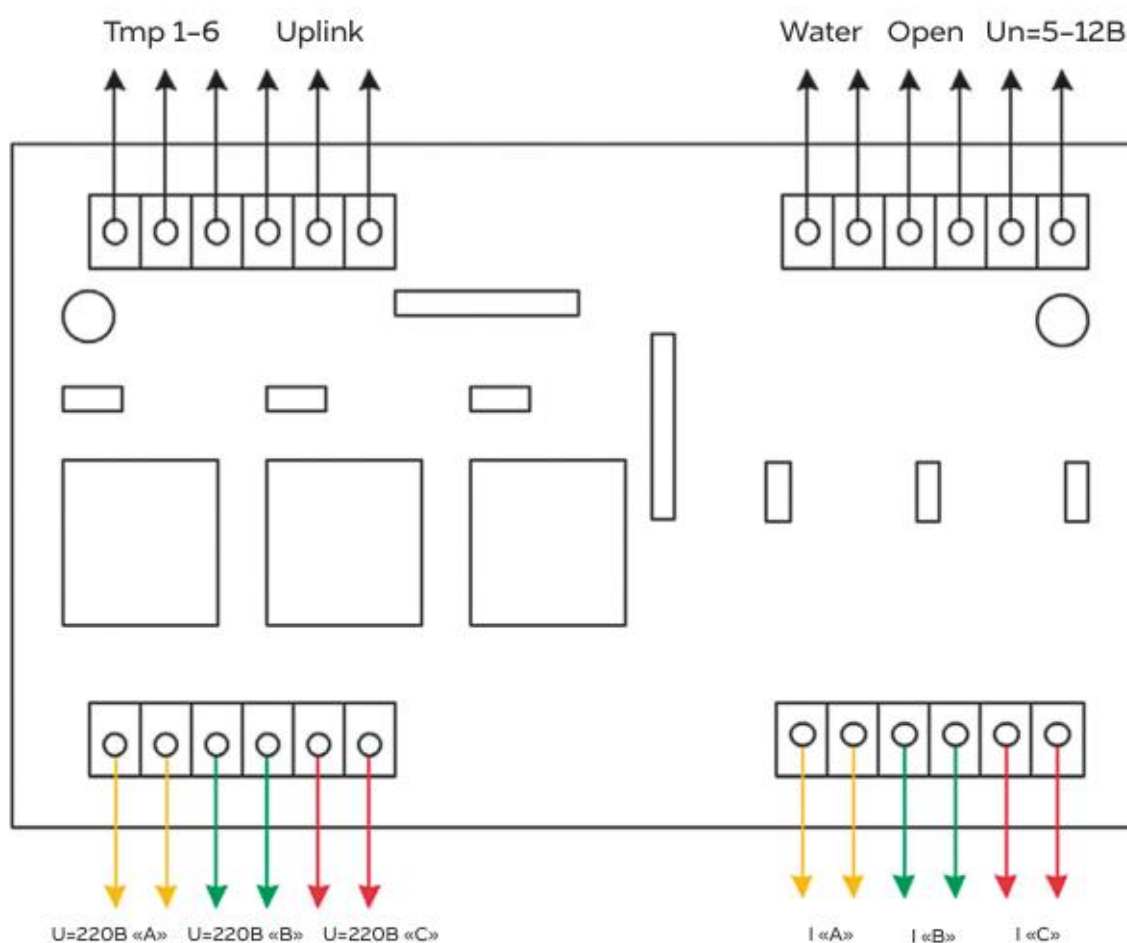
6. Увеличение производительности: Автоматизация процессов сбора и анализа данных позволяет освободить время персонала для выполнения

других важных задач, увеличивая общую производительность и эффективность работы.

7. Улучшение безопасности: Автоматизированные системы мониторинга могут обеспечивать более точное и своевременное обнаружение аномалий и рисков, что может помочь в предотвращении сбоев и аварий, улучшая безопасность работы.

8. Оповещение о внештатной ситуации. Для оповещения о внештатной ситуации, когда микроконтроллер обнаруживает, что параметры проверяемой электрической сети вышли за установленные границы, можно использовать различные методы оповещения. В зависимости от конкретных требований и условий работы, оповещение может быть реализовано через различные каналы связи, такие как SMS, электронная почта, аппаратные сигналы (например, звуковые или световые индикаторы) или даже через интернет-сервисы.

Типовое подключение контроллера



Программная среда удаленного мониторинга

Программная среда состоит из возможности заходить под персональным логином и паролем в специальный интерфейс (рис 2.4), в котором видно в поле DevID какой конкретно контроллер мы сейчас просматриваем. Видна информация о состоянии сети в режиме онлайн. Напряжение, ток 3х фаз, а также измерение датчиков температуры, влажности.

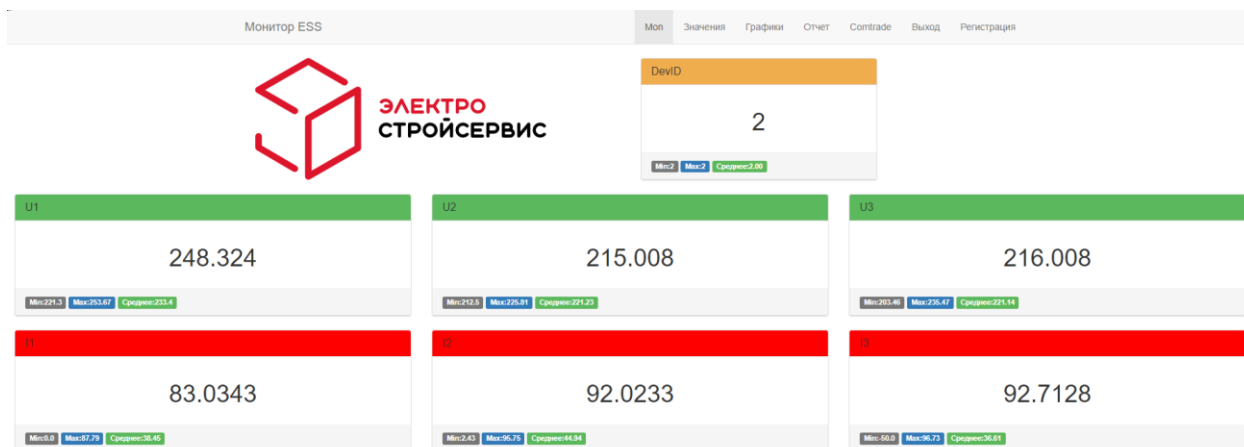
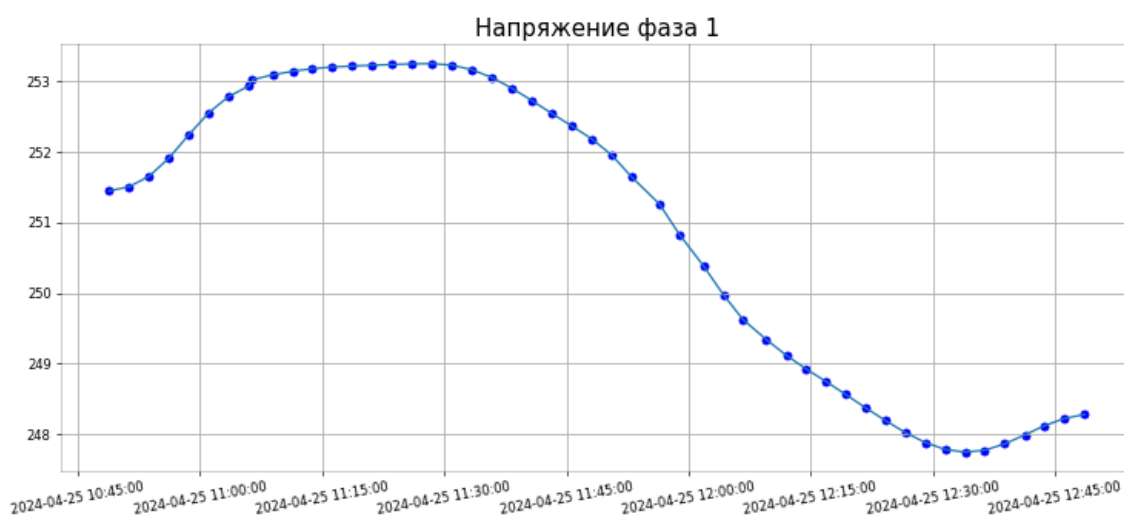
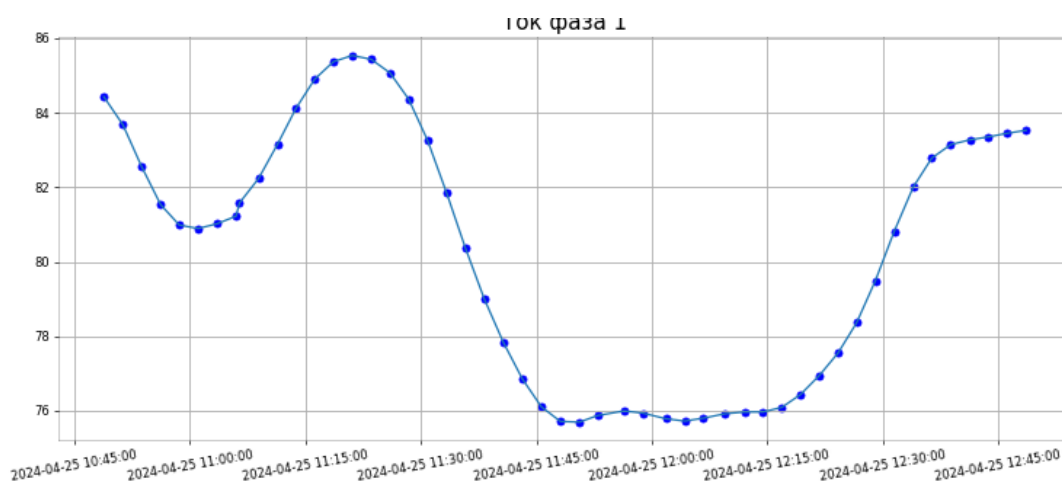


Рисунок 2.4 – Удаленный интерфейс контроллера

Также во вкладке графики (рис 2.5) можно посмотреть график напряжения или тока по каждой фазе за определенный период.



а)



б)

Рисунок 2.5 – График напряжения (а) и тока (б) фазы А за 25 апреля 2024 года

А также имеется возможность генерировать файлы comtrade (рис 2.6) для дальнейшего анализа в специализированных программах

Генерация файлов COMTRADE

DevID:	Дата начала:	Время начала:
	ДД.ММ.ГГГГ	--:--
Дата окончания:	Время окончания:	Выгрузка файлов:
ДД.ММ.ГГГГ	--:--	Сгенерировать файлы

Рисунок 2.6 – Интерфейс генерации файлов comtrade

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Рассмотрим, как влияет оборудование завода на показания приборов, которое одновременно включается в начале рабочего дня.

Рассмотрим показания четырех дней апреля:

20 апреля – суббота

21 апреля – воскресенье

22 апреля – понедельник

26 апреля – пятница

Рассмотрим график напряжения за 22 апреля (рис 3.1)

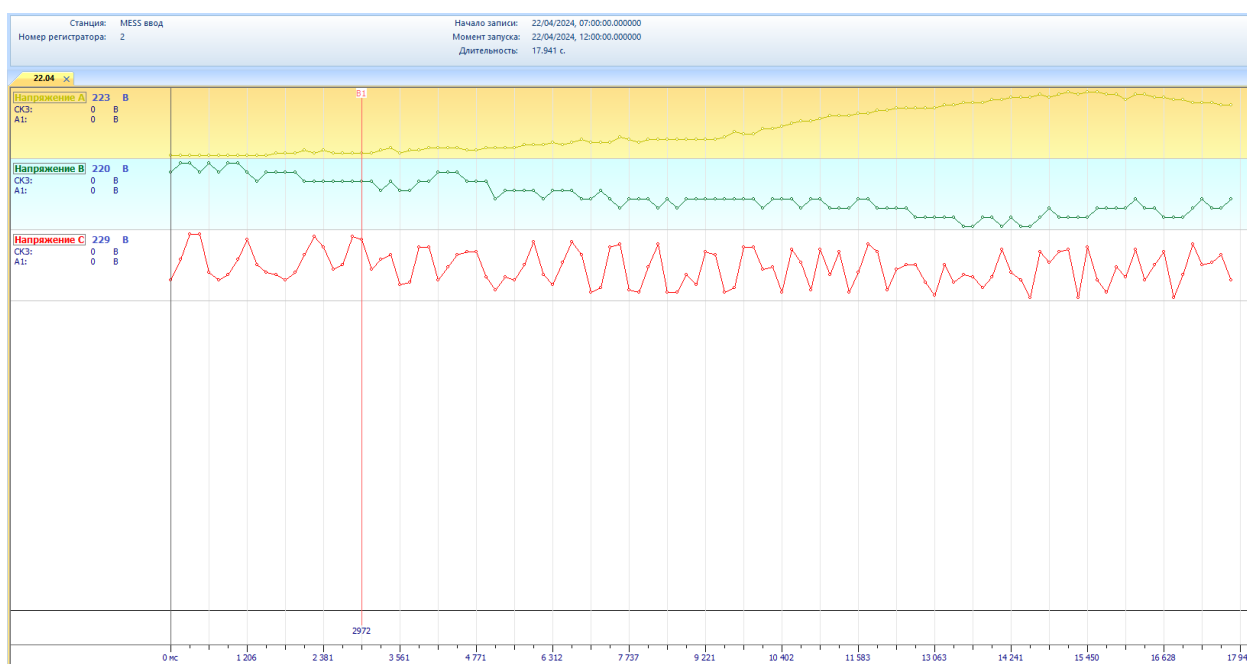


Рисунок 3.1 – График напряжения 3х фаз за 22 апреля

Показания за 5 часов рабочего дня, начиная с 7:00 утра до 12:00 дня

Нас интересует промежуток между 7:15 до 7:30 (рис 3.2) в момент, когда всё оборудование на заводе запускается. Несложными вычислениями получаем необходимый интервал [900 сек; 1800 сек]

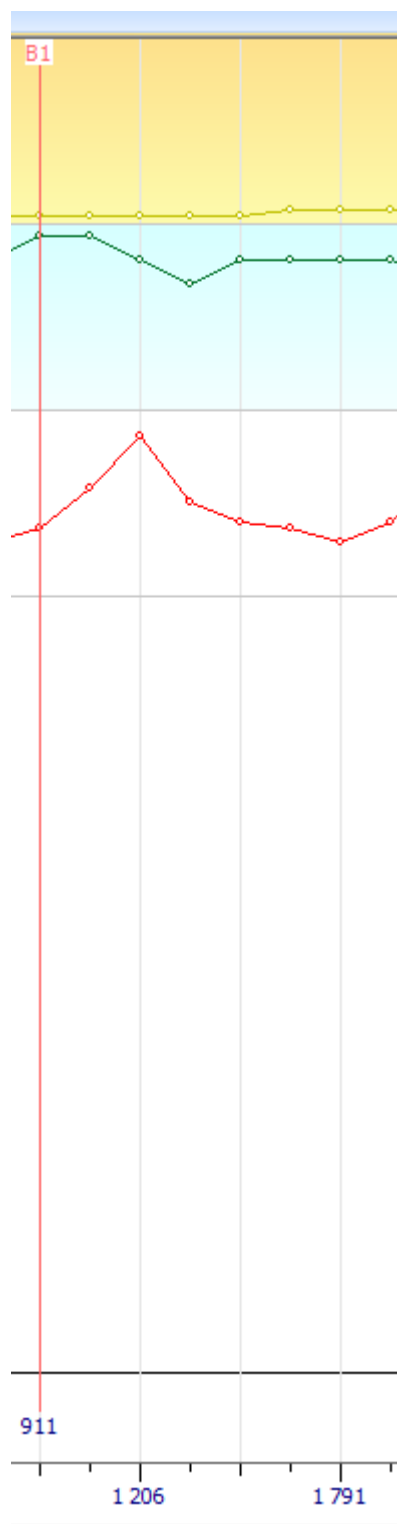


Рисунок 3.2 – График напряжения 3х фаз за 22 апреля в интервале между 7:15 до 7:30 часов

Чтобы сделать выводы сравним данные с еще одним рабочим днём 26 апреля.

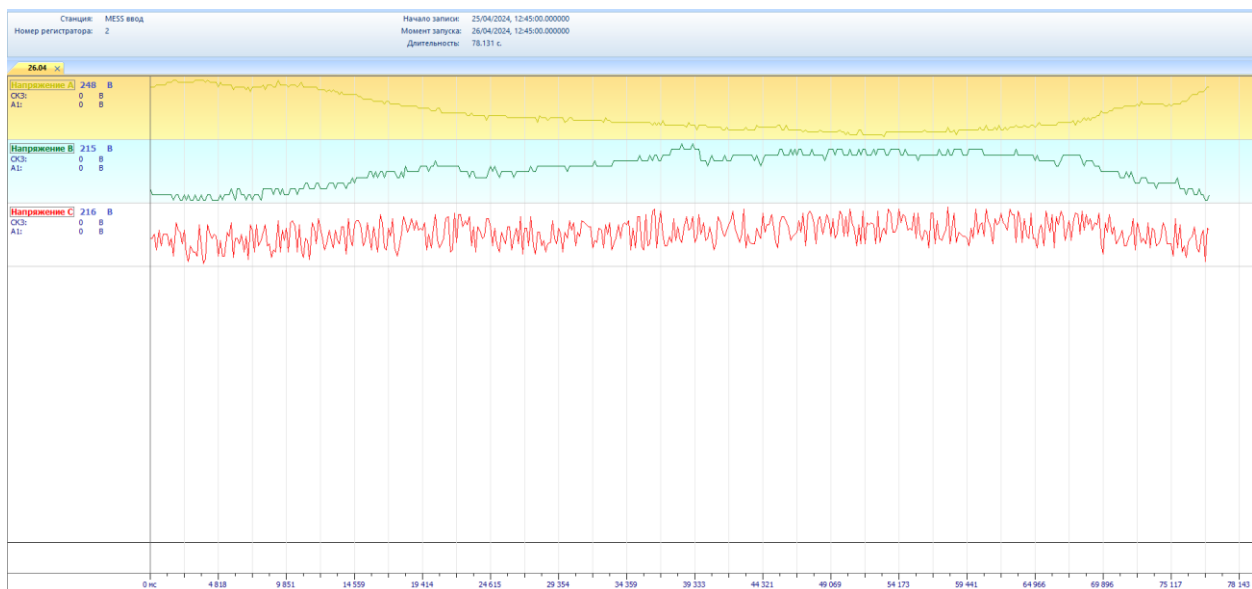


Рисунок 3.3.а – График напряжения 3х фаз за 26 апреля



Рисунок 3.3.б – График тока 3х фаз за 26 апреля

По графику тока (рис 3.3.б) видны не рабочие часы завода, так как ток сразу всех трех фаз снижается в 3 раза

Показания за 24 часа рабочего дня, начиная с 12:45 25 апреля до 12:45 26 апреля. Нас интересует такой же интервал 7:15-7:30 утра (рис 3.4). В данном графике это [66600 сек; 67500 сек]

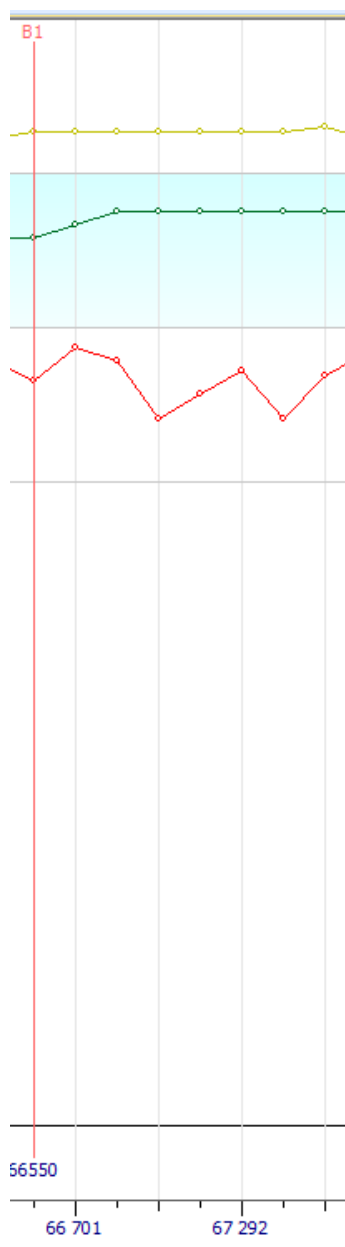


Рисунок 3.4 – График напряжения 3х фаз за 26 апреля в интервале между 7:15 до 7:30 часов

Так как большинство оборудования на заводе имеет однофазную нагрузку, то делаем вывод что оборудование на заводе питается от фазы C

График за воскресенье 21 апреля (рис 3.5) показывает, что в течение всего дня не было никаких скачков напряжения, так как завод в этот день не работает.

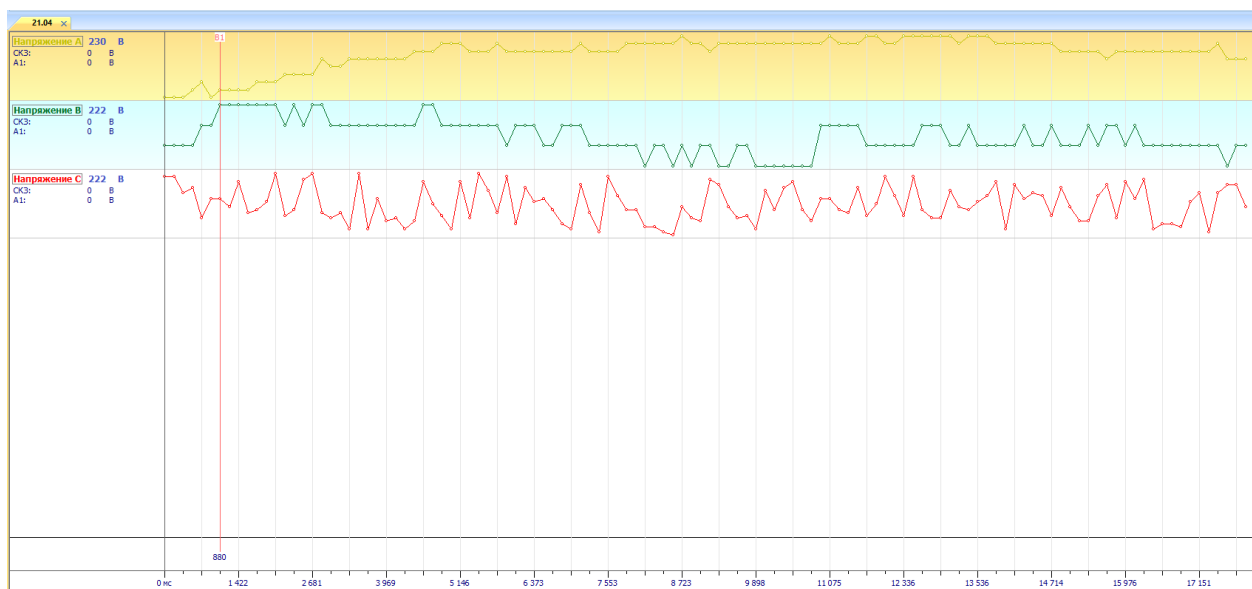


Рисунок 3.5 – График напряжения 3х фаз за 21 апреля

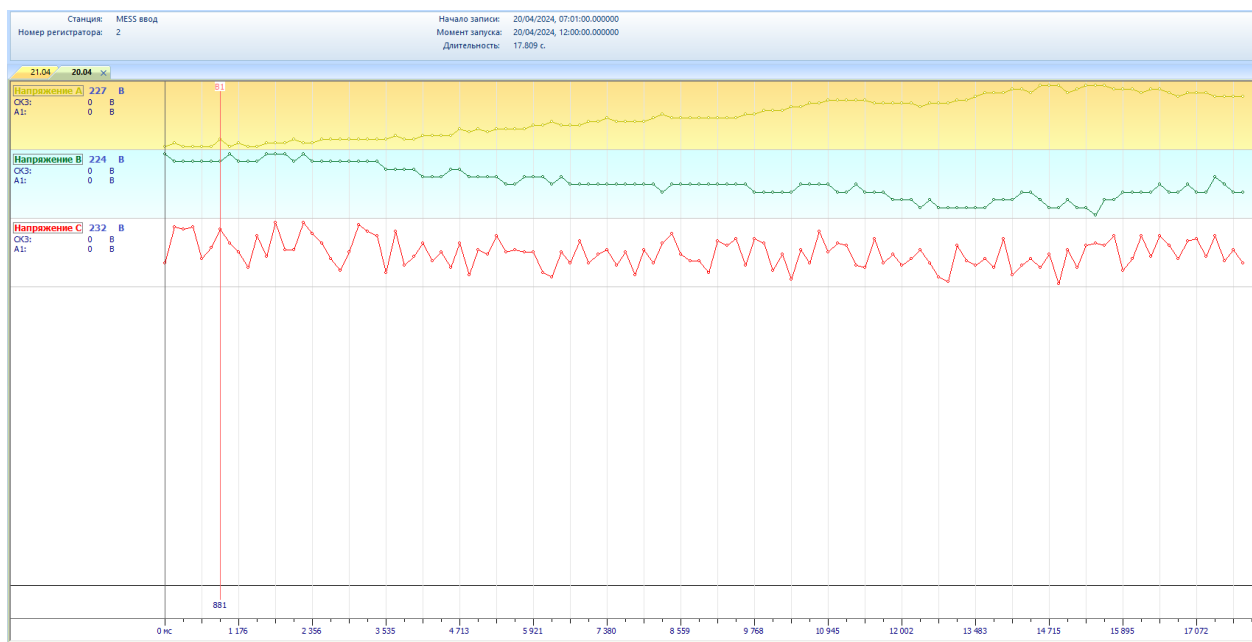


Рисунок 3.6 – График напряжения 3х фаз за 20 апреля

Показания за 5 часов дня, начиная с 7:00 утра до 12:00 дня

В субботу (рис 3.6) завод работает не в полную силу, поэтому по фазе С мы наблюдаем довольно сильные скачки напряжения

Рассмотрим графики за 22,23,24 марта 2024 года, полученные с помощью контроллера, установленные в малярном цеху «Электростройсервис»

На рисунках 3.7 – 3.12 показаны графики напряжения и тока фазы В, а также графики с 2х датчиков температуры в период с 00:00 часов до 22 часов

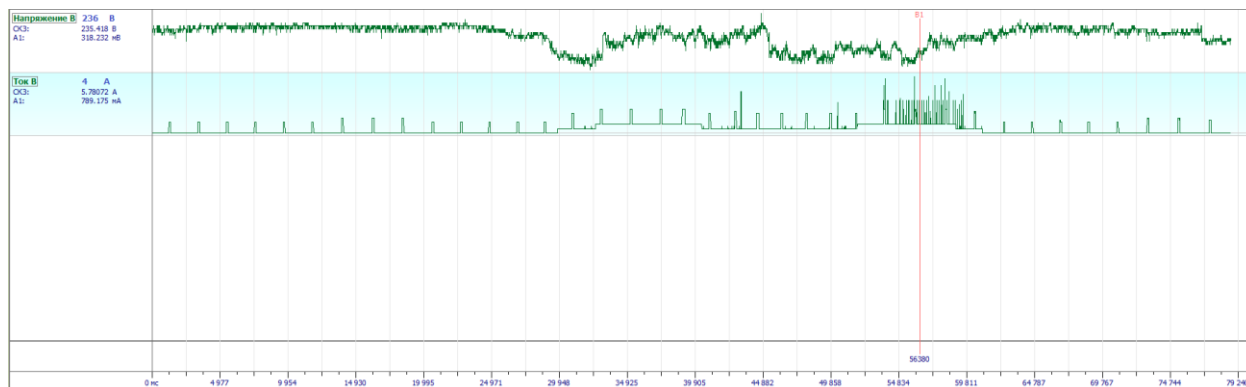


Рисунок 3.7 – График напряжения и тока фазы В за 22 марта

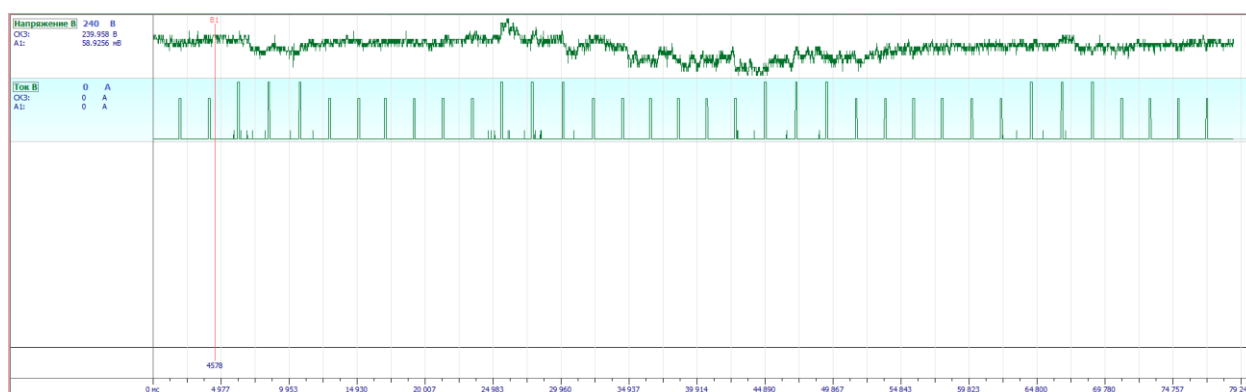


Рисунок 3.8 – График напряжения и тока фазы В за 23 марта

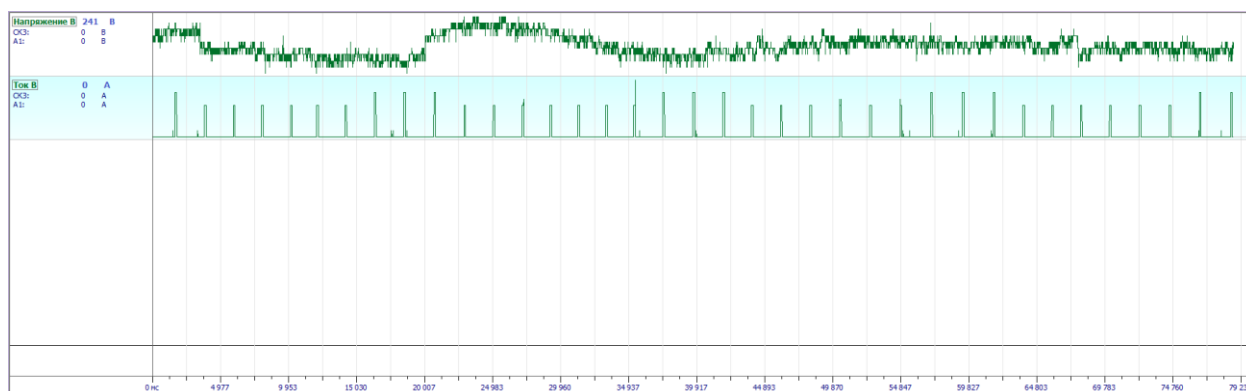


Рисунок 3.9 – График напряжения и тока фазы В за 24 марта

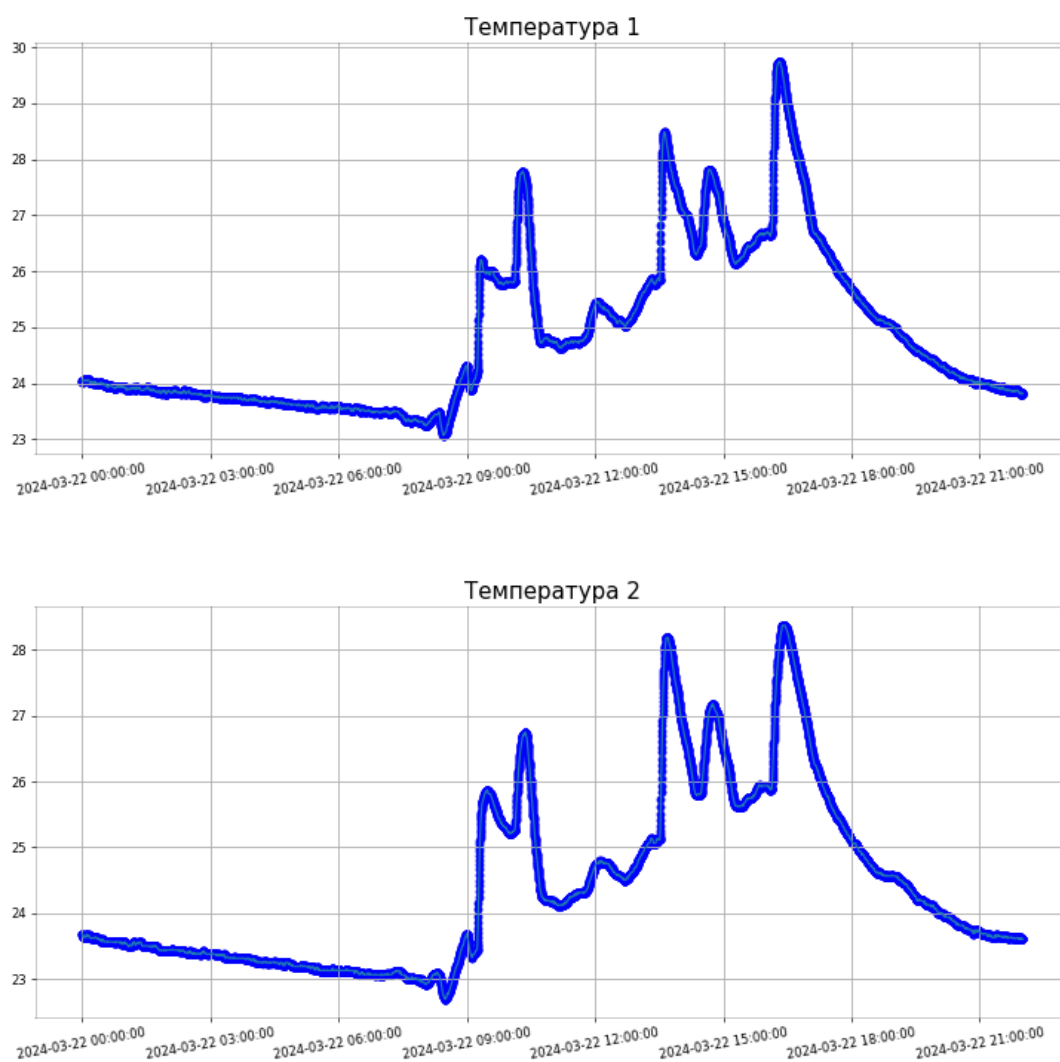


Рисунок 3.10 – График температуры с 2х датчиков за 22 марта

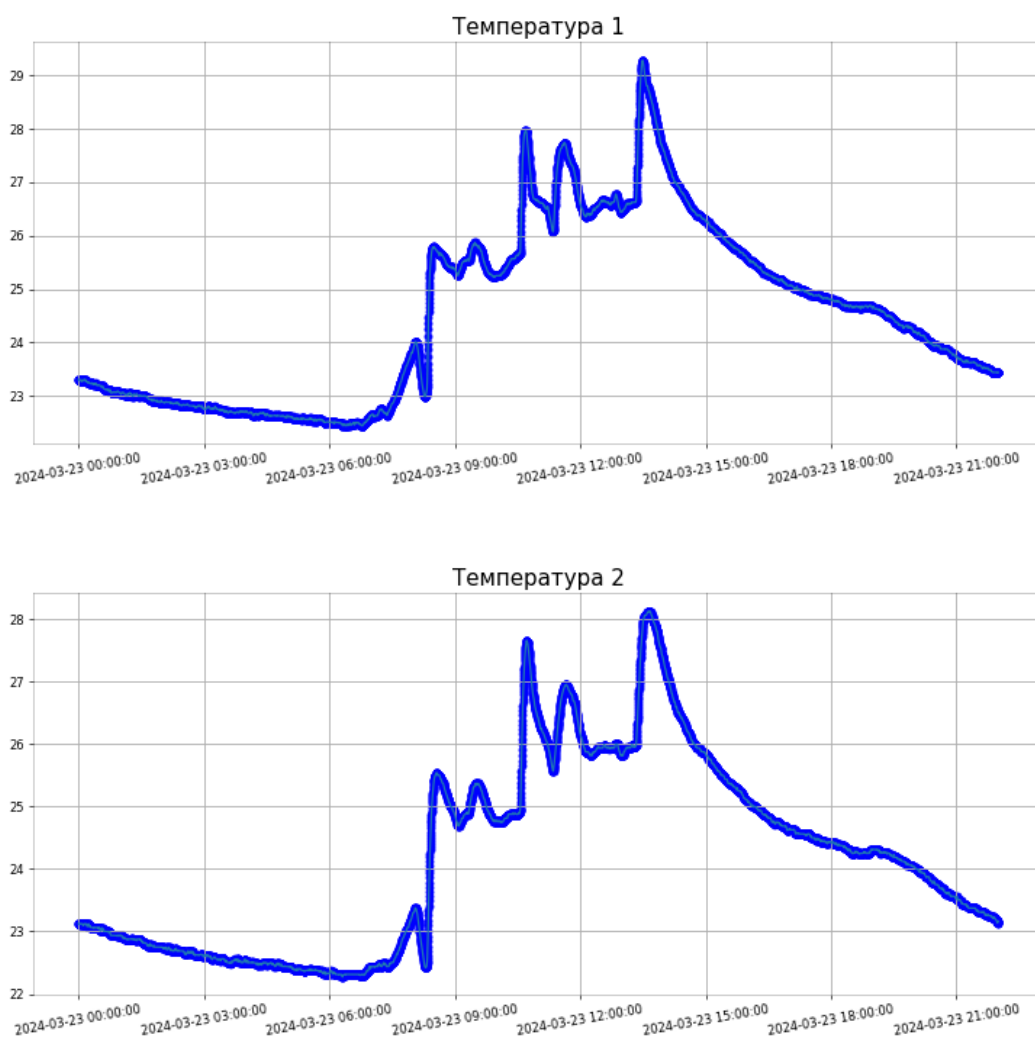


Рисунок 3.11 – График температуры с 2х датчиков за 23 марта

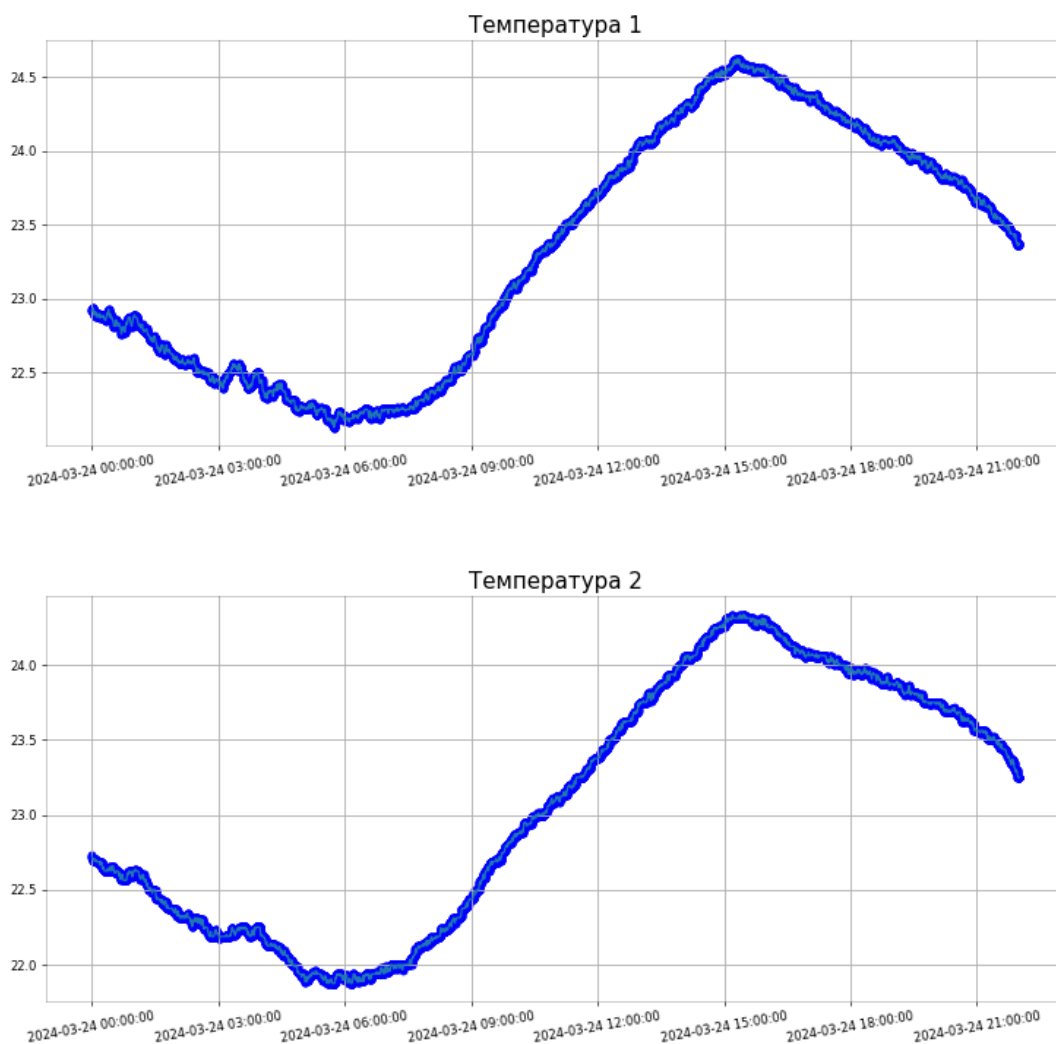


Рисунок 3.12 – График температуры с 2х датчиков за 24 марта

По рисункам 3.10-3.12 видно, что в воскресенье в выходной день никаких дополнительных процессов, кроме стандартных изменений не происходило, датчики температуры установлены просто в шкафу и поэтому показания зависят лишь от температуры окружающей среды. В пятницу 22 марта мы видим явных 2 включения печи запекания окрашенных изделий, в субботу видно 1 явное включение печи. Также хорошо прослеживается рабочий день завода с 7:30 до 16:30 дня. Если иметь снимок рабочего дня, что конкретно происходило в этот момент можно легко проанализировать как тот или иной станок влияет на сеть.

Нормативные документы и материалы

1. РД 34.35.310–97 Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем
2. IEC 61000-4-9-2016 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-9: Testing and measurement techniques – Impulse magnetic field immunity test. Basic EMC Publication
3. ГОСТ 14254–2015 (МЭК 529–89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)
4. ГОСТ Р МЭК 60870–5–101–2006 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 101. Обобщающий стандарт по основным функциям телемеханики
5. ESP32 Series Datasheet v4.3
6. Atmel-42735A-ATmega328/P_Datasheet_Complete-06/2016