

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 681.5.01:621.311.1

МАЛАШЕНКОВ
Анатолий Александрович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ТОРГОВЫХ ОБЪЕКТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-40 80 01 «Элементы и устройства вычислительной техники и
систем управления»

Научный руководитель
Шемаров Александр Иванович,
кандидат технических наук, доцент

Минск 2020

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня, на многих промышленных предприятиях, автоматизация диспетчерского управления в электроснабжении имеет хорошую динамику развития. Диспетчерское управление предоставляет новые возможности для развития торговых объектов. Потребность в автоматизации диспетчерского управления в электроснабжении была обусловлена массовым открытием крупных торговых объектов. Это направление имеет положительный рост, обусловленный различными законодательными нормами и требованиями к торговым объектам. В свою очередь на мелких и средних объектах динамика развития автоматизации требует активных действий и рационального построения в условиях минимального финансирования. Ввиду большого количества мелких торговых объектах актуальным является вопрос минимизации затраченных ресурсов на создание автоматизации и диспетчеризации. Кроме минимизации затраченных ресурсов, и единиц техники, требуется создание типовых проектных решений.

Для организации автоматизации диспетчеризации в электроснабжении используют различные системы и контроллеры. Так для реализации автоматизации диспетчеризации в электроснабжении применяется программируемый логический контроллер. На основе ПЛК построены многие АСУЗ, АСУ ТП, системы мониторинга, телеметрии и другое. Для анализа состояния системы применяются различные датчики.

В работе рассматривается задача построения системы диспетчеризации и мониторинга на основе данных, полученных путем проведения анализа технической оснащённости торговых объектов различных категорий. Построение системы автоматизации реализуется на ПЛК-100 компании ОВЕН. Определен тип датчиков и места их подключения для построения системы мониторинга. Помимо установленных датчиков расположенных на автоматических выключателях, используется точечный метод определения неисправности электрического узла на конкретном участке.

В результате выполнения работы осуществлено техническое проектирование разработаны программные решения системы автоматизации.

Также было проведено исследование рынка автоматизации диспетчеризации в управлении электроснабжением торговых объектов и применяемого для этой цели оборудования.

Проведено исследование срабатывание системы защиты от аварийных ситуаций и системы извещений, с использованием точечного метода.

Организован Шлюз датчик - ПЛК- диспетчер.

В качестве примера приведены мнемосхемы диспетчерского пульта при проведении анализа срабатывания системы защиты от аварий и отправки уведомлений об их возникновении.

Библиотека БГУИР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации обусловлена тем, что в связи увеличением количества торговых объектов и оборудования возрос масштаб электрических узлов, над которым требуется проводить мониторинг. Такая значимость обусловлена бесперебойной работой и оперативного реагирования обслуживающего персонала при аварийных ситуациях. Оперативное реагирование подразумевает быстрое выявление участка, где располагается неисправный узел. В данном случае хорошим решением является контроль электрических узлов точечным методом, который позволяет выявить конкретное месторасположение неисправного узла. В электроснабжении многих узлов очень важно контролировать наличие входного и выходного напряжения, а также наличие потребления электрической энергии, которая непосредственно связана с протеканием тока через объект. Так как на большинстве объектах, используемых в настоящее время, уже смонтированы распределительные шкафы с традиционными автоматическими выключателями, то для решения задач управления требуется контроль состояния того или иного объекта для создания компьютеризированных, автоматизированных систем управления. Зачастую это связано с задачами диспетчеризации.

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка автоматизации диспетчерского контроля в электроснабжении на торговых объектах выявления неисправностей точечным методом. Для достижения поставленной цели потребовало решения следующих задач:

- 1) выделить типовые объекты и узлы для электроснабжения;
- 2) определить или разработать датчики необходимые для контроля исправности работы электросети;
- 3) разработать программу для управления и контроля состояния датчиков;
- 4) обеспечить шлюз для передачи оперативной информации между датчиками, ПЛК и персональным компьютером (мобильным устройством), лицо принимающее решение и обеспечивающее технический надзор за оборудованием;
- 5) организовать систему диспетчерского управления организации.

Информационная база исследования сформирована на основе открытой информации, предоставляемой производителями автоматизированных систем управления технических средств, датчиков, сенсоров, программируемых логических контроллеров, сведений из ресурсов Интернет, а также материалов научных изданий, конференций и семинаров.

Инструментальной базой исследований являются ПЛК100 и модем ПМ01 компании ОВЕН, реле контроля фаз и напряжения, датчик-индикатор напряжения и тока, wi-fi роутер D-Link, облачный сервис OwenCloud, программные средства для ПЛК100 CoDeSys v2.3 для написания кода по заданному алгоритму, среда разработки SCADA система TRACE MODE, Zigbee модули.

Научная новизна и значимость полученных результатов диссертационной работы заключается в возможности выделения неисправного узла или узлов, расположенных в разных точках из общей электрической группы.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1) построение отладочного модуля Zigbee-точки с датчиком-индикатором напряжения и тока;
- 2) индикация аварий электроснабжения, как по группам, так и точечным методом, посредством выделения их из общей группы;
- 3) построение шлюза с ОВЕН ПЛК100;
- 4) построение системы диспетчеризации и мониторинга.
- 5) программная реализация всей системы.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней проведен анализ оснащенности уровня автоматизации на торговых объектах. Предложена структура и реализация построения диспетчеризации в электроснабжении на торговых объектах точечным методом.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что на основе предложенной структуры и реализованной конструктивной базы возможно построение автоматизированной индикации аварий в разных точках на различных узлах электроснабжения, в различных отраслях и сферах.

Объект исследования – системы автоматизации и диспетчеризации. автоматизация диспетчеризации и мониторинга в электроснабжении торговых объектов.

Предмет исследования – автоматизация диспетчеризации и мониторинга в электроснабжении торговых объектов.

Апробация и внедрение результатов исследования. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международной научной конференции Информационные технологии и системы (ИТС-2019), а также на 56-ой научной конференции аспирантов и магистрантов БГУИР.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 2 статьи. Суммарный объем статей составляет 4 страницы.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объём магистерской

диссертации составляет 98 страниц. Из них 65 страниц основного текста, 45 иллюстраций, 5 таблиц, библиографический список из 65 наименований (в том числе 2 собственные публикации), 6 приложений.

Библиотека БГУИР

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрены общие сведения уровня автоматизации диспетчеризации в электроснабжении на торговых объектах формируются задачи и цели построения системы автоматизации, обосновывается актуальность в данном направлении.

В **первой главе** для построения реальной картины уровня автоматизации диспетчерского управления в электроснабжении торговых объектов требуется провести обследование и анализ их технической оснащенности. Проводится мониторинг и анализ установленного оборудования на примере торговой сети Республики Беларусь. Проводится обзор рынка оборудования для построения систем автоматизации диспетчеризации, рассматриваются торговые центры других стран, в которых применяются автоматизация диспетчеризации в электроснабжении, ведется соискание аналогичных конструктивных решений и методик планируемых для применения в проекте, выявляется номенклатура значимых электрических узлов, требующих реализацию автоматизации в диспетчеризации и мониторинге. Делается вывод.

Во **второй главе** на основании выявленных категориях торговых объектов средней и малой, требующих внедрения автоматизации диспетчеризации в электроснабжении, прорабатывается теория построения аппаратной и программной части, включающая следующие разделы:

Типовые узлы для электроснабжения. Перечисляется типовое электрооборудование, электрические шкафы, узлы над которыми требуется проводить работы по автоматизации.

План задач для построения автоматизации диспетчеризации управления в электроснабжении на торговых объектах. Ставятся задачи, необходимые для построения системы автоматизации диспетчерского управления в электроснабжении. Данные задачи берутся из целей и задач исследования, а также из основных положений, выносимых на защиту. Определяется объект, на основании которого возможно проработать определенный программный и аппаратный конструктив. Для рассмотрения выбран торговый объект из малой категории. Основные узлы электроснабжения: щит ЩУР, ЩО, розеточная группа.

Датчики для мониторинга электроснабжения. В разделе перечисляются необходимые датчики для построения проекта. Для контроля исправности работы электросети. Выбор датчиков был выполнен следующий:

- датчик-индикатор напряжения с оптической развязкой;
- датчик-индикатор тока в исполнении токовая петля;
- реле контроля фаз и напряжения CZF-BR, реле контроля фаз предназначено для защиты электродвигателей и электроустановок, подключенных к трёхфазной сети, в случаях: отсутствия напряжения хотя бы одной из фаз, асимметрии напряжения, обрыва нулевого провода.

ОВЕН ПЛК100 как контроллер управления системы. В моем случае применен контроллер ОВЕН ПЛК100-220.Р-М питание на 220В, выходы на 6 электромагнитных реле и ограничением объема области памяти ввода/вывода до 25 Кбайт. Основной задачей контроллера стоит анализ информации с вводного автоматического выключателя поступающей с реле контроля фаз и напряжения, а также анализ информации с датчиков-индикаторов напряжения и тока, которые входят в состав Zigbee-точек, СМС уведомление о состоянии сети и управление группой освещения.

Zigbee/ IEEE802.15.4, как связь между датчиками и ПЛК. Сеть Zigbee конструктивно реализована на элементах: координатор, роутер и конечные устройства. Роутеры создают узлы сети, которые позволяют наращивать протяженность сети и количество ее элементов. Координатор – главный узел, который создает сеть и выбирает канал работы. Конечное устройство с датчиком, имеет низкое энергопотребление и работает от батарейки.

Реализация сети Zigbee и связь с ОВЕН ПЛК100. Принцип построения Zigbee-сети (рисунок 1).

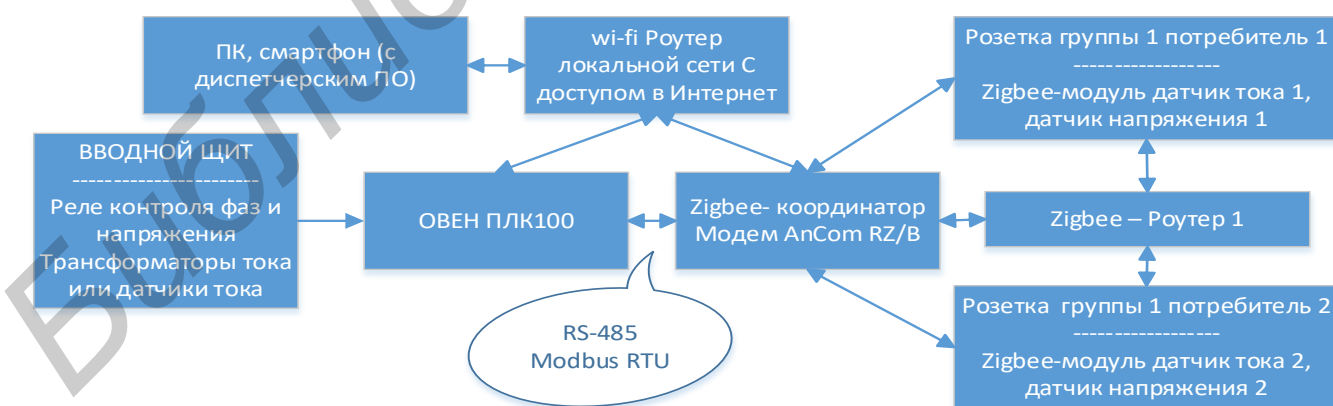


Рисунок 1 - Структурная схема системы управления и мониторинга электрических узлов предприятия с использованием датчиков – индикаторов на основе беспроводной сети Zigbee

Точечный метод и его преимущество. В данном разделе определено преимущество точечного метода оно объясняется следующим:

- не требуется выделять и вести отдельную линию для того, чтобы проводить контроль электроснабжения одного потребителя;
- можно проводить монтаж линии электроснабжения от одной группы с несколькими потребителями, легко подключить к любому подконтрольному узлу;
- при смене месторасположения потребителя при использовании накладной розетки со встроенным датчиком-индикатором напряжения и тока и Zigbee модулем, эти три элемента формируют так называемую Zigbee-точку, которую достаточно перенести на другую розетку у которой нет данного конструктива.

Шлюз между ОВЕН ПЛК100 и диспетчером. В данной части рассмотрена организация шлюза между ПЛК и диспетчером или лицом принимающее решение, (рисунок 2).

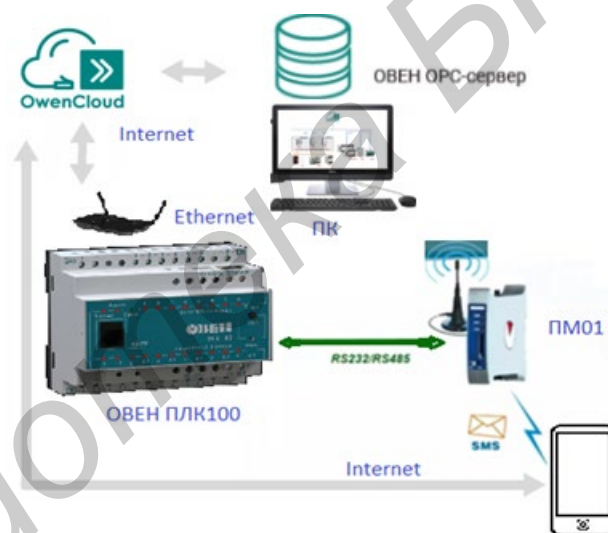


Рисунок 2 - Схема передачи оперативной информации в сервис OwenCloud между контроллером «ОВЕН» ПЛК100 и персональным компьютером (мобильным устройством), а также смс уведомление и управление через модем ПМ01

В третьей главе решается конструктивная и программная реализация проекта проводится анализ и исследование с работки Zigbee-точек и всей системы в целом.

В конструктивной части описан конструктив датчика-индикатора напряжения и тока. Проводится расчет нагрузочного сопротивления трансформатора тока. На основе данных датчиков разработана отладочная Zigbee-точка (рисунок 3).

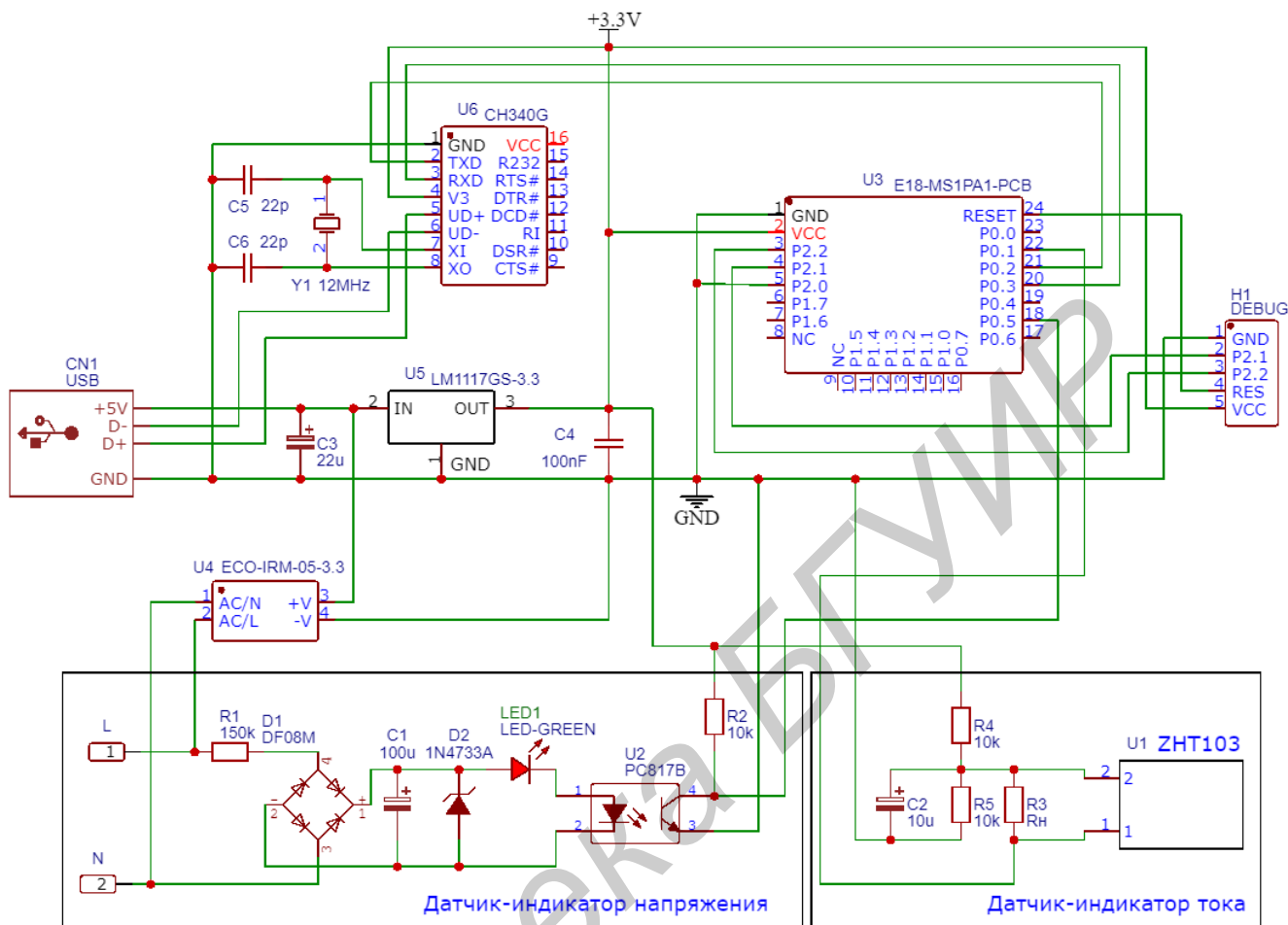


Рисунок 3 - Схема принципиальная электронная отладочной Zigbee-точки

В состав отладочной Zigbee -точки входит:

Линейный регулятор с низким падением напряжения LM1117GS-3.3 на 3.3 вольт 1 ампер служит ограничителем по напряжению выше 3.3 вольт. CH340G преобразователь интерфейса из USB в UART (мост USB-UART). Радиочастотный модуль E18-MS1PA1-PCB главный механизм всей системы, к которому подключены датчик-индикатор тока к аналоговому контакту P01, датчик-индикатор напряжения к P05. В качестве питания, кроме USB, предусмотрен дополнительный блок питания ECO-IRM-0.5-3.3, у которого мощность 5 Ватт и 3.3 Вольта на выходе. Данный блок питания подключен к входным клеммам 220 Вольт L и N. Такое сочетание дает *преимущество в отличии от других отладочных USB-стикеров.*

После описания конструктива Zigbee - точки разъясняется инструкция прошивки Zigbee-точки.

В разработанной схеме всего проекта (рисунок 4) разъясняется принцип работы всей системы.

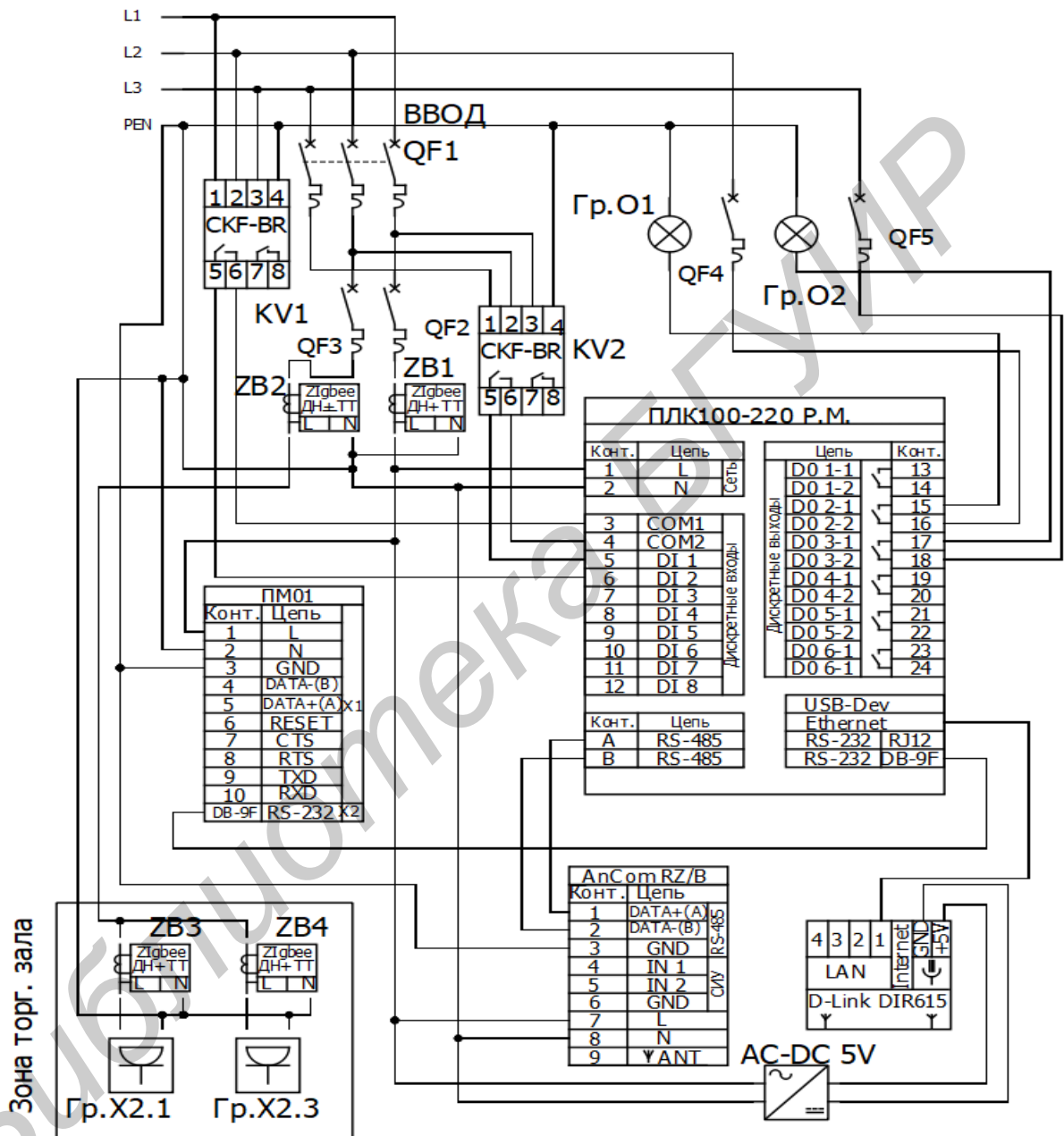


Рисунок 4 – Схема электрическая принципиальная подключение всех элементов отладочного проекта

Программная часть работы реализована в среде разработки CoDeSys версия 2.3. Структурная схема работы программы проекта изображена на рисунке 5.

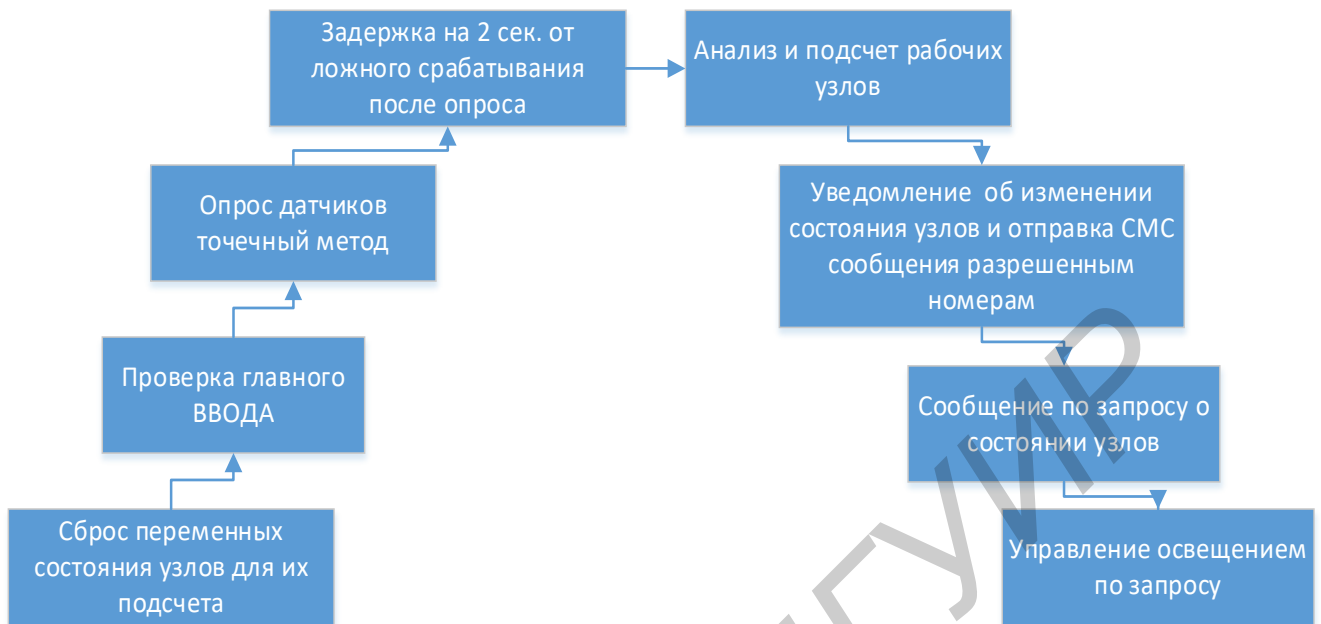


Рисунок 5 - Структурная схема работы программы всего проекта

В работе осуществлена реализация мнемосхем диспетчера в среде разработки SCADA система TRACE MODE 6 на примере анализа с работок аварий точечного метода в эмуляторе среды разработки CoDeSys версия 2.3 (рисунок 6), (рисунок7).

```

0003  alarmDetect
0004      mainEnterIn = TRUE
0005      mainEnterOut = TRUE
0006      ValMainEnter = '|Ввод работает|'
0007  input1
0008  input2
0009  input3
0010  VS
0011  TT
0012  ZB
0013      ZB[1] = '|Узел работает|'
0014      ZB[2] = '|Узел работает|'
0015      ZB[3] = '|Узел работает|'
0016      ZB[4] = '|Нет нагрузки или сети|'
0017  listNum
0018      inputStr1 = '4'
0019      inputStr2 = ''
0020      inputStr3 = '123'
  
```

Рисунок 6 – Работа ZB-точки 1,2,3 и главного ввода

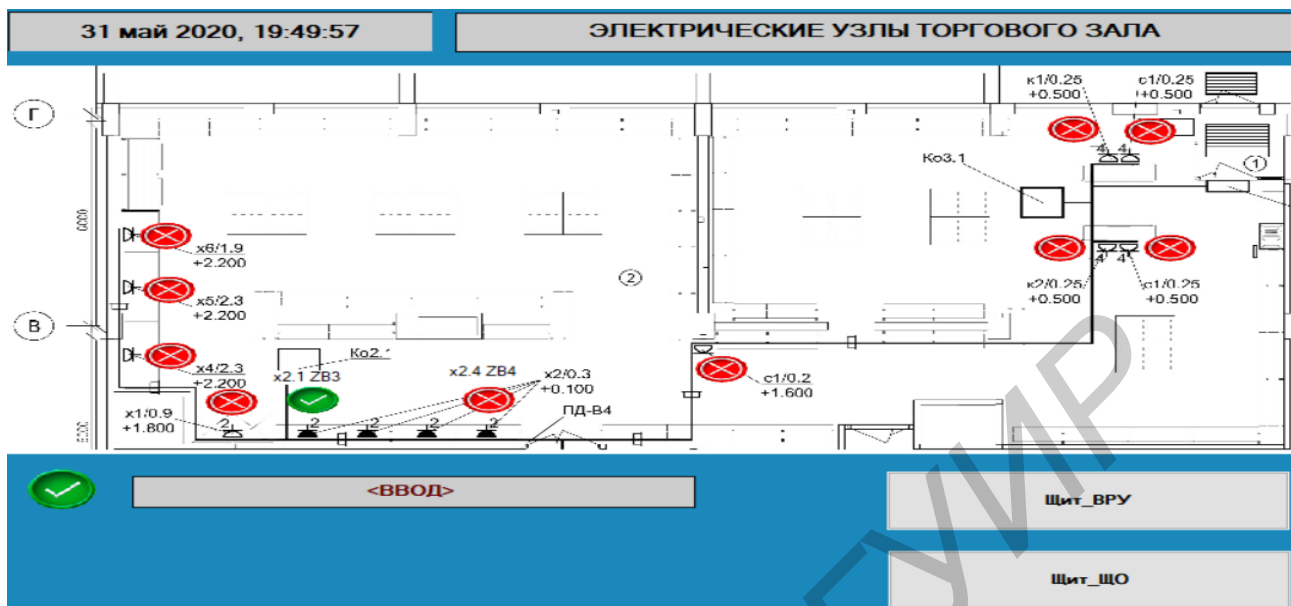


Рисунок 7 – Мнемосхема электрических узлов торгового зала проверка работы Zigbee-точек

Реализована программа СМС оповещения и управления на языке CFC. Объясняется принцип взаимодействия блоков программы (рисунок 8).

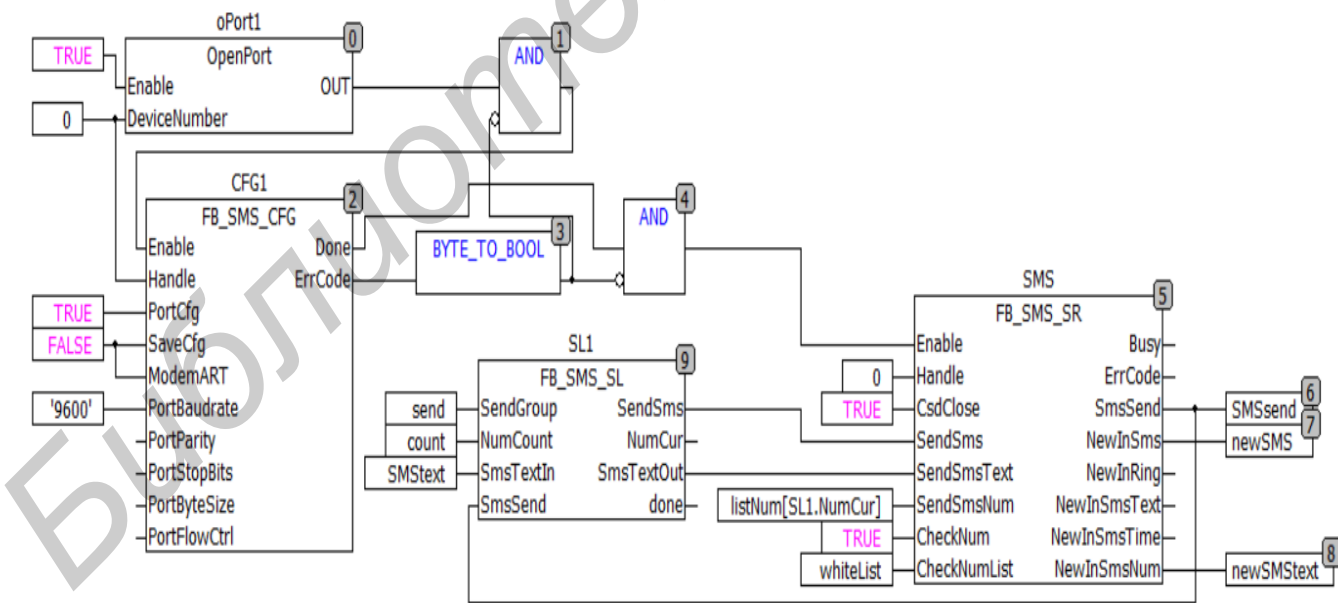


Рисунок 8 - Программа отправки и приема СМС о состоянии и авариях узлах реализованная на языке CFC

В завершении работы описана настройка облачного сервиса под проект для диспетчеризации в OwenCloud (рисунок 9).

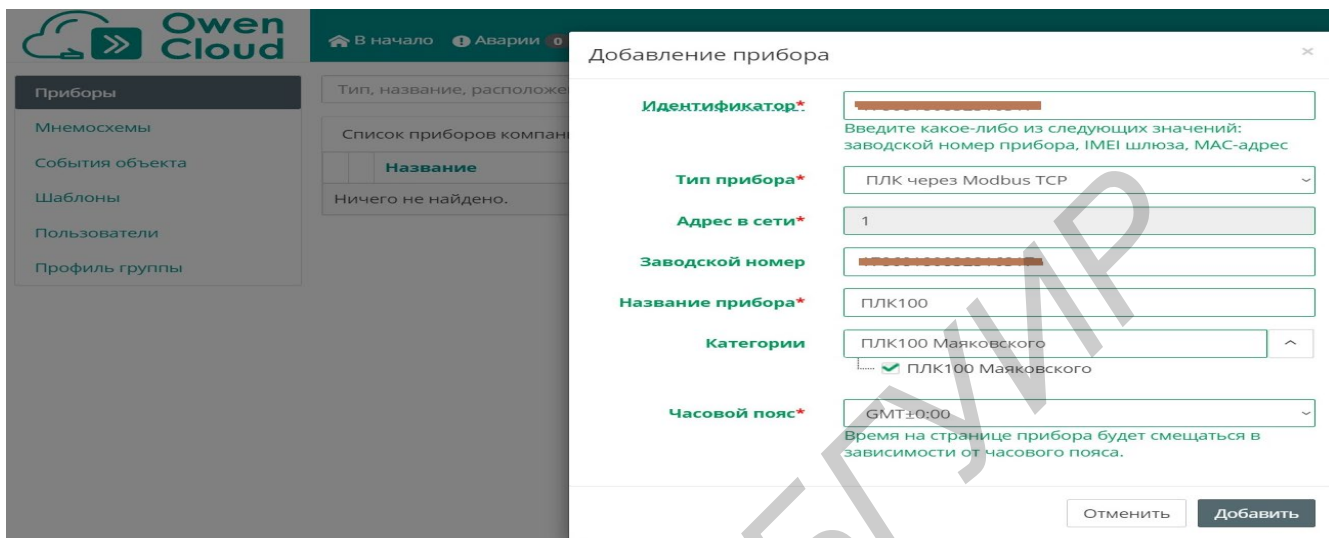


Рисунок 9 – Добавление прибора ПЛК100 в OwenCloud

Приведена структура построения диспетчерского управления в целом по предприятию в сервисе OwenCloud (рисунок 10).

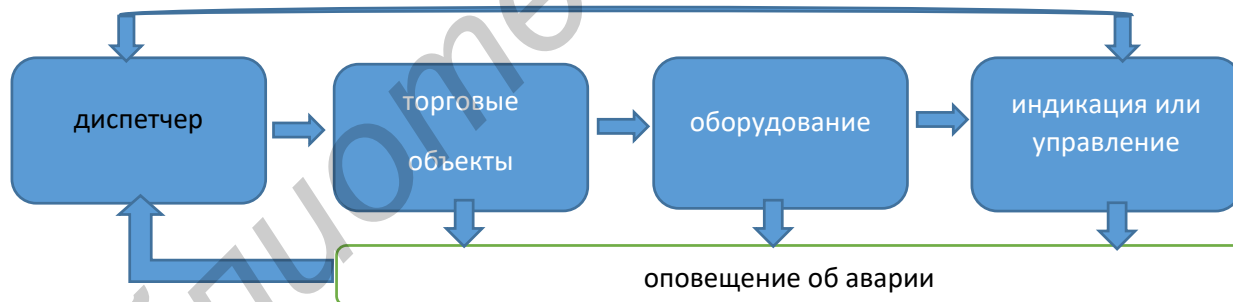


Рисунок 10 - Структура построения диспетчерского управления в целом по предприятию

Реализация диспетчеризации для общего количества объектов осуществляется в табличном виде.

В приложениях работы: проверка магистерской диссертации на антиплагиат, обзор рабочих характеристик устройств, задействованных в реализации макета; таблица параметров опроса для протокола Modbus TCP OwenCloud; код программной реализации проекта, презентация диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации рассмотрен принцип реализации построения системы автоматизации диспетчеризации в электроснабжении на торговых объектах. Для достижения поставленных целей были изучены торговые объекты разных категорий компании ООО «Евроторг»: большие, средние и малые.

Из анализа полученных данных были выявлены участки имеющие слабую автоматизацию или ее не имеющие. Значительный уровень автоматизации присутствует на больших и части средних торговых объектах. Что касается малых объектов, то следует обеспечить развитие направление их автоматизации.

Для анализа состояния электрической сети использовались реле контроля фаз и напряжения, датчик-индикатор напряжения и датчик-индикатор тока, в качестве индикатора отсутствия нагрузки на автоматическом выключателе, которые позволили получить общую картину о ситуации с линией электроснабжения. Такое конструктивное решение позволяет проводить мониторинг на вводных и распределительных линиях электроснабжения.

При реализации проекта были определены требования к бюджетным контроллерам, с функционалом, обеспечивающим автоматизацию и мониторинг электроснабжения торговых объектов. Из полученных данных на торговых объектах, путем исследования технической оснащенности, был определен необходимый функционал автоматизации и выбран контроллер для реализации данного проекта. Таковым для малых и средних торговых объектов является контроллер производства компании «ОВЕН» ПЛК100, ПЛК150.

Преимущество предлагаемой системы в диссертации заключается в отказе от использования релейных схем, а также использование точечного метода анализа сети электроснабжения. Суть метода заключается в том, что зачастую одна линия электроснабжения может иметь несколько ответвлений. Так как электроциты расположены на некотором расстоянии друг от друга, как и сами потребители, требуется обеспечить связь между несколькими узлами для анализа работоспособности технических средств, каждого в отдельности, не прибегая к проводной связи поэтому чтобы увидеть реальную неисправность конкретного устройства. Для этого было предложено решение, базирующиеся на использовании в конечных узлах модулей Zigbee - точек. Реализация сети между точками построена на основе протокола Zigbee (стандарт IEEE802.15.4). На конечных

выходных узлах использовались разработанные Zigbee-модули с датчиком-индикатором напряжения и тока. Подробно описан метод корректировки нагрузочным сопротивлением трансформатора тока для Zigbee - точки.

Большое внимание при проектировании системы было уделено организации шлюза между объектами и техническим персоналом, осуществляющим их обслуживание и надзор за объектами. Для диспетчеризации и передачи оперативной информации применен сервис OwenCloud от компании «ОВЕН», а также модем ПМ01 для смс уведомления и управления.

Организовано управление освещением по запросам и по группам через СМС.

Предложена структура диспетчерского управления в целом для большого количества объектов. Месторасположение контроллера можно отследить на карте. Использование сервиса OwenCloud дает доступ к данным устройств на веб-странице телефона или планшета без необходимости настройки OPC, SCADA, статического IP.

Для обеспечения работы проекта, была написана программа на языке ST в среде разработки CoDeSys версия 2.3, которая позволяет контролировать аварийные ситуации по группам и делать оповещение, как по запросу, так и при переключениях.

В работе осуществлена реализация мнемосхем диспетчера в среде разработки SCADA система TRACE MODE 6 на примере анализа с работок аварий в эмуляторе среды разработки CoDeSys версия 2.3.

Подводя итог можно сказать что в данной работе была проделана значимая работа по исследованию в построении автоматизации диспетчерского управления в электроснабжении основанной на реальных данных и секторе рынка под которую и разработан механизм и инструменты для реализации построения системы мониторинга и диспетчеризации.

Список публикаций соискателя

1-А. Малашенков, А. А. Датчик-индикатор состояния электрической сети и потребителя электрической энергии для автоматизированной системы управления / Малашенков А. А. // Информационные технологии и системы 2019 (ИТС 2019) = Information Technologies and Systems 2019 (ITS 2019) : материалы международной научной конференции, Минск, 30 октября 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2019. – С. 66 – 67. - Режим доступа: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/37566/1/Malashenkov_Datchik-indikator.pdf - Дата доступа: 25.05.2020

2-А. Малашенков А. А. Zigbee/IEEE802.15.4 как вариант сетевого шлюза датчика-индикатора состояния электрической сети и потребителя электрической энергии для автоматизированной системы управления / Малашенков А. А. // Информационные технологии и управление: Материалы 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов – Минск, 2020 – С.38-39. – Режим доступа: https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_144624.pdf - Дата доступа: 31.05.2020