

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная кола информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки: 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ): Отделение информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы |
|--|
| Разработка распределенной системы сбора данных с высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ |

УДК: 004.622:621.039.62

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---|---------|------|
| 8ИМ81 | Тухтасинов Махмуджон Рустамполвон угли | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор ОИТ, ИШИТР | Ким Валерий Львович | Д.Т.Н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------------------------|---------------------------|---------|------------|
| Доцент | Конотопский Владимир Юрьевич | К.Э.Н. | | 25.02.2020 |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|---------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ООД | Горбенко Михаил Владимирович | К.Т.Н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОИТ ИШИТР | Савельев Алексей Олегович | К.Т.Н. | | |

Планируемые результаты обучения

| Код результатов | Результаты обучения (выпускник должен быть готов) | Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11) |
|------------------------|--|--|
| P1 | Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте. | Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,2; ПК-1; УК-1,4,6), критерий 5 АИОР (п. 1.1), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P2 | Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и представления информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях. | Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,2,6,7; ПК-1,2,3,5,10; УК-1), критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P3 | Демонстрировать способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями. | Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,3,6; ПК-5,6; УК-1,6), критерий 5 АИОР (п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P4 | Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения. | Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,4,6; УК-6), критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.2,2.6.), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P5 | Владеть современными коммуникативными технологиями, в том числе на иностранном языке для академического и профессионального взаимодействия. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка. | Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,3; УК-3,4,5; ПК-7,8,9). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |

| Код результатов | Результаты обучения (выпускник должен быть готов) | Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11) |
|------------------------|---|---|
| P6 | Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современных программных и информационных систем, в управлении коллективом. Способность организовывать и эффективно руководить работой команды проекта при разработке программных и информационных систем. | Требования ФГОС ВО (3++) (УК-2,3,5; ПК-5,6,7,8,11; ОПК-1,8), критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P7 | Разрабатывать стратегии проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости новых методов и средств проектирования и разработки программных систем. | Требования ФГОС ВО (3++) (УК-1,3; ПК-1,3,10; ОПК-2,4,6,7), критерий 5 АИОР (п. 2.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P8 | Планировать и проводить теоретические и экспериментальные (численные) исследования в области создания программных систем. Оценивать и выбирать вариант архитектуры программной/информационной системы. | Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,4,6,7; ПК-1,3,10; УК-1,3), критерий 5 АИОР (п. 1.4), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P9 | Владеть методами и средствами инженерии требований к системам, управления качеством программного обеспечения и системной интеграции/модернизации программного обеспечения. | Требования ФГОС ВО (3++) (УК-1; ОПК-4,5,7; ПК-1,2,4,8,11). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P10 | Владеть современными инструментальными средствами программирования и технологиями управления данными. Использовать их при разработке требований, при проектировании и создании программного обеспечения, информационных систем/автоматизированных систем управления производством. | Требования ФГОС ВО (3++) (ПК-1,2,4,5,7,9,11; ОПК-2,5,7; УК-2). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P11 | Осуществлять проектирование и разработку веб и мультимедийных приложений в среде корпоративных и глобальных информационно-телекоммуникационных систем. | Требования ФГОС ВО (3++) (ПК-1,2,3,5,6,9,11; ОПК-2,4,5,7; УК-2,3,5). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |
| P12 | Осуществлять управление процессами внедрения/сопровождения (модернизации, интеграции) программных и информационных систем на основе принципов и методов системной инженерии. | Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-4,6,8; ПК-1,4,5,6,8,9,11; УК-2,3,4), критерий 5 АИОР (п. 2.6), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность): 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ): Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Савельев А.О.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--------------------------|
| Магистерской диссертации |
|--------------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--|
| 8ИМ81 | Тухтасинов Махмуджон Рустамполвон угли |

Тема работы:

| | |
|--|------------------------|
| Разработка распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 28.02.2020г., №59-46/с |

| | |
|--|--------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 01.06.2020г. |
|--|--------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|--|
| Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i> | Объектом исследования является трансформаторы масляные мощностью 10000–80000 кВА с регулированием напряжения под нагрузкой предназначенные для питания полупроводниковых выпрямительных агрегатов предприятий цветной металлургии, химической промышленности и других электролизных производств. |
|--|--|

| | |
|--|--|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Исследование методов построения источников питания ЭФУ типа Токамак КТМ; 2. Выбор архитектуры распределенной системы сбора данных высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ; 3. Разработка структурной схемы ПСД с первичных датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов; 4. Разработка принципиальной схемы ПСД с первичных датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов; 5. Выбор и обоснование контроллера ШЗТ; 6. Разработка программного обеспечения контроллера ШЗТ; 7. Разработка программного обеспечения верхнего уровня. |
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | |
| <p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p> | |
| <p>Раздел</p> | <p>Консультант</p> |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> | <p>Доцент, к.э.н., Конотопский Владимир Юрьевич</p> |
| <p>Социальная ответственность</p> | <p>Доцент, к.т.н., Горбенко Михаил Владимирович</p> |
| <p>Раздел на иностранном языке</p> | <p>Старший преподаватель ШБИП, Маркова Наталья Александровна</p> |
| <p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> | |
| <p>ВВЕДЕНИЕ</p> | |
| <p>ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</p> | |
| <p>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</p> | |

| | |
|--|--|
| <p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p> | |
|--|--|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|---------------------|------------------------|---------|------|
| Профессор ОИТ ИШИТР | Ким Валерий Львович | д.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--|---------|------|
| 8ИМ81 | Тухтасинов Махмуджон Рустамполвон угли | | |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность): 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Уровень образования: Магистратура
 Отделение школы (НОЦ): Отделение информационных технологий
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

| |
|--------------------------|
| Магистерская диссертация |
|--------------------------|

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 01.06.2020 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 23.02.2020 | Обзор литературы | 15 |
| 25.03.2020 | Выбор архитектуры распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ | 20 |
| 14.05.2020 | Программно-аппаратная реализация распределённой системы сбора данных с электрофизической установки Токамак КТМ | 25 |
| 21.05.2020 | Результаты | 15 |
| 23.05.2020 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 15 |
| 29.05.2020 | Социальная ответственность | 10 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|---------------------|------------------------|---------|------|
| Профессор ОИТ ИШИТР | Ким Валерий Львович | д.т.н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОИТ ИШИТР | Савельев Алексей Олегович | к.т.н. | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--|
| 8ИМ81 | Тухтасинов Махмуджон Рустамполвон угли |

| Школа | ИШИТР | Отделение школы (НОЦ) | ОИТ |
|---------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | Информационные системы и технологии |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | Нормы из реальных осуществляемых затрат: потребление технических ресурсов |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ) |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ | Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования |
| 2. Разработка устава научно-технического проекта | Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения внутри существующей организации |
| 3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок | Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР. |
| 4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности | Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ - выполнить
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ - выполнить
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------------------|------------------------|---------|---------------|
| Доцент | Конотопский Владимир Юрьевич | К. Э. Н. | | 25.02.2020 г. |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--|---------|------|
| 8ИМ81 | Тухтасинов Махмуджон Рустамполвон угли | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--|
| 8ИМ81 | Тухтасинов Махмуджон Рустамполвон угли |

| Школа | ИШИТР | Отделение (НОЦ) | ОИТ |
|---------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | Информационные системы и технологии |

Тема ВКР:

Разработка распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|---|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Система позволяет осуществить сбор и обработку данных о напряжениях и токах высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ Рабочая зона – аудитория, оборудованная системой отопления, кондиционирования воздуха, с естественным и искусственным освещением. Рабочее место – стационарное, оборудованное компьютером. |
|--|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <p>Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам». СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;</p> <p>Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда; - обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом; - получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов; - отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными |
|---|--|

| | |
|--|--|
| | <p>законами, до устранения такой опасности;</p> <ul style="list-style-type: none"> - обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя; - обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя; - личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания; - внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра; - гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда. - повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя. |
| <p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p> | <p>2.1. Анализ выявленных опасных производственных факторов рабочей среды, влияющих на организм человека при разработке программного обеспечения в рабочем помещении учебной аудитории, а именно: опасность поражения электрическим током, опасность поражения статическим электричеством, короткое замыкание.</p> <p>2.2. Эксплуатация электроустановок должна осуществляться в строгом соответствии с действующими ТНПА – ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», ПУЭ, Межотраслевыми правилами по охране труда при работе в электроустановках (МПОТЭ) и другими нормативными документами.</p> <p>Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.</p> <p>Согласно ГОСТ 12.1.019 электробезопасность должна обеспечиваться:</p> <ul style="list-style-type: none"> - конструкцией электроустановок; - техническими способами и средствами защиты; |

| | |
|--|---|
| | <p>- организационным и техническими мероприятиями.</p> <p>Конструкция электроустановок должна соответствовать условиям их эксплуатации, обеспечивать защиту персонала от опасных и вредных воздействий электрического тока и электромагнитных полей, соприкосновения с токоведущими и движущимися частями. Ограждение токоведущих частей является обязательной частью конструкции электрооборудования.</p> <p>В соответствии с ГОСТ 12.2.007 конструкции электрооборудования по способу защиты человека от поражения током подразделяются на пять классов защиты: 0; 01; I; II и III:</p> <p>Класс 0 - электрооборудование, которое имеет рабочую изоляцию, но не имеет элементов для заземления, если это оборудование не отнесено к классам II и III;</p> <p>Класс 01 - электрооборудование, имеющее рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения этого оборудования к источнику питания;</p> <p>Класс I - электрооборудование, которое в отличие от электрооборудования класса 01 в проводе для присоединения к источнику питания имеет заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом;</p> <p>Класс II - электротехническое оборудование, имеющее двойную или усиленную изоляцию, но не имеющее элементов для заземления;</p> <p>Класс III - электрооборудование, которое не имеет ни внешних, ни внутренних электрических цепей напряжением выше 42 В.</p> <p>В соответствии с ГОСТ 14255 устанавливаются степени защиты персонала от прикосновения к токоведущим частям, попадания посторонних тел и проникновения воды</p> |
| 3. Экологическая безопасность: | – Утилизация используемой оргтехники и люминесцентных ламп. |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | – Чрезвычайная ситуация техногенного характера для данного помещения – пожар. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, план эвакуации |

| | |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ООД | Горбенко Михаил Владимирович | к.т.н | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---|---------|------|
| 8ИМ81 | Тухтасинов Махмуджон Рустамполвон угли | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 118 _____ с., _____ 27 _____ рис., _____ 8 _____ табл., _____ 16 _____ источников, _____ 3 _____ прил.

Ключевые слова: плата сбора данных, шкаф защиты трансформатора, распределённая система, архитектура, разработка программного обеспечения, контроллер.

Объектом исследования являются трансформаторы масляные мощностью 10000–80000 кВА с регулированием напряжения под нагрузкой предназначенные для питания полупроводниковых выпрямительных агрегатов предприятий цветной металлургии, химической промышленности и других электролизных производств.

Цель работы – разработка распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ

В процессе исследования был проведён анализ предметной области, представлены методы построения источников питания, произведён выбор архитектуры распределённой системы сбора данных, обоснован выбор контроллера ШЗТ, разработано ПО контроллера ШЗТ и ПО верхнего уровня, представлены результаты запуска ПО.

В результате исследования удалось достичь реализации контроллера ШЗТ и приложения для сбора и регистрации данных в файл с аналогово-цифрового преобразователя, а также передачи их на верхний уровень с последующим сохранением данных.

Область применения: экспериментальные исследования, проводимые на ЭФУ типа Токамак, нацеленные на изучение способов создания и механизмов длительного, стабильного поддержания реакции термоядерного синтеза.

Экономическая эффективность/значимость работы: данная разработка обеспечивает автоматизацию процесса сбора и регистрации данных из первичных датчиков напряжения и тока с последующей передачей их на верхний уровень, что является одной из задач по обеспечению инструментами автоматизации сбора и эффективной регистрации данных в различных промежутках времени.

В будущем планируется разработка SCADA системы, которая обеспечивает работу в реальном времени систем управления, сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте управления.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 15 |
| 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ | 17 |
| 1.1 Обзор методов построения источников питания электрофизической установки Токамак КТМ | 17 |
| 1.1.1 Особенности конструкции | 17 |
| 1.1.2 Условия эксплуатации | 23 |
| 1.2 Особенности распределённых систем | 25 |
| 1.3 Выводы по разделу | 27 |
| 2 ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ С ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТОКАМАК КТМ | 28 |
| 2.1 Обзор шкафа защиты трансформатора | 30 |
| 2.1.1 Назначение устройства | 30 |
| 2.1.2 Технические данные | 30 |
| 2.1.3 Состав устройства | 31 |
| 2.2 Обзор промышленной электронно-вычислительной машины (ЭВМ ОПУ_БЭУ) | 32 |
| 2.2.1 Назначение устройства | 32 |
| 2.2.2 Технические характеристики | 33 |
| 2.2.3 Состав устройства | 34 |
| 3 ПРОГРАММНО - АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ С ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТОКАМАК КТМ | 38 |
| 3.1 Выбор и обоснование первичных датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов | 38 |
| 3.1.1 Выбор датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов | 38 |
| 3.1.2 Обоснование выбора модели АС 1005 | 40 |
| 3.1.3 Плата трансформаторов тока | 42 |
| 3.1.4 Описание платы сбора данных | 43 |
| 3.2 Разработка плат сбора данных с первичных датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов | 46 |

| | |
|--|----|
| 3.2.1 Разработка структурной схемы платы сбора данных | 46 |
| 3.2.2 Разработка принципиальной схемы платы сбора данных | 47 |
| 3.3 Обоснование выбора контроллера ШЗТ | 48 |
| 3.4 Разработка ПО распределённого сбора и передачи данных с контроллеров ШЗТ в ЭВМ верхнего уровня | 52 |
| 3.4.1 Разработка ПО контроллера ШЗТ | 52 |
| 3.4.2 Разработка ПО верхнего уровня | 55 |
| 4 Результаты | 62 |
| 5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ И РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ | 63 |
| 5.1 Организация и планирование работ | 63 |
| 5.1.1 Продолжительность этапов работ | 64 |
| 5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта | 68 |
| 5.2.1 Расчет затрат на материалы | 68 |
| 5.2.2 Расчет заработной платы | 69 |
| 5.2.3 Расчет затрат на социальный налог | 70 |
| 5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию | 70 |
| 5.2.5 Расчет амортизационных расходов | 72 |
| 5.2.6 Расчет прочих расходов | 73 |
| 5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки | 73 |
| 5.2.8 Расчет прибыли | 74 |
| 5.2.9 Расчет НДС | 74 |
| 5.2.10 Цена разработки НИР | 74 |
| 5.3 Оценка экономической эффективности проекта | 74 |
| 5.4 Выводы по разделу | 75 |
| 6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ | 76 |
| 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 77 |
| 6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства) | 77 |
| 6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны | 78 |
| 6.2 Профессиональная социальная ответственность | 80 |
| 6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования | 80 |

| | |
|--|-----|
| 6.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов | 81 |
| 6.3 Экологическая безопасность..... | 90 |
| 6.3.1 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду | 90 |
| 6.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды | 90 |
| 6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 91 |
| 6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований | 91 |
| 6.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС | 91 |
| 6.5 Выводы по разделу | 94 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 95 |
| Список использованных источников | 97 |
| Приложение А | 99 |
| Приложение Б | 100 |
| Приложение В..... | 116 |

ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальные исследования, проводимые на ЭФУ типа Токамак, нацелены на изучение способов создания и механизмов длительного, стабильного поддержания реакции термоядерного синтеза. Как и во многих других областях научных исследований, качество экспериментов, проводимых на установках данного типа, во многом зависит от эффективности измерительных систем, работающих в процессе управления параметрами исследуемого объекта и обеспечивающих сохранение экспериментальной информации.

Осуществление реакции термоядерного синтеза на установках типа Токамак возможно только при использовании современных методов и средств автоматизации. Системы управления технологическим процессом, реализованные на основе современных средств микропроцессорной техники и новых информационных технологий, обеспечивающие решение задач комплексной автоматизации, являются неотъемлемой частью термоядерных установок. Это связано с тем, что современные установки представляют собой сложные инженерно-технические комплексы, для нормальной работы которых необходима синхронная, безопасная и надежная работа всех технологических систем, входящих в их состав [1]. Поэтому требуется объединение многочисленного оборудования в единый комплекс и создание условий обеспечения как безопасности работы персонала и сохранности техники, так и гибкости управления в сочетании с представлением полной информации о режимах работы, состоянии оборудования и проводимых экспериментах.

В этой связи особое внимание следует уделить разработке систем сбора данных, обеспечивающих достоверность измерительной информации, сохранение результатов в течении проведения эксперимента и выполняющих функции передачи данных на верхний уровень в реальном масштабе времени.

Основной целью настоящей работы является разработка распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Исследование методов построения источников питания ЭФУ типа Токамак КТМ;
2. Выбор архитектуры распределенной системы сбора данных с высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ;
3. Разработка структурной схемы ПСД с первичных датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов;
4. Разработка принципиальной схемы ПСД с первичных датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов;
5. Выбор и обоснование контроллера ШЗТ;
6. Разработка программного обеспечения контроллера ШЗТ;
7. Разработка программного обеспечения верхнего уровня.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Обзор методов построения источников питания электрофизической установки Токамак КТМ

Трансформаторы масляные мощностью 10000–80000 кВА с регулированием напряжения под нагрузкой предназначены для питания полупроводниковых выпрямительных агрегатов предприятий цветной металлургии, химической промышленности и других электролизных производств [2].

Трансформаторы классифицируются по виду охлаждения, типовой мощности, напряжению сетевой обмотки и климатическому исполнению.

Структура условного обозначения $T[*]НП[*]/[*][*][*]$:

T – трехфазный трансформатор;

$[*]$ – вид охлаждения: D – принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла; $Ц$ – принудительная циркуляция воды и масла с ненаправленным потоком масла; $ДЦ$ – принудительная циркуляция воздуха и масла с ненаправленным потоком масла;

H – с регулированием напряжения под нагрузкой;

$П$ – для питания полупроводниковых выпрямительных агрегатов;

$[*]$ – типовой мощность, кВ · А;

$[*]$ – напряжение сетевой обмотки, кВ;

$[*][*]$ – климатическое исполнение и категория размещения (У1, УХЛ4) по ГОСТ 15150–69.

1.1.1 Особенности конструкции

Напряжение вентильной обмотки регулируется в нескольких диапазонах. Диапазоны переключаются устройствами переключения без возбуждения (ПБВ) с помощью ручного привода, установленного на стенке

бака, или моторного привода по согласованию с заказчиком. В пределах каждого диапазона осуществляется регулирование напряжения под нагрузкой с помощью устройства РПН на 19 положений с вакуумными дугогасительными камерами. В трансформаторе ТДЦНП-50000/10У1 используется тиристорное переключающее устройство на 27 положений.

В трансформаторах ТЦНП-25000/10УХЛ4 и ТЦНП-80000/20УХЛ4 в каждом положении устройства ПБВ напряжение вентильной обмотки регулируется под нагрузкой с помощью трех однофазных устройств РПН поочередным изменением коэффициента трансформации по фазам 54 степенями.

Параметры трансформаторов при регулировании соответствуют величинам, указанным в таблице 1.1.

Привод устройства РПН позволяет обеспечить ручное, дистанционное и автоматическое управление переключателем ступеней.

Питание приводных механизмов РПН – от сети трехфазного тока частотой 50 Гц напряжением 380 В с нулем.

Соединение частей вентильной обмотки в "звезду" и "треугольник" выполнено внутри бака. Вводы выведены на боковую стенку бака. В трансформаторах для преобразователей на ток 50000–63000 А линейные отводы каждой части вентильной обмотки распараллелены внутри бака и выведены на противоположные боковые стенки бака.

Вводы сетевой обмотки имеют усиленную внешнюю изоляцию. Все сетевые вводы с механическим креплением – разборного типа.

На вводах А и С каждой части вентильной обмотки трех трансформаторов и на вводах А и С сетевой обмотки трансформаторов напряжением 35 кВ встроено по одному трансформатору тока.

Трансформаторы снабжены комплектом контрольной и защитной аппаратуры.

Общий вид, габаритные размеры и масса трансформаторов приведены на рисунках 1.1 – 1.3.

Таблица 1.1 – Параметры трансформаторов при регулировании

| Типоисполнение трансформатора | Мощность сетевой обмотки, кВ·А | Напряжение сетевой обмотки, кВ | Напряжение вентильной обмотки, В | Ток вентильной обмотка, А | Схема и группа соединения обмоток | Напряжен ие сквозного КЗ,% | Данные преобразователя | |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------------|------------------------|--------|
| | | | | | | | Напряжение, В | Ток, А |
| ТДНП-10000/10У1 | 4300 | 6; 10 | 250 | 5100×2 | Δ/ΔУ-0-11 | 9,9 | 300 | 12500 |
| ТДНП-12500/10У1 | 6300 | 6 | 371 | | | 9,7 | 450 | |
| | | 10 | 369 | | | | | |
| ТДНП-12500/35У1 | 6400 | 35 | 374 | | | 11,2 | | |
| ТДНП-16000/10У1 | 8700 | 6; 10 | 256 | 5100×4 | Δ/ΔΔУУ-0-1 | 12,6 | 300 | 25000 |
| ТДНП-16000/35У1 | 8600 | 35 | 252 | | | 12,2 | | |
| ТДНП-25000/10У1 | 12800 | 6 | 372 | | | 10,2 | 450 | |
| | | 10 | 375 | | | | | |
| | 11500 | 6; 10 | 672 678 | 5100×2 | Δ/ΔУ-0-1 | 8,4 | 850 | 12500 |
| ТЦНП-25000/10УХЛ4 | 17100 | 10,5 | 250 | 10200×4 | Δ/ΔΔУУ-0-1 | 14,7 | 300 | 50000 |
| ТДНП-25000/35У1 | 12800 | 35 | 375 | 5100×4 | Δ/ΔУ-0-1 | 10,4 | 450 | 25000 |
| | 11500 | | 675 | 5100×2 | | 9,1 | 850 | 12500 |
| ТДНП-32000/10У1 | 16600 | 10,5 | 487 | 5100×4 | Δ/ΔΔУУ-0-1 | 10,4 | 600 | 25000 |
| ТДНП-32000/35У1 | | 35 | 486 | | | 9,2 | | |
| ТДНП-40000/10У1 | 23200 | 10,5 | 681 | | | 10,6 | 850 | |
| ТЦНП-40000/10УХЛ4 | 25330 | 10 | 370 | | | 10200×4 | 14,7 | 450 |
| ТЦНП-40000/35УХЛ4 | 25540 | 35 | 374 | 13,5 | | | | |
| ТДЦНП-50000/10У1 | 30000 | 10,5 | 701 | 6426×4 | Δ _{авто} /ΔΔУУ-11,75-0,75 Δ _{авто} /ΔΔУУ-10,25-11,25 | 10,7 | 850 | 31500 |
| | | | 699 | | Δ _{авто} /ΔΔУУ-11,875-0,875 Δ _{авто} /ΔΔУУ-10,125-11,125 | 11,5 | | |
| | | | 693 | | Δ _{авто} /ΔΔУУ-11,675-0,675 Δ _{авто} /ΔΔУУ-10,375-11,375 | 10,0 | | |
| | | | | | | | | |
| ТЦНП-80000/20УХЛ4 | 60000 | 20 | 696 | 12500×4 | Δ/ΔΔУУ-0-1 | 14,0 | | 63000 |

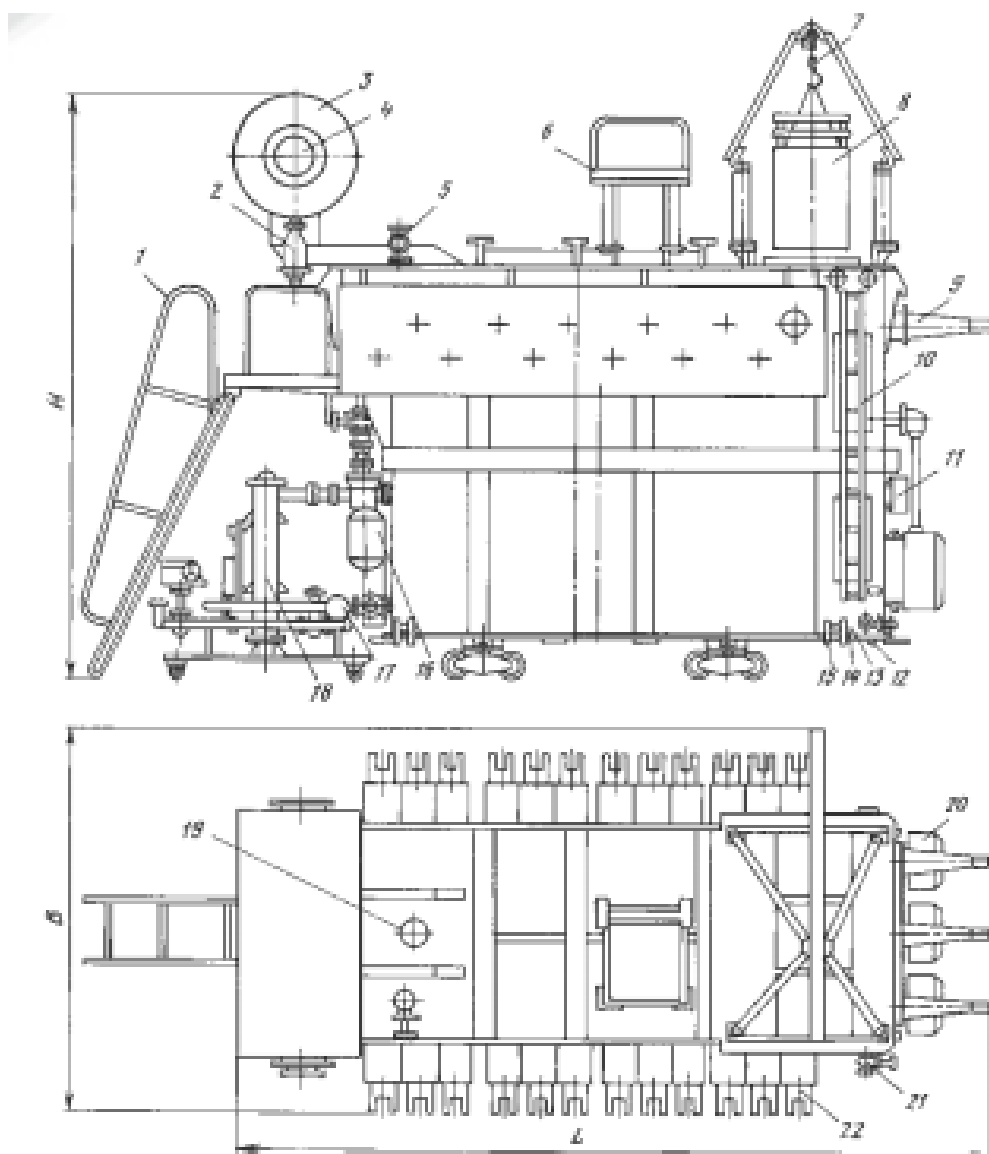


Рисунок 1.1 – Общий вид и габаритные размеры трансформаторов ТЦНП

1 – лестница; 2 – воздухоосушитель; 3 – расширитель; 4 – стрелочный маслоуказатель; 5 – клапан для фильтрпресса; 6 – площадка для обслуживания крана; 7 – кран для подъема контактора; 8 – контактор РПН; 9 – ввод сетевой обмотки; 10 – монтажная лестница; 11 – клеммовые коробки трансформаторов тока; 12 – пробка для слива остатков масла; 13 – кран для взятия проб масла; 14 – болт для заземления; 15 – скоба для домкрата; 16 – абсорбционный фильтр; 17 – маслоочистительный фильтр; 18 – маслоохладитель Ц; 19 – реле газовой защиты; 20 – привод устройства РПН; 21 – клапан для слива масла; 22 – ввод вентильной обмотки.

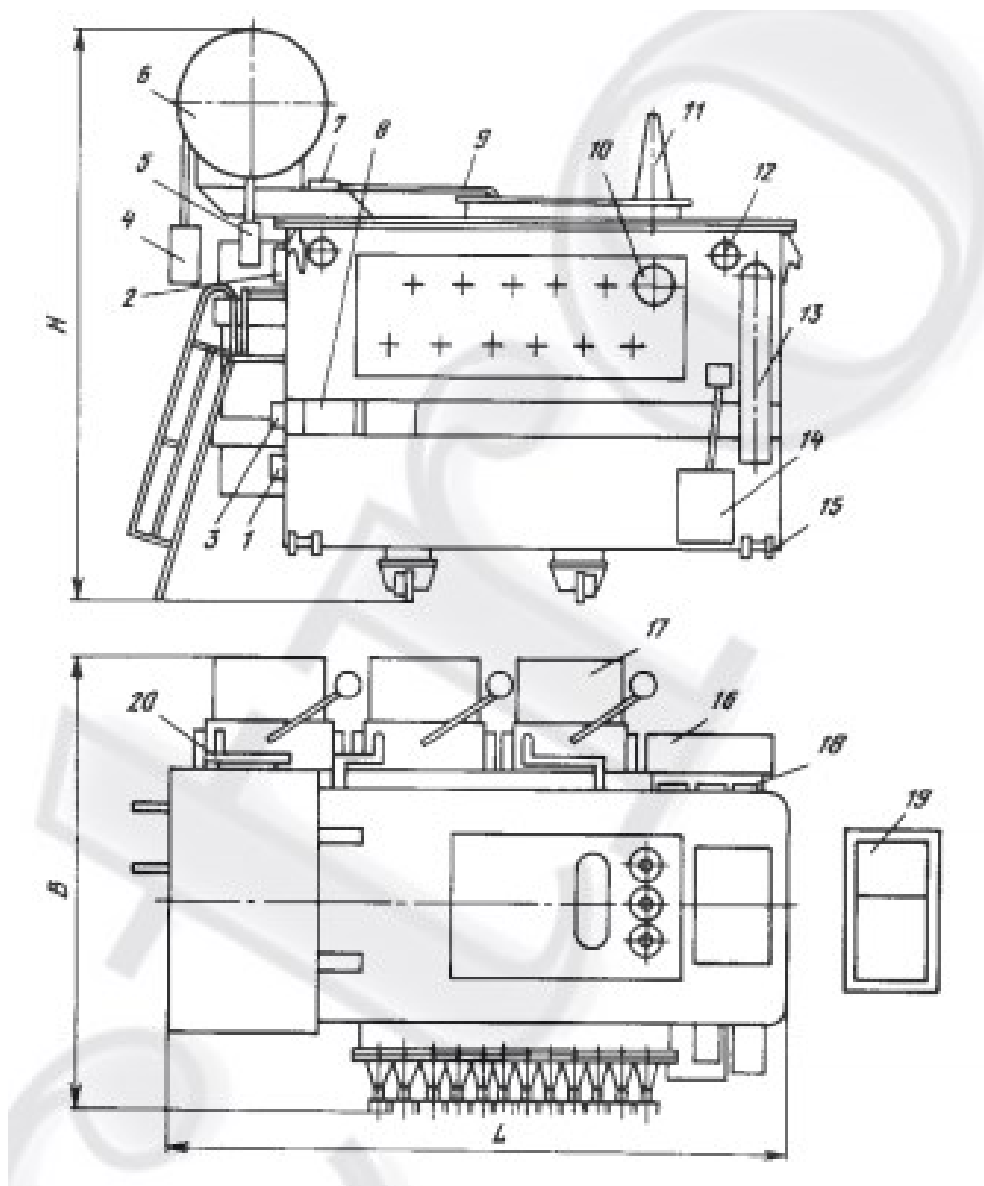


Рисунок 1.2 – Общий вид и габаритные размеры трансформаторов ТДЦНП

1 – коробка системы сигнализации; 2 – коробка трансформаторов тока; 3 – привод устройства ПБВ; 4 – воздухоосушитель; 5 – клапан для подкачки масла; 6 – расширитель; 7 – газовое реле; 8 – табличка технических данных; 9 – газоотводная труба; 10 – ввод вентильной обмотки; 11 – ввод сетевой обмотки; 12 – коробка вводов трансформаторов тока; 13 – предохранительный клапан; 14 – привод устройства РНТР; 15 – скоба для домкрата; 16 – маслоохладитель ДЦ; 17 – контактор устройства РНТР; 18 – коробка вводов трансформаторов тока; 19 – установка шкафов; 20 – стрелочный маслоуказатель.

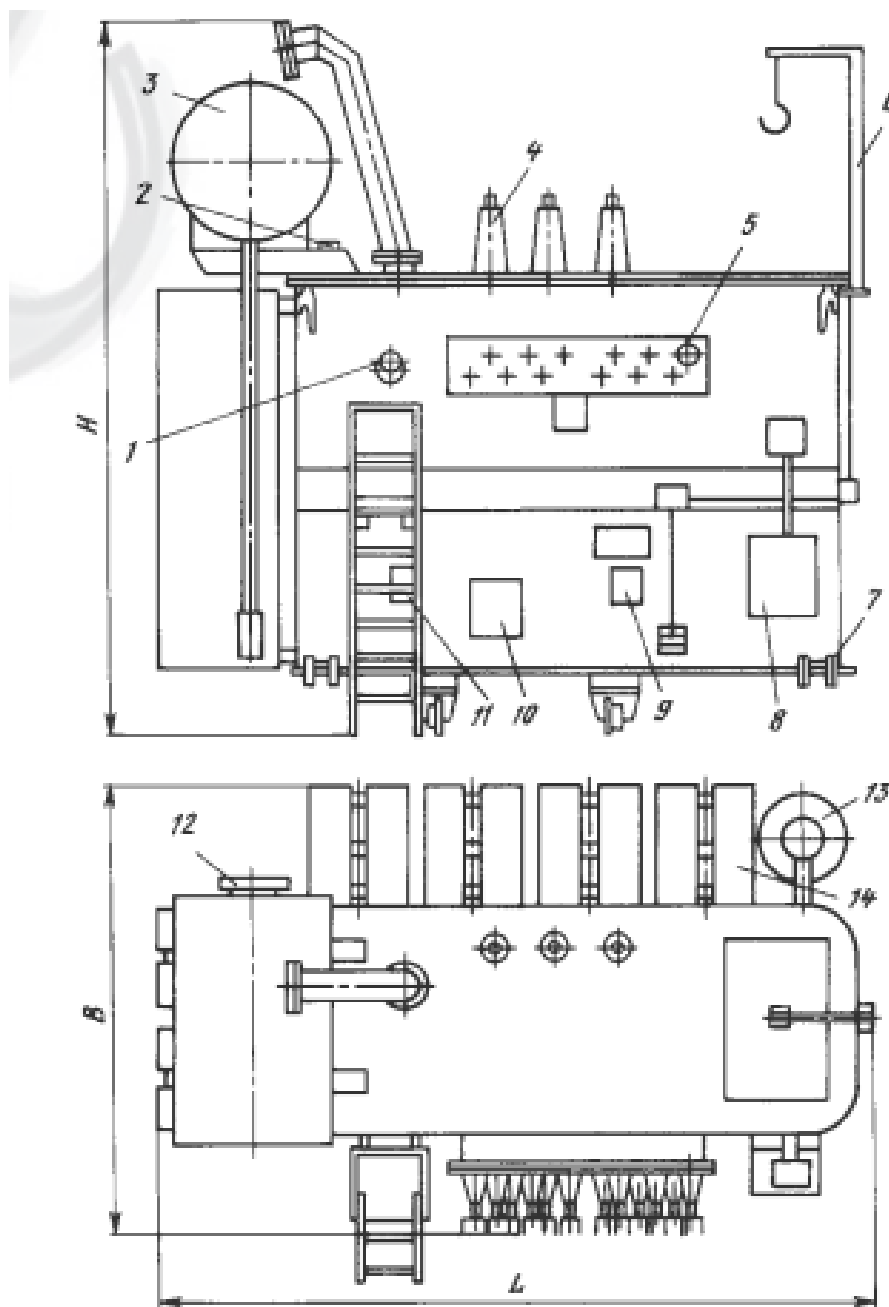


Рисунок 1.3 – Общий вид и габаритные размеры трансформаторов серии ТДНП

1 – привод устройства ПБВ; 2 – газовое реле; 3 – установка расширителя; 4 – ввод сетевой обмотки; 5 – ввод вентильной обмотки; 6 – кран для подъема контактора РПН; 7 – скоба для домкрата; 8 – привод устройства РПН; 9 – коробка зажимов трансформаторов тока; 10 – шкаф автоматического управления системой охлаждения; 11 – коробка зажимов системы защиты и

сигнализации; 12 – стрелочный маслоуказатель; 13 – термосифонный фильтр; 14 – радиатор.

Массогабаритные показатели трансформаторов приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Масса и габариты ВВ трансформаторов

| Типоисполнение трансформатора | Масса, кг | | Габаритные размеры, мм | | |
|-------------------------------|----------------|----------------|------------------------|------|------|
| | масла | полная | L | B | H |
| ТДНП-10000/10У1 | 8400 | 2500 | 4400 | 3400 | 4300 |
| ТДНП-12500/10У1 | 9200 | 26700 | 4240 | 3350 | 4500 |
| ТДНП-12500/35У1 | 12700 | 33000 | 4690 | 3410 | 5140 |
| ТДНП-16000/10У1 | 15380 | 43100 | 5270 | 3470 | 5120 |
| ТДНП-16000/35У1 | 17100 | 44000 | 5150 | 3510 | 5330 |
| ТДНП-25000/10У1 | 14030 13950 | 41800 40900 | 5410 | 3500 | 4960 |
| ТЦНП-25000/10УХЛ4 | 23000 | 65000 | 7520 | 2925 | 6220 |
| ТДНП-25000/35У1 | 15900 16100 | 45100 44300 | 5180 | 3560 | 5220 |
| ТДНП-32000/10У1 | 18500 | 59000 | 5840 | 4140 | 5830 |
| ТДНП-32000/35У1 | 19200 | 57000 | 5640 | 4230 | 5880 |
| ТДНП-40000/10У1 | 17900 | 60300 | 5800 | 4120 | 5850 |
| ТЦНП-40000/10УХЛ4 | 19500 | 71000 | 6950 | 3355 | 6290 |
| ТЦНП-40000/35УХЛ4 | 23500 | 78000 | 7300 | 3450 | 6400 |
| ТДЦНП-50000/10У1 | 20000 | 68300 | 6020 | 4100 | 5420 |
| ТЦНП-80000/20УХЛ4 | 34500 | 110000 | 8300 | 3750 | 6000 |

1.1.2 Условия эксплуатации

Окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли в концентрациях, снижающих параметры трансформаторов.

Требования техники безопасности по ГОСТ 12.2.007.2–75.

Трансформаторы изготавливаются для внутригосударственных и экспортных поставок в страны с умеренным климатом и соответствуют требованиям ТУ 16–90 ИБПД.672438.044 ТУ, ТУ 16672.172–87 – ТЦНП80000/20 УХЛ4.

Основные технические данные приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Основные технические данные трансформаторов

| Типоисполнение трансформатора | Напряжение сетевой обмотки, кВ | Мощность сетевой обмотки, кВ·А | Способ регулирования | Пределы регулирования напряжения вентильной обмотки, В, при положении устройств ПБВ | | | | Величина ступени регулирования, % U _{2ном} | Количество положений РПН в каждом положении ПБВ |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|---------|---|---|
| | | | | Грубой ступени | I | II | III | | |
| ТДНП-10000/10У1 | 6; 10 | 4300 | ПБВ; трёхфазное РПН | - | 250-148 | 157-85 | 81-56 | 4 | 19 |
| ТДНП-12500/10У1 | 6; 10 | 6300 | | | 250-147 | 157-87 | 80-57 | | |
| ТДНП-12500/35У1 | 35 | 6400 | | | 371-229 | 228-132 | 116-85 | | |
| ТДНП-16000/10У1 | 6; 10 | 8700 | | | 369-231 | 230-134 | 117-86 | | |
| ТДНП-16000/35У1 | 35 | 8600 | | | 374-238 | 229-138 | 116-87 | | |
| ТДНП-25000/10У1 | 6;10 | 12800 | | | 256-153 | 160-88 | 81-56 | | |
| ТДНП-25000/10У1 | | | | | 256-152 | 159-88 | 81-57 | | |
| ТДНП-25000/10У1 | | | | | 252-156 | 154-90 | 80-58 | | |
| ТДНП-25000/10У1 | | | | | 372-229 | 231-132 | 118-85 | | |
| ТДНП-25000/10У1 | 6; 10 | 12800 11500 | | | 375-235 | 232-136 | 118-86 | | |
| ТДНП-25000/10У1 | 6; 10 | 12800 11500 | 672-407 | 420-235 | 215-152 | | | | |
| ТДНП-25000/10У1 | 6; 10 | 12800 11500 | 678-416 | 420-241 | 214-155 | | | | |
| ТЦНП-25000/10УХЛ4 | 10,5 | 17100 | ПБВ; пофазное РПН | - | 250-141 | 151-82 | 78-54 | 1,5 | 19×3 |
| ТДНП-25000/35У1 | 35 | 12800 | ПБВ; трёхфазное РПН | | 375-242 | 231-138 | 117-88 | 4 | 19 |
| ТДНП-25000/35У1 | 35 | 11500 | | | 675-426 | 417-246 | 212-157 | | |
| ТДНП-32000/10У1 | 10,5 | 16600 | | | 487-290 | 303-167 | 156-109 | | |
| ТДНП-32000/35У1 | 35 | 16600 | | | 486-297 | 305-172 | 156-111 | | |
| ТДНП-40000/10У1 | 10,5 | 23200 | | | 681-430 | 433-248 | 220-160 | | |
| ТЦНП-40000/10УХЛ4 | 10 | 25330 | ПБВ1 | 1 | 370-281 | 228-162 | 115-96 | 2 | 19 |
| ТЦНП-40000/10УХЛ4 | 10 | 25330 | ПБВ2 | 2 | 277-215 | 160-124 | 95-81 | | |
| ТЦНП-40000/35УХЛ4 | 35 | 25540 | Трёхфазное РПН | 1 | 374-293 | 228-169 | 115-96 | | |
| ТЦНП-40000/35УХЛ4 | | | | 2 | 289-230 | 167-133 | 97-85 | | |
| ТДЦНП-50000/10У1 | 10,5 | 30000 | ПБВ; пофазное РПН | - | 728-482 726-480 720-479 | 461-295 437-285 482-303 | - | 0,7 | 27×3 |
| ТЦНП-80000/20УХЛ4 | 20 | 60000 | ПБВ; пофазное РПН | - | 696-431 | 423-249 | 212-157 | 1,5 | 19×3 |

1.2 Особенности распределённых систем

Распределенная система – система, в которой обработка информации сосредоточена не на одной вычислительной машине, а распределена между несколькими компьютерами. При проектировании распределенных систем, которое имеет много общего с проектированием ПО в общем, следует учитывать некоторые специфические особенности.

Выделяют шесть основных характеристик распределенных систем [3]:

1. *Совместное использование ресурсов.* Распределенные системы допускают совместное использование аппаратных и программных ресурсов, например, жестких дисков, принтеров, файлов, компиляторов и т.п., связанных посредством сети. Очевидно, что разделение ресурсов возможно также в многопользовательских системах, однако в этом случае за предоставление ресурсов и их управление должен отвечать центральный компьютер.

2. *Открытость.* Это возможность расширять систему путем добавления новых ресурсов. Распределенные системы – это открытые системы, к которым подключают аппаратное и программное обеспечение от разных производителей.

3. *Параллельность.* В распределенных системах несколько процессов могут одновременно выполняться на разных компьютерах в сети. Эти процессы могут (но не обязательно) взаимодействовать друг с другом во время их выполнения.

4. *Масштабируемость.* В принципе все распределенные системы являются масштабируемыми: чтобы система соответствовала новым требованиям, ее можно наращивать посредством добавления новых вычислительных ресурсов. Но на практике наращивание может ограничиваться сетью, объединяющей отдельные компьютеры системы. Если подключить много новых машин, пропускная способность сети может оказаться недостаточной.

5. *Отказоустойчивость.* Наличие нескольких компьютеров и возможность дублирования информации означает, что распределенные системы устойчивы к определенным аппаратным и программным ошибкам. Большинство распределенных систем в случае ошибки, как правило, могут поддерживать хотя бы частичную функциональность. Полный сбой в работе системы происходит только в случае сетевых ошибок.

6. *Прозрачность.* Это свойство означает, что пользователям предоставлен полностью прозрачный доступ к ресурсам и в то же время от них скрыта информация о распределении ресурсов в системе. Однако во многих случаях конкретные знания об организации системы помогают пользователю лучше использовать ресурсы.

Распределенным системам присущ ряд недостатков.

- *Сложность.* Распределенные системы сложнее централизованных. Намного труднее понять и оценить свойства распределенных систем в целом, а также тестировать эти системы. Например, здесь производительность системы зависит не от скорости работы одного процессора, а от полосы пропускания сети и скорости работы разных процессоров. Перемещая ресурсы из одной части системы в другую, можно радикально повлиять на производительность системы.

- *Безопасность.* Обычно доступ к системе можно получить с нескольких разных машин, сообщения в сети могут просматриваться или перехватываться. Поэтому, в распределенной системе намного сложнее поддерживать безопасность.

- *Управляемость.* Система может состоять из разнотипных компьютеров, на которых могут быть установлены разные версии операционных систем. Ошибки на одной машине могут распространиться на другие машины с непредсказуемыми последствиями. Поэтому требуется значительно больше усилий, чтобы управлять и поддерживать систему в рабочем состоянии.

- *Непредсказуемость.* Как известно всем пользователям сети, реакция распределенных систем на определенные события непредсказуема и зависит от полной загрузки системы, ее организации и сетевой нагрузки. Так как все эти параметры могут постоянно меняться, время, затраченное на выполнение запроса пользователя, в тот или иной момент может существенно различаться.

1.3 Выводы по разделу

В данном разделе был рассмотрен обзор методов построения источников питания ЭФУ типа Токамак, где были рассмотрены структура обозначений, особенности конструкции различных трансформаторов и условия эксплуатации. Это позволило понять, с чем придётся иметь дело при разработке распределенной системы сбора данных с высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ и какими инструментами можно будет воспользоваться при реализации данной разработки.

Также в разделе было рассмотрено определение распределённой системы и представлены её шесть основных характеристик. Помимо этого, был представлен и рассмотрен ряд недостатков распределённой системы. Из этих недостатков можно понять, что при проектировании распределенных систем возникает ряд проблем, которые необходимо учитывать разработчикам. К таким проблемам можно отнести:

- идентификация ресурсов, коммуникация;
- качество системного сервиса;
- архитектура программного обеспечения и т.п.

2 ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ С ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТОКАМАК КТМ

Задача разработчиков распределенных систем – спроектировать программное и аппаратное обеспечение так, чтобы обеспечить все необходимые характеристики распределенной системы. Для этого требуется знать о различных архитектурах распределенных систем.

Выделяется три типа архитектур распределенных систем.

1. Архитектура клиент/сервер. В этой модели систему можно представить, как набор сервисов, предоставляемых серверами клиентам. В таких системах серверы и клиенты значительно отличаются друг от друга.

2. Трехзвенная архитектура. В этой модели сервер предоставляет клиентам сервисы не напрямую, а посредством сервера бизнес-логики.

3. Архитектура распределенных объектов. В этом случае между серверами и клиентами нет различий и систему можно представить, как набор взаимодействующих объектов, местоположение которых не имеет особого значения. Между поставщиком сервисов и их пользователями не существует различий.

Учитывая упомянутые особенности в разделе 1.2 и приведённые на их основе архитектуры распределённых систем для разрабатываемой системы распределённого сбора данных, была выбрана архитектура типа "Клиент-сервер". Такая система не предполагает использования уровня бизнес логики и сервер является лишь хранилищем собранных данных.

В соответствии с принципом построения клиент-серверной архитектуры совокупность клиентов и серверов вместе с промежуточным ПО и средой взаимодействия образуют единую систему, которая обеспечивает представление данных, анализ и распределенные вычисления. Благодаря применению клиент-серверной подхода, пользователи имеют возможность

доступа к различным ресурсам удаленных серверов, например, файлам и базам данных, принтерам, процессорному времени и др.

Архитектура распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ представлена на рисунке 2.1.

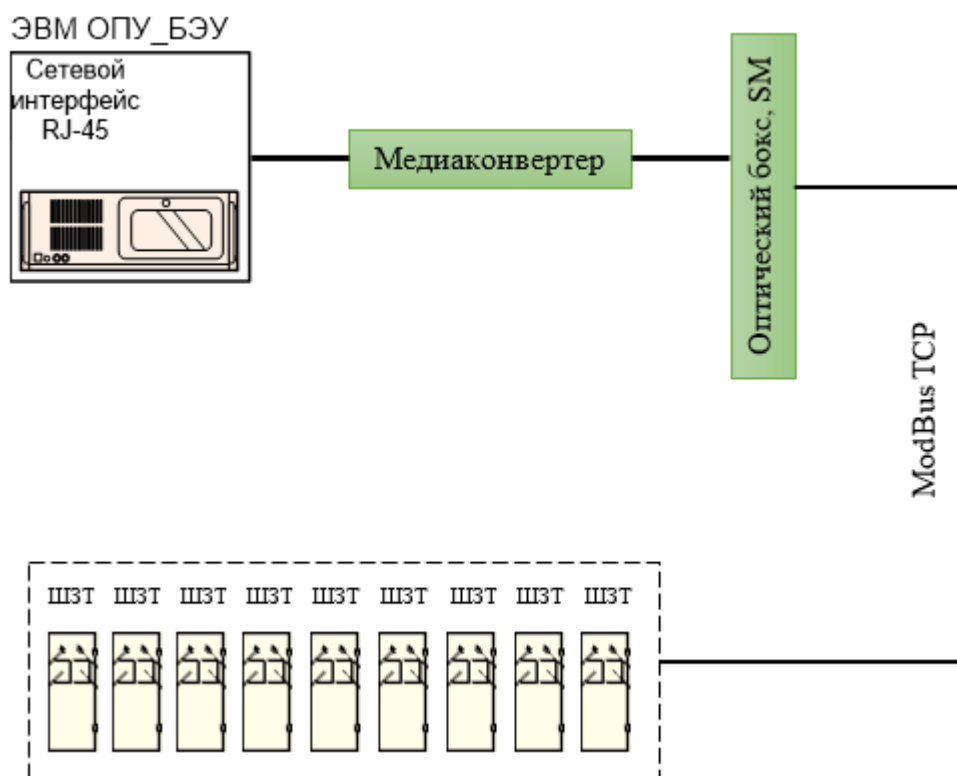


Рисунок 2.1 – Архитектура распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ:

ЭВМ ОПУ_БЭУ – оперативный пульт управления блоками электротехнических устройств, ШЗТ – шкаф защиты трансформатора, ModBus TCP – протокол передачи данных; оптический бокс – устройство для разъёмного соединения оконцованного многоволоконного оптического кабеля и оптических шнуров с помощью специальных розеток; медиаконвертер – соединительное звено между участком сети с кабелем "витая пара" и оптоволоконной сетью.

Более подробно об устройствах, приведённых на рисунке 2.1, описано в разделах 2.1 и 2.2.

2.1 Обзор шкафа защиты трансформатора

2.1.1 Назначение устройства

Шкаф защиты трансформаторов, далее Устройство, предназначено для обеспечения защиты трансформаторов. Устройство выполняет функции контроля и управления технологическим процессом, используя каналы цифрового и аналогового ввода/вывода для связи с исполнительными механизмами и датчиками.

2.1.2 Технические данные

Технические характеристики:

1. Устройство имеет исполнение в виде электротехнического шкафа с размещенными в нем промышленным контроллером (ПК), элементами электропитания, приборами и оборудованием для преобразования и подключения управляющих и измерительных сигналов (кроссы ввода/вывода);
2. Габаритные размеры (В×Ш×Г), мм – 1000х400х350;
3. Масса, кг – не более 50;
4. Напряжение питания, В – 220 переменного тока, частота Гц – 50,
5. Мощность, потребляемая устройством, ВА - не более 500;
6. Включение электропитания – местное;
7. Характеристики ПК:
 - вид исполнения: настенное (В×Ш×Г), мм 320х359х166;
 - процессор: Intel Celeron-G1840, x86, 2M Cache, 2.80 GHz;
 - каналов вв/выв дискретных сигналов, шт. – 16/16;
 - каналов вв/выв аналоговых сигналов, шт. – 16/0;
 - интерфейсы для обмена данными с блоками распределенного УСО и внешними устройствами - RS-485 (1 шт.), MODBUS TCP (1 шт.), USB – 4 шт.

2.1.3 Состав устройства

Устройство состоит из напольного электротехнического шкафа с установленными в нем ПК, приборами и оборудованием (рис.2.2).

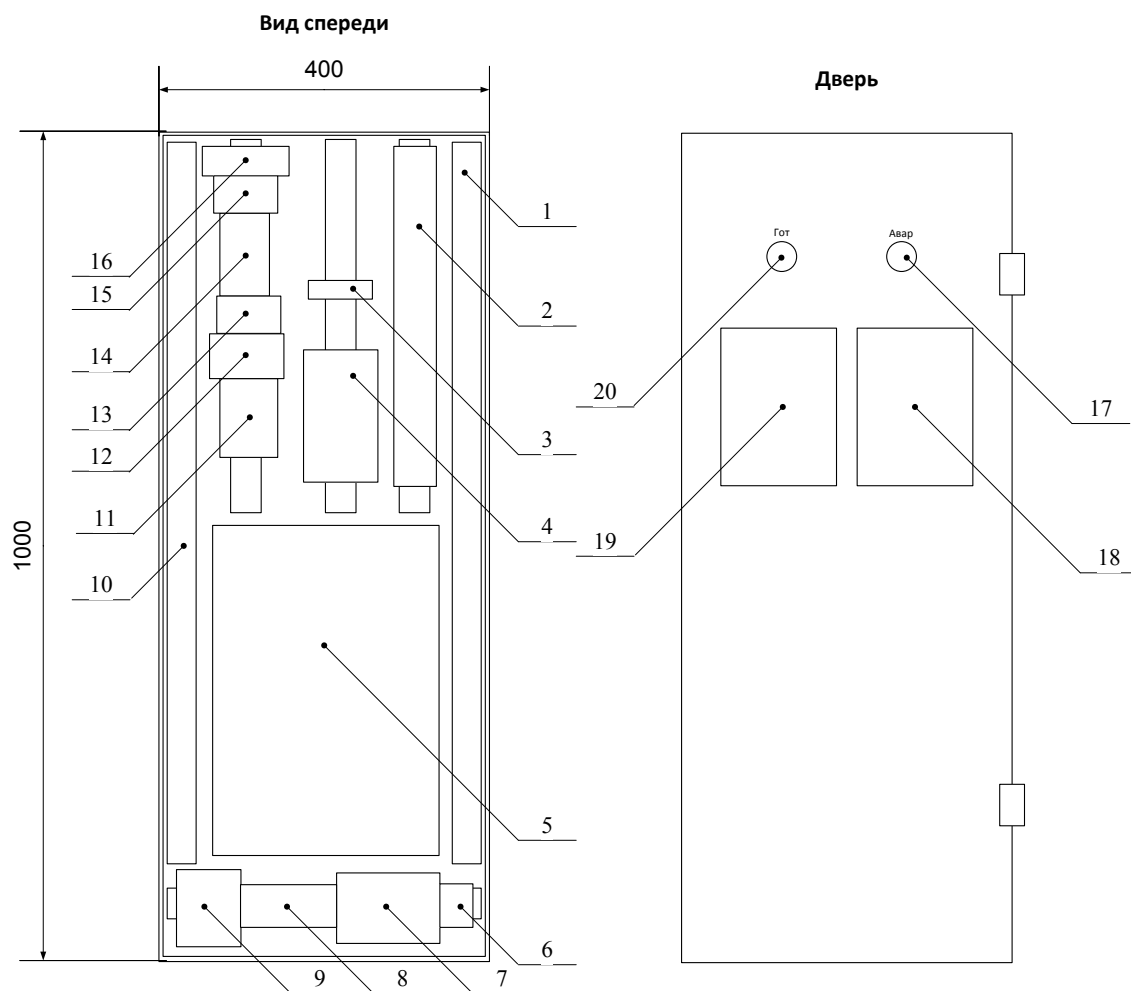


Рисунок 2.2 – Внешний вид Устройства

Таблица 2.1 – Перечень элементов Устройства

| Поз. обознач. | Наименование, основные технические параметры | Кол. |
|---------------|--|------|
| 1, 10 | Кабельный короб | 2 |
| 2 | Кросс 4, клеммы трансформатора 28 шт | 1 |
| 3 | Реле FINDER 40.61.9.024.0000 | 1 |
| 4 | Плата трансформаторов тока ПТТ-01, ТомИУС-ПРОЕКТ | 1 |

| | | |
|--------|---|---|
| 5 | Контроллер ШЗТ УРПН-340м, ТомИУС-ПРОЕКТ | 1 |
| 6 | Кросс 5 Клеммы питания 24 В | 1 |
| 7 | Кросс 2 Плата клеммников с 50-контактным разъемом SCSI-II ADLink DIN-50S-01 | 1 |
| 8 | Кросс 3 Клеммы измерения напряжения 32 шт | 1 |
| 9 | Источник вторичного питания MeanWell DR-60-24, 2,5А/24В | 1 |
| 11 | Медиаконвертер 10/100 Мбит/сек в оптику SM, 1310нм | 1 |
| 12 | Преобразователь интерфейса RS232-RS485, ОБЕН АС3-М | 1 |
| 13 | Розетка РАр10-3-ОП | 1 |
| 14 | Кросс 1 Клеммы питания 20 шт | 1 |
| 15 | Ограничитель напряжения | 1 |
| 16 | Автоматический выключатель ВМ-63-2С10 10А/2п/ 6кА | 1 |
| 17, 20 | Светоарматура СКЛ-11 | 2 |
| 18, 19 | Микропроцессорный комплект защиты присоединения МКЗП-МИКРО | 2 |

В состав устройства также входят необходимые соединительные шнуры.

На кроссы, модули и соединительные шнуры нанесена специальная идентификационная маркировка и необходимые предупредительные знаки.

2.2 Обзор промышленной электронно-вычислительной машины (ЭВМ ОПУ_БЭУ)

2.2.1 Назначение устройства

Промышленная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ) предназначена для сбора и регистрации данных с ячеек блока электротехнических устройств, контроллеров защиты трансформаторов, счетчика «МИР С-03» и передачи их на ПК автоматизированного рабочего

места (далее АРМ ОПУ БЭУ), на ПК операторов компании «КЕГОС» г. Усть-каменогорск и «ВК РЭК» г. Семипалатинск (ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004). Также ПЭВМ позволяет осуществлять управление положением РПН, квитирование устройств БЭУ и контроллеров ШЗТ.

2.2.2 Технические характеристики

ПЭВМ имеет исполнение в виде электротехнического шкафа с размещенными в нем системным блоком, встроенного дисплея, периферийными устройствами, элементами электропитания, приборами и оборудованием для преобразования и подключения управляющих и измерительных сигналов (кроссы ввода/вывода);

Габаритные размеры (В×Ш×Г), мм – 2000х800х600;

Масса, кг – не более 100;

Напряжение питания, В – 220 переменного тока, частота Гц – 50,

Мощность, потребляемая устройством, ВА - не более 600;

Включение электропитания – местное;

Характеристики системного блока:

- вид исполнения: стоечное, 19”;
- Intel Pentium Dual Core 5300, 2,6 ГГц ;
- каналов вв/выв дискретных сигналов, шт. – 32/32;
- интерфейсы для обмена данными с внешними устройствами - RS-232 (2 шт.), RS-485 (4 шт.), Ethernet 10/100 (2 шт.).

Характеристики кроссовой панели:

- число портов для подключения удаленных вычислительных устройств по интерфейсу Ethernet, шт. – 16;
- число разъемов интерфейса RS-485, шт. – 32;
- каналов вывода дискретных сигналов типа «мокрый контакт», шт. – 32;
- каналов ввода дискретных сигналов типа «сухой контакт», шт. – 32;

2.2.3 Состав устройства

ПЭВМ состоит из напольного электротехнического шкафа с установленными в нем системным блоком, встроенным монитором, приборами и оборудованием (рис. 2.3).

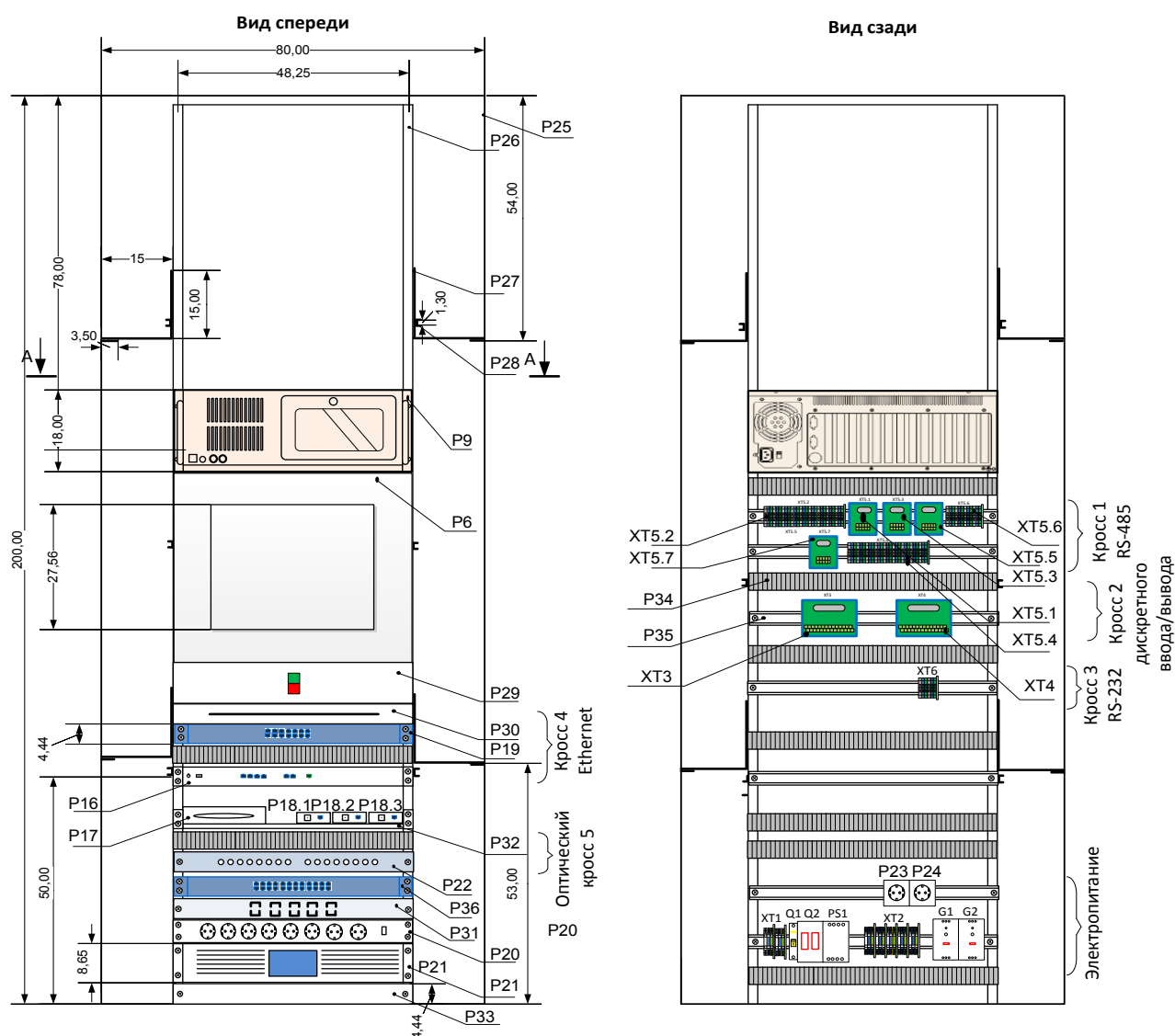


Рисунок 2.3 – Внешний вид ЭВМ ОПУ_БЭУ (с открытыми дверями)

В таблицах 2.1, 2.2 перечислены компоненты ПЭВМ

Таблица 2.1 – Перечень элементов ПЭВМ

| Поз. | Наименование | Кол. |
|------------------|---|------|
| Р6 | Монитор встраиваемый TG6L17RZ | 1 |
| Р9 | Корпус приборный 19" <i>iRobo 2000 41i5G</i> | 1 |
| Р16 | Маршрутизатор D-Link DSR-500 | 1 |
| Р17 | Шлюз VoicelP Grandstream GXW-4104 VoIP-шлюз | 1 |
| Р18.1.. Р18.3 | Медиаконвертер D-Link DMC-F20SC-BXU/A1A F20SC-BXU/A1A | 3 |
| Р19 | Коммутатор Allied Telesis AT-FS716L Ethernet 16 port 19", RJ-45 | 1 |
| Р20 | Блок розеток 8 шт. | 1 |
| Р21 | Инвертор 220В | 1 |
| Р22 | Оптический бокс, SM | 1 |
| Р23,Р24 | Розетка РАр10-3-ОП | 2 |
| Р25 | ТС шкаф, 2000х800х520мм (ВхШхГ) | 1 |
| Р26 | L-образные профильные шины, 42U | 4 |
| Р27 | Уголок усиленный SDSKP5 89865 | 8 |
| Р28 | Рейка горизонтальная для крепления профилей | 4 |
| Р29 | Панель включения сети БВС-220-ОПУ с кнопкой | 1 |
| Р30 | Полка под клавиатуру | 1 |
| Р31 | Кабельный органайзер кольцевой | 1 |
| Р32 | Полка для крепления устройств | 1 |
| Р33 | Цокольная заглушка | 2 |
| Р34 | Кабельный органайзер щелевой | 8 |
| Р35 | DIN-Рейка 35/7.5 19" | 7 |
| Р36 | Коммутатор Zelax 16 port | 1 |
| Q1 | Автоматический выключатель | 1 |
| Q2 | Ограничитель напряжения | 1 |
| PS1 | Пускатель КМИ | 1 |
| G1,G2 | Вторичный источник электропитания 24В | 2 |
| ХТ1,ХТ2 | Кросс электропитания | 1 |
| ХТ3,ХТ4 | Кросс дискретных сигналов ввода/вывода | 1 |
| ХТ5.1- ХТ5.7 | Кросс сигналов RS-485 | 1 |
| ХТ6 | Кросс сигналов RS-232 | 1 |

Таблица 2.2 – Перечень шнуров и кабелей

| | | |
|-----------|---|---|
| | | |
| | <u>Кабель, провод, шнуры</u> | |
| S1 | Кабель встроенный монитор – ЭВМ, VGA, 1м | 1 |
| S2 | Кабель питания ЭВМ, 1м | 1 |
| S3 | Кабель питания встраиваемого монитора, 1м | 1 |
| S4 | Кабель UTP CAT 5 соединения АРМ оператора с коммутатором ОПУ БЭУ, 14м | 1 |
| S5 | Кабель UTP CAT 5 соединения ЭВМ ОПУ БЭУ с коммутатором, 1м | 1 |
| S6,S7 | PCL, соединительный кабель, DB-37Male-Male, 1.5м | 2 |
| S8..S11 | Кабель интерфейса RS-485 от ЭВМ к кроссу, 0.5м | 4 |
| S12..S13 | Кабель интерфейса RS-232 от ЭВМ к кроссу, 1.5м | 2 |
| S14..S16 | Кабель UTP CAT5 соединения коммутатора с медиаконвертером, 1м | 3 |
| S17 | Кабель UTP CAT5 соединения маршрутизатора с модемом спутниковой связи, 1м | 1 |
| S18 | Кабель UTP CAT5 соединения маршрутизатора с коммутатором, 1м | 1 |
| S19.. S21 | Шнур оптический соединительный (патчкорд) от медиаконвертеров к оптическому боксу, 1м | 3 |
| S22 | Шнур питания 220В коммутатор, 1м | 1 |
| S23 | Шнур питания 220В маршрутизатор, 1м | 1 |
| S24..S26 | Шнур питания 220В медиаконвертер, 1м | 3 |
| S27 | Шнур питания 220В спутниковый модем, 1м | 1 |

На кроссы, модули и соединительные шнуры нанесена специальная идентификационная маркировка и необходимые предупредительные знаки.

Схема структурная ОПУ БЭУ представлена на рисунке 2.4.

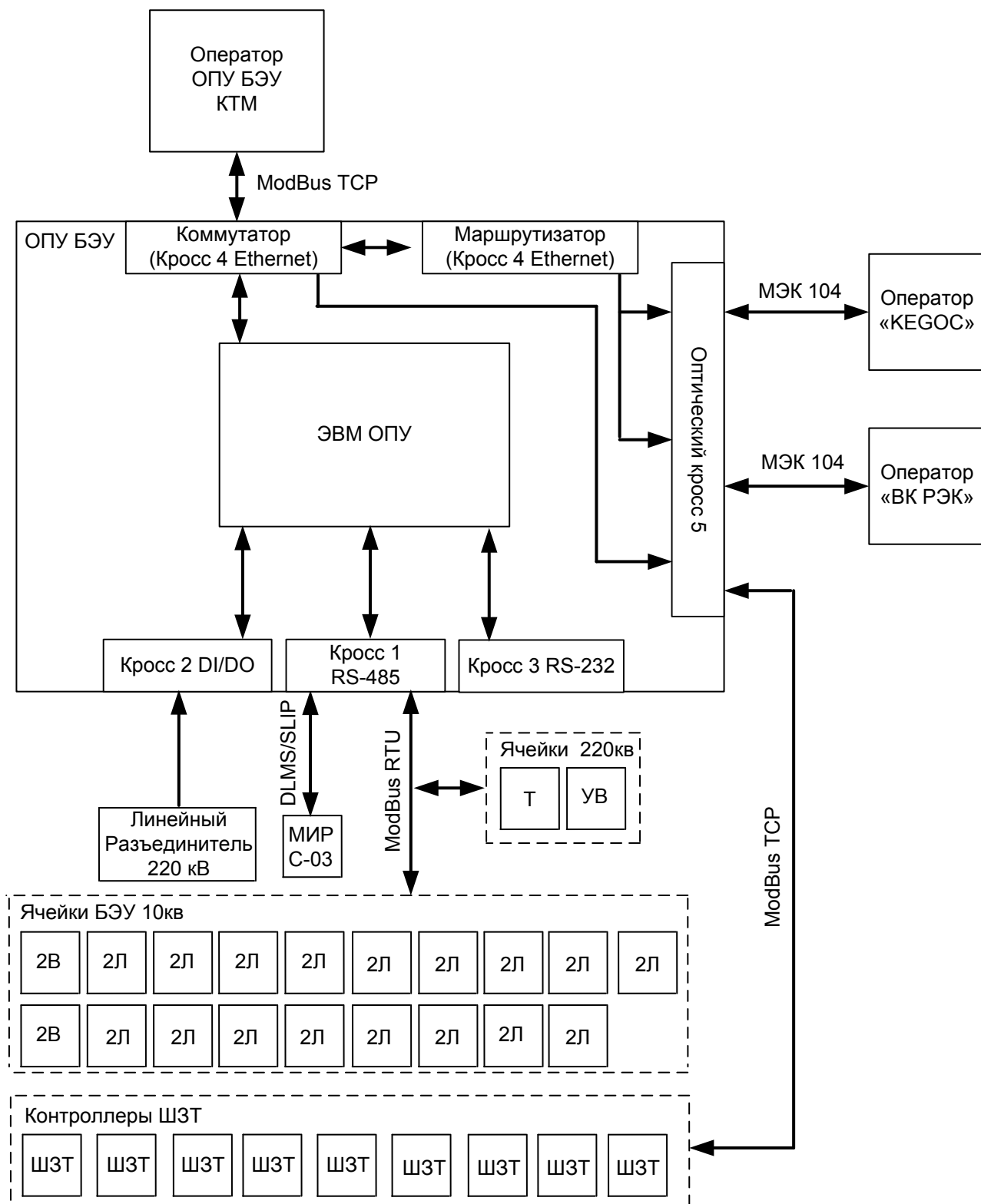


Рисунок 2.4 – Структурная схема ОПУ БЗУ

3 ПРОГРАММНО - АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ С ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТОКАМАК КТМ

3.1 Выбор и обоснование первичных датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов

3.1.1 Выбор датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов

Выбранный первичный датчик является датчиком компании Talema, которая была основана в 1975 году городе Мюнхен в Германии. Трансформаторы Talema имеют широчайший спектр применяемых типоразмеров сердечников, способов намотки, изоляции и экранирования. Трансформаторы выпускаются в корпусном или безкорпусного исполнения с различными способами установки сердечника и монтажа трансформатора.

Принцип работы:

Проводник, по которому протекает измеряемый переменный ток, помещается внутрь трансформатора и далее устройство работает как обычный трансформатор тока: Первичной обмоткой является проводник с током, вторичной – трансформатор тока Talema, с которого снимается напряжение, пропорциональное току, протекающему по проводнику [4].

Основные особенности:

- Полностью изолированный пластиковый корпус, ориентированный на установку в печатную плату;
- Корпус полностью залит компаундом, класс невоспламеняемости: UL94-VO;
- Рабочая частота измеряемого тока: 50/60 Гц;
- Диапазон измеряемых токов: от 1 до 200 Ампер;

- Диэлектрическая изоляция (проводник с измеряемым током/обмотка трансформатора): 2500 В (для серии АС - 4000 В);
- Диапазон рабочих температур: от -40 до +120 °С;
- Производство сертифицировано в соответствии с ISO-9001.

Области применения:

Датчики тока для контроля: рабочих токов моторов, соленоидов и т.д., перегрузок/обрывов в цепи. Измерители тока: цепи обратной связи в электроприводах, аналого-цифровое преобразование.

Серии трансформаторов:

- Серия АSM – повышенной точности (точность установки выходного напряжения - 10%);
- Серия АS;
- Серия АС.

Из приведённых выше серий была выбрана серия АС (рис. 3.1), которая имеет нелинейную зависимость, измеряемый ток/выходное напряжение. Для повышения точности измерений необходимо, чтобы проводник, по которому протекает измеряемый ток, был намотан на трансформатор (достаточно одного витка через центральное отверстие).

Измерительные трансформаторы серии АС предназначены для измерения величины переменного тока в проводнике.



Рисунок 3.1 – Внешний вид трансформатора серии АС

Основные характеристики серии АС приведены на рисунке 3.2.

| AC Series • Standard Accuracy Current Transformers | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------|-------------------------|--------|--------------------------|--------------|--|------|------|------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Part No. | I _p Amps | Turns Ratio | Terminating Resistor | | DCR (Ohms) Nominal | RCF @ 10% | Volts/Amp @ rated I _p for various loads (Ohms) | | | | I _{ex} μArms | V _{ex} Vrms | Net Weight (grams) | Case Dimensions - mm | | | | | |
| | | | Ohms | Watt | | | 100 | 500 | 2K | 5K | | | | L | ID | H | W | C | D |
| AC1005 | 5 | 1000:1 | 100 | 0.0025 | 41.80 | 1.010 | 0.10 | 0.46 | 1.43 | 2.01 | 237 | 0.66 | 16.3 | 23.80 | 9.50 | 23.80 | 11.12 | 15.24 | 7.62 |
| AC1010 | 10 | 1000:1 | 100 | 0.0100 | 41.80 | 1.010 | 0.10 | 0.45 | 1.10 | 1.42 | 386 | 1.32 | 16.3 | 23.80 | 9.50 | 23.80 | 11.12 | 15.24 | 7.62 |
| AC1015 | 15 | 1000:1 | 100 | 0.0230 | 41.80 | 1.010 | 0.10 | 0.45 | 0.90 | 1.12 | 513 | 1.99 | 16.3 | 23.80 | 9.50 | 23.80 | 11.12 | 15.24 | 7.62 |
| AC1020 | 20 | 1000:1 | 100 | 0.0400 | 41.80 | 1.010 | 0.10 | 0.43 | 0.76 | 0.93 | 628 | 2.65 | 16.3 | 23.80 | 9.50 | 23.80 | 11.12 | 15.24 | 7.62 |
| AC1025 | 25 | 1000:1 | 100 | 0.0630 | 48.00 | 1.020 | 0.10 | 0.47 | 1.06 | 1.31 | 566 | 3.65 | 35.5 | 30.20 | 11.40 | 30.20 | 14.30 | 20.32 | 10.16 |
| AC1030 | 30 | 1000:1 | 100 | 0.0900 | 48.00 | 1.020 | 0.10 | 0.47 | 0.95 | 1.16 | 644 | 4.38 | 35.5 | 30.20 | 11.40 | 30.20 | 14.30 | 20.32 | 10.16 |
| AC1040 | 40 | 1000:1 | 100 | 0.1600 | 49.3 | 1.026 | 0.10 | 0.46 | 0.87 | 1.05 | 914 | 5.82 | 47.3 | 34.90 | 14.60 | 34.90 | 14.30 | 25.40 | 10.16 |
| AC1050 | 50 | 1000:1 | 100 | 0.2500 | 49.3 | 1.026 | 0.10 | 0.43 | 0.76 | 0.90 | 1090 | 7.28 | 47.3 | 34.90 | 14.60 | 34.90 | 14.30 | 25.40 | 10.16 |
| AC1060 | 60 | 1000:1 | 100 | 0.3600 | 24.00 | 1.001 | 0.10 | 0.44 | 0.66 | 0.76 | 1250 | 7.41 | 65.2 | 38.10 | 14.60 | 38.10 | 15.90 | 33.00 | 10.16 |
| AC1075 | 75 | 1000:1 | 100 | 0.5700 | 24.00 | 1.001 | 0.10 | 0.39 | 0.57 | 0.65 | 1520 | 9.26 | 65.2 | 38.10 | 14.60 | 38.10 | 15.90 | 33.00 | 10.16 |
| AC1100 | 100 | 1000:1 | 100 | 1.0000 | 21.30 | 1.001 | 0.10 | 0.34 | 0.50 | 0.56 | 1740 | 12.00 | 80.0 | 44.50 | 19.05 | 44.50 | 14.30 | 35.56 | 10.16 |
| AC1150 | 150 | 1000:1 | 100 | 2.2500 | 11.00 | 1.002 | 0.10 | 0.37 | 0.50 | 0.55 | 1820 | 16.60 | 150.0 | 55.60 | 23.80 | 55.60 | 20.60 | 45.72 | 12.70 |
| AC1200 | 200 | 1000:1 | 100 | 4.0000 | 11.00 | 1.002 | 0.10 | 0.31 | 0.41 | 0.45 | 2340 | 22.20 | 150.0 | 55.60 | 23.80 | 55.60 | 20.60 | 45.72 | 12.70 |

Рисунок 3.2 – Основные характеристики серии AC:

I_p – номинальный ток, протекающий в измеряемом проводнике; K_{тр} – коэффициент трансформации; R_L – характеристики нагрузочного резистора; DCR – активное сопротивление обмотки трансформатора; RCF – коэффициент, учитывающий потери в трансформаторе, реальное значение измеряемого тока равно произведению измеряемого значения на этот коэффициент; Коэффициент преобразования – опытные характеристики (Вольт измеренного напряжения/Ампер измеряемого тока), при номинальном измеряемом токе (I_p), для различных значений нагрузочного резистора (100 Ом, 500 Ом, 2 кОм, 5 кОм); I_{ex} и V_{ex} – опытные значения напряжения и тока наведенного в обмотке трансформатора при измерении номинального тока (I_p).

Из представленного списка серии AC на рисунке 3.2, для разрабатываемой системы была выбрана модель датчика AC1005.

3.1.2 Обоснование выбора модели AC 1005

Одним из причин выбора именно модели AC1005 из всей серии AC является то, что он имеет малый габарит по сравнению с другими моделями данной серии, а также другими производителями такого рода датчиков. Размеры данного датчика указаны на рисунке 3.3 [4].

Также есть и другие преимущества, такие как низкие потери мощности в сердечнике, защита от короткого замыкания и перегрева.

Габаритный чертеж (мм)

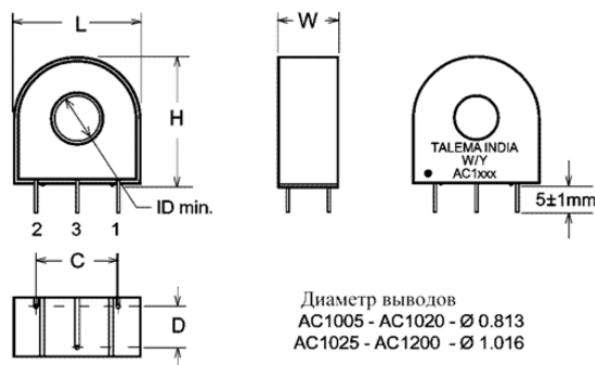
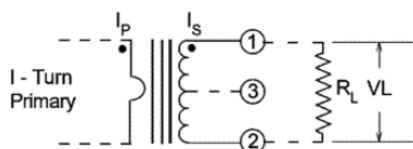


Схема подключения



| Модель | Размеры корпуса, мм | | | | | |
|---------|---------------------|-------|------|-------|-------|-------|
| | L | ID | H | W | C | D |
| AC-1005 | 23,8 | 9,5 | 23,8 | 11,12 | 15,24 | 7,62 |
| AC-1010 | 23,8 | 9,5 | 23,8 | 11,12 | 15,24 | 7,62 |
| AC-1015 | 23,8 | 9,5 | 23,8 | 11,12 | 15,24 | 7,62 |
| AC-1020 | 23,8 | 9,5 | 23,8 | 11,12 | 15,24 | 7,62 |
| AC-1025 | 30,2 | 11,4 | 30,2 | 14,3 | 20,32 | 10,16 |
| AC-1030 | 30,2 | 11,4 | 30,2 | 14,3 | 20,32 | 10,16 |
| AC-1040 | 34,9 | 14,6 | 34,9 | 14,3 | 25,4 | 10,16 |
| AC-1050 | 34,9 | 14,6 | 34,9 | 14,3 | 25,4 | 10,16 |
| AC-1060 | 38,1 | 14,6 | 38,1 | 15,9 | 33 | 10,16 |
| AC-1075 | 38,1 | 14,6 | 38,1 | 15,9 | 33 | 10,16 |
| AC-1100 | 44,5 | 19,05 | 44,5 | 14,3 | 35,56 | 10,16 |
| AC-1150 | 55,6 | 23,8 | 55,6 | 20,6 | 45,72 | 12,7 |
| AC-1200 | 55,6 | 23,8 | 55,6 | 20,6 | 45,72 | 12,7 |

Рисунок 3.3 – Габариты датчиков серии АС

Ещё одной причиной стала цена данного датчика. Цены на все модели серии АС представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Цены всей серии АС

| Наименование | Примечание | Оптовая цена, руб. | Розн. цена, руб. | Всего | Розн. маг. | Краткое описание |
|--------------|------------|--------------------|------------------|-------|------------|----------------------------|
| АС-1005 | 5А | 108.32 руб. | 137.87 руб. | 5421 | 6 | Датчик тока; 5А; 50/60Hz |
| АС-1010 | 10А | 113.64 руб. | 144.63 руб. | 3114 | 16 | Датчик тока; 10А; 50/60Hz |
| АС-1015 | 15А | 133.52 руб. | 169.93 руб. | 6535 | 3 | Датчик тока; 15А; 50/60Hz |
| АС-1020 | 20А | 108.32 руб. | 137.87 руб. | 4299 | 50 | Датчик тока; 20А; 50/60Hz |
| АС-1025 | 25А | 163.50 руб. | 208.09 руб. | 384 | - | Датчик тока; 25А; 50/60Hz |
| АС-1030 | 30А | 150.62 руб. | 191.69 руб. | 1137 | 4 | Датчик тока; 30А; 50/60Hz |
| АС-1040 | 40А | 172.05 руб. | 218.97 руб. | 946 | 3 | Датчик тока; 40А; 50/60Hz |
| АС-1050 | 50А | 156.12 руб. | 198.70 руб. | 1821 | 26 | Датчик тока; 50А; 50/60Hz |
| АС-1060 | 60А | 206.32 руб. | 262.59 руб. | 114 | 4 | Датчик тока; 60А; 50/60Hz |
| АС-1075 | 75А | 196.20 руб. | 249.71 руб. | 1935 | 5 | Датчик тока; 75А; 50/60Hz |
| АС-1100 | 100А | 255.92 руб. | 325.71 руб. | 58 | 4 | Датчик тока; 100А; 50/60Hz |
| АС-1150 | 150А | 222.61 руб. | 272.08 руб. | 1996 | 9 | Датчик тока; 150А; 50/60Hz |
| АС-1200 | 200А | 430.54 руб. | 508.82 руб. | 47 | - | Датчик тока; 200А; 50/60Hz |

3.1.3 Плата трансформаторов тока

После выбора датчика тока его нужно прикрепить к необходимой конструкции, т.е. подобрать для неё подходящий короб и клеммники. Хотя они и не несут большой роли, но придают конструкции эстетический вид, укомплектованность и удобство при эксплуатации. Выбор вышеуказанной детали основывается на самих габаритных размерах, поэтому был выбран корпус модели D9MG, так как он совпадал по необходимым параметрам (рис. 3.4).

Описание и предназначение ПТТ [5]:

- Преобразует ток 0-5А в напряжение 0-0,5В;
- Имеет гальваническую развязку;
- Имеет девять каналов;
- Крепление на DIN-рейку;
- Габаритные размеры по длине 159.5мм, по ширине 90.2мм и по высоте 57.5мм.;
- Пластиковый корпус.

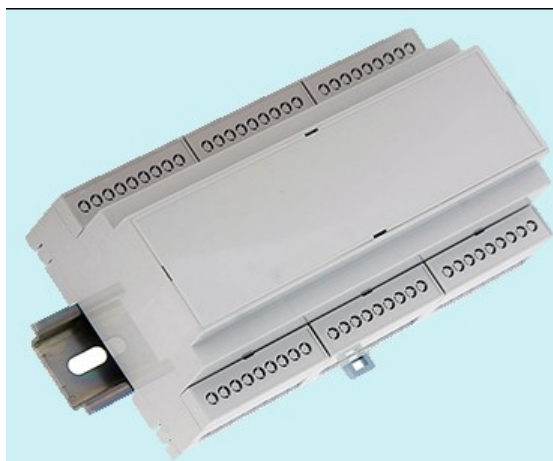


Рисунок 3.4 – Внешний вид ПТТ

3.1.4 Описание платы сбора данных

Так как разрабатываемый контроллер ШЗТ имеет вид конструкции схожего с ПК, то и плата сбора данных должна соответствовать его архитектуре.

Известно, что по надёжности USB порты уступают PCI портам, а скорость передачи PCI (133Мбайт/с) полностью удовлетворяют нашу потребность, так как не предусматривается передача данных большого объёма. В связи с этим можно сразу отказаться от плат, основанных на USB портах.

Ещё одной характеристикой выбора платы сбора данных является входной сигнал, который равен $\pm 5\text{В}$ после преобразования с помощью ПТТ.

Немаловажным фактором также является интерфейс разъёма для подключения входящих сигналов: они должны соответствовать выходному интерфейсу ПТТ. Кроме этого нужно учитывать стоимость, надёжность и отказоустойчивость платы.

Учитывая вышеприведённые критерии выбора платы сбора данных с первичных датчиков, можно выделить многочисленные варианты разработчиков плат, таких как ООО «Руднев-Шиляев», ООО «ZETLAB», ООО «ИнСАТ», ООО «Л КАРД» и др. Несмотря обширный выбор, по интерфейсу разъёмов и соотношению цены и качества наиболее подходящим явилась плата от компании ООО «Л КАРД» из серии L7xx.

Основными преимуществами являются:

- групповая гальваническая развязка всех входов и выходов увеличивает помехозащищённость и надёжность систем;
- широкий диапазон поддерживаемых операционных систем ПК;
- наличие подробного технического описания;
- поставляется с бесплатным программным обеспечением;
- разработано и серийно выпускается в России.

Платы серии L7xx являются современными, быстродействующими и надёжными устройствами на базе высокопроизводительной шины PCI для

ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации в персональных IBM совместимых компьютерах. Благодаря интерфейсу PCI обеспечивается высокая скорость обмена информацией (данными) с программой пользователя, исключаются конфликты с другими платами, установленными в системный блок, и гарантируется отсутствие конфигурационных перемычек и переключателей. Все режимы работы таких плат задаются программным образом [6].

Далее приводится описание платы L-791, обладающей следующими характеристиками:

- интерфейс с PCI шиной в режиме PCI Bus Master (максимальная скорость обмена между платой и PC – 132Мбайта/с);
- 16 дифференциальных каналов или 32 канала с общей землей для аналогового ввода с возможностью автоматической калибровки нуля;
- максимальная частота работы 14ти битного АЦП – 400 кГц;
- вход для внешней синхронизации приема аналоговых сигналов;
- два канала аналогового вывода 12ти битного ЦАП (опция);
- порт цифрового ввода/вывода, имеющий 16 входных и 16 выходных линий (с возможностью перевода линий вывода в Z-состояние);
- гальвано-развязка от питания системного блока всех цепей, выходящих на разъемы X1и X3.

Плата L-791 подключается к системному блоку по шине PCI и полностью поддерживает стандарт Plug“n“Play PCI. При инициализации плата резервирует за собой непрерывную область размером 4 Кбайта в пространстве памяти системного блока, начиная с базового адреса BASE. Значение базового адреса можно прочесть средствами BIOS или Windows.

На рисунке 3.5 изображен вид платы L-791 и показано расположение только существенных для конфигурации и подключения элементов.

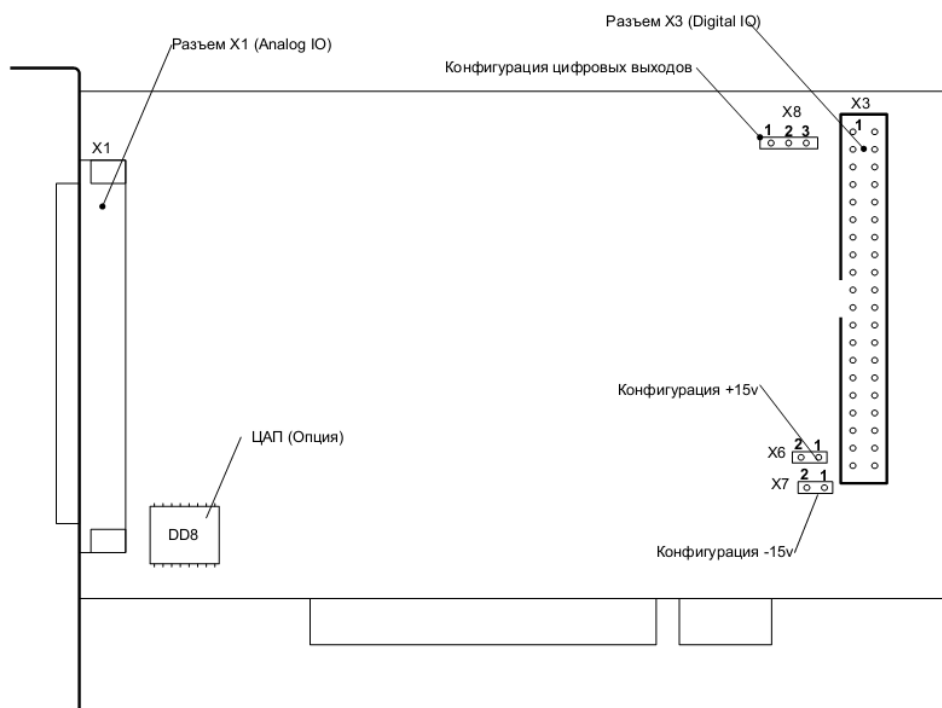


Рисунок 3.5 – Внешний вид платы L-791,

где X1 – разъем для подключения аналоговых цепей; X3 – разъем для подключения цифровых сигналов, цифровые сигналы выводятся на заднюю панель при помощи дополнительного шлейфа; X6 – необходимо замкнуть джампер для подключения питающего напряжения +15 В к выводу 39 разъема X3; X7 – необходимо замкнуть джампер для подключения питающего напряжения минус 15 В к выводу 40 разъема X3; X8 – конфигурация выводов DO0 - DO15 разъема X3:

- замкнуты выводы 1-2 – состояние цифровых выходов (Z – состояние или активное состояние) определяется программно битом DO_EN регистра управления, при включении питания компьютера обеспечивается Z-состояние;
- замкнуты выводы 2-3 – на цифровых выходах всегда присутствуют активные уровни TTL, но в момент включения питания допускается бросок логического уровня;
- все выводы разомкнуты – цифровые выходы всегда в Z-состоянии.

3.2 Разработка плат сбора данных с первичных датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов

3.2.1 Разработка структурной схемы платы сбора данных

Основываясь на том, что конструкция контроллера ШЗТ имеет вид ПК, была разработана структурная схема комплекса технических средств, которая представлена на рисунке 3.6.

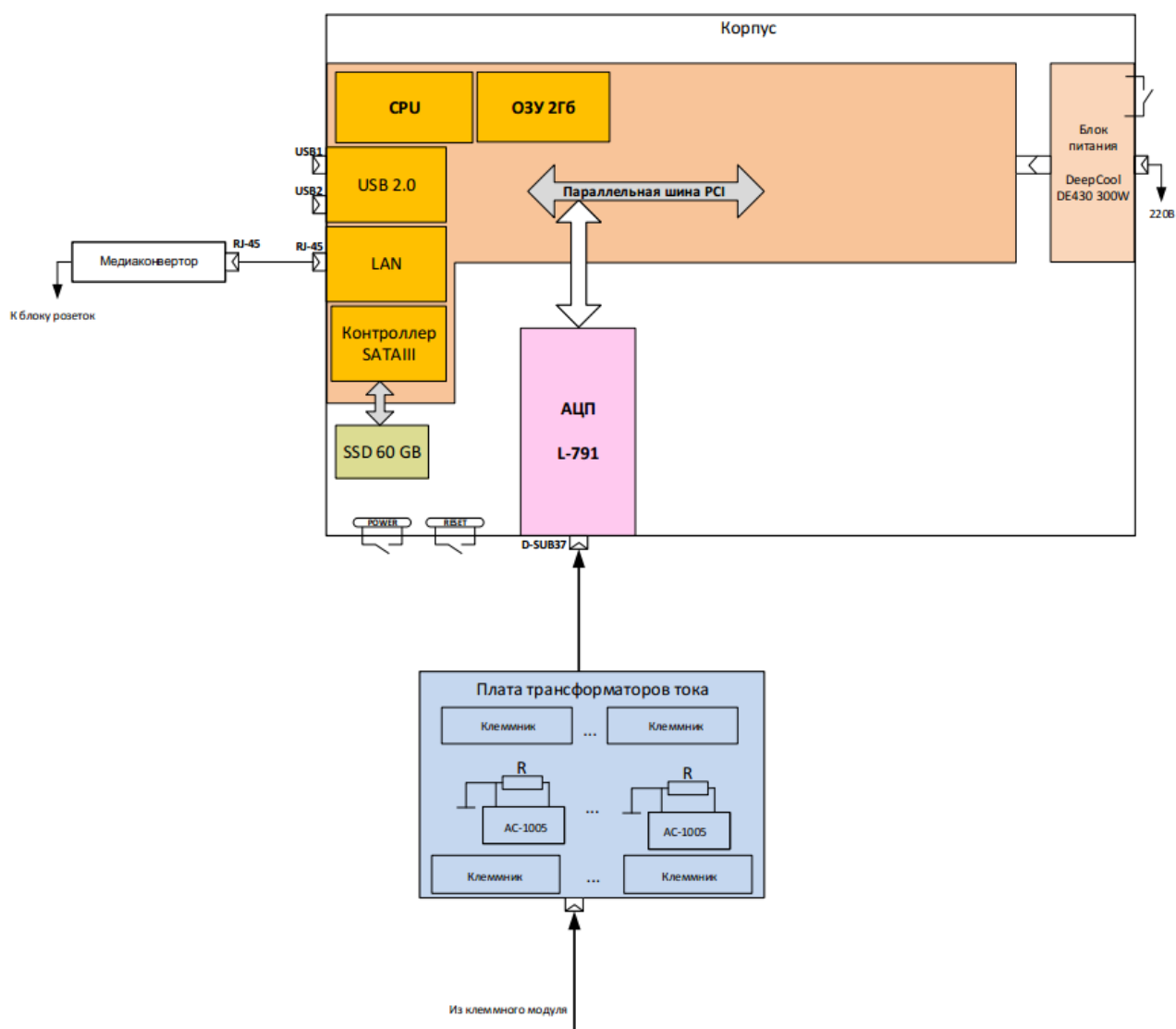


Рисунок 3.6 – Структурная схема комплекса технических средств

3.2.2 Разработка принципиальной схемы платы сбора данных

Для более точной сборки и детального рассмотрения принципа построения ПТТ была разработана принципиальная схема ПТТ (рис. 3.7)

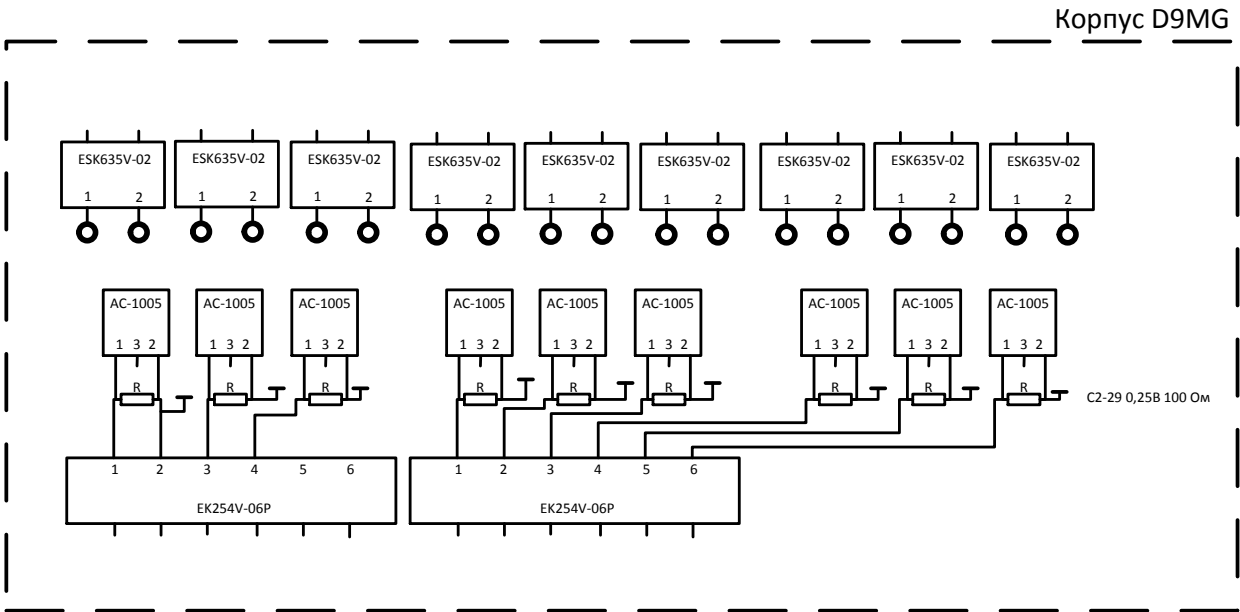


Рисунок 3.7 – Принципиальная схема ПТТ

В таблице 3.2 приводится перечень необходимых элементов для сборки ПТТ.

Таблица 3.2 – Перечень элементов к рисунку 3.7

| Наименование | Кол. |
|-------------------|------|
| Корпус | 1 |
| ESK635V-02 | 9 |
| EK254V-06P | 2 |
| AC-1005 | 9 |
| C2-29 0,25B 100Ом | 9 |

3.3 Обоснование выбора контроллера ШЗТ

Контроллеры уже давно и прочно заняли свою нишу на рынке средств автоматизации. Развитие полупроводниковой элементной базы, разработка новых средств информационного обмена, развитие алгоритмов управления способствует тому, что линейка контроллеров непрерывно расширяется. Многообразие контроллеров с различными функциональными и техническими, конструктивными характеристиками настолько велико, что разработчики систем автоматизации зачастую оказываются перед нелегким выбором: какой контроллер наилучшим образом подойдет для решения той или иной задачи.

По конструктивному исполнению контроллеры можно разделить на несколько групп:

Встраиваемые контроллеры. Как правило, не имеют корпуса, часто конструкция просто крепится на раме. Требования к защитным оболочкам таких контроллеров не предъявляются, поскольку контроллеры встраиваются в общий корпус оборудования и являются неотъемлемой частью этого оборудования. Пример встраиваемого контроллера приведен на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8 – Пример встраиваемого контроллера

Контроллеры, размещаемые в общий конструктив. Такие контроллеры характеризуются тем, что все модули – процессорный, коммуникационные, модули ввода-вывода – размещаются в одном конструктиве. В таких контроллерах, как правило, предусматривается некая «материнская» плата с разъёмами, в которые вставляются все модули контроллера.

Конструктивы таких контроллеров бывают как оригинальными, разрабатываемыми производителями, так и стандартизированными. Одним из примеров стандартизированных конструктивов является конструктив Евромеханика (DIN 41494 / IEC 297-1). Стандарт Евромеханика регламентирует ширину, высоту и глубину рамы контроллера. Пример контроллера в конструктиве Евромеханика приведён на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Пример контроллера в конструктиве Евромеханика

На рисунке 3.10 приведён пример контроллера в нестандартизированном конструктиве.

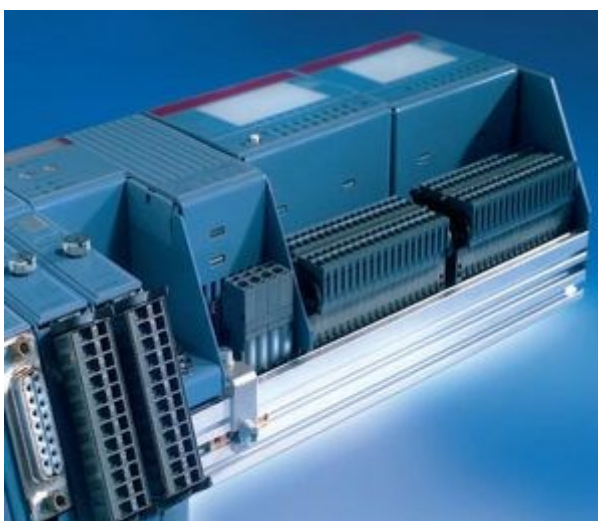


Рисунок 3.10 – пример контроллера в нестандартизированном конструктиве

Контроллеры модульного типа. Контроллеры модульного типа не используют общего конструктива. Каждый модуль таких контроллеров, будь то процессорный модуль или модуль ввода-вывода, имеет собственный корпус. Так как защитную оболочку для каждого модуля сделать проще, чем для всего контроллера, то именно этот тип контроллеров чаще всего выпускают для жёстких условий эксплуатации в исполнениях IP 67 и выше.

Контроллеры модульного типа очень часто выпускают в корпусе для монтажа на рейку DIN NS 35/7,5. Можно выделить две разновидности контроллеров: с внутренней межмодульной шиной и с внешней шиной.

Модули контроллеров с внутренней межмодульной шиной на боковых поверхностях имеют контакты для подключения соседних модулей. А модули контроллеров с внешней шиной, как правило, используют для связи между модулями какую-нибудь скоростную полевую шину.

В качестве примера на рисунке 3.10 показан контроллер с внутренней шиной, а на рисунке 3.11 и рисунке 3.12 показаны модули контроллера с внешней шиной, приспособленные для эксплуатации в жёстких условиях.



Рисунок 3.11 – Пример модуля контроллера с внешней шиной



Рисунок 3.12 – Пример модуля контроллера с внешней шиной

Учитывая особенности распределённых систем, указанные в разделе 1.2, и приняв во внимание приведённые конструктивы контроллеров, был выбран контроллер, размещаемый в общий конструктив вида ПК, часто называемый процессорный или ПК-совместимый.

Именно это направление существенно развивается в последнее время, и это обусловлено определенными причинами. Таковыми причинами являются:

- повышение надежности ПК;
- наличие разных модификаций ПК в обычном и промышленном исполнении;
- использование открытой архитектуры;
- возможность подключения любых модулей УСО, которые выпускаются другими компаниями;
- возможность использования широкой номенклатуры наработанного программного обеспечения.

Эти контроллеры используются для управления небольшими замкнутыми объектами в промышленности, в специализированных системах автоматизации в медицине и др. направлениях. Контроллер выполняет функции, которые предусматривают сложную обработку измерительной информации с расчетом нескольких управляющих воздействий, при этом общее число входов/выходов не превышает нескольких десятков. Аппаратная поддержка обеспечивается обычными контроллерами, обладающими функциями глубокой диагностики и устранения неисправностей без остановки работы контроллера.

ПК-совместимые контроллеры можно охарактеризовать следующими особенностями:

- они имеют классическую открытую архитектуру IBM PC;
- в них используется элементная база, та же, что и у обычных ПК;
- они работают под управлением тех же операционных систем, которые широко используются в персональных компьютерах, например, Windows, Unix, Linux, QNX;
- программируются они теми же языками, которые используются для разработки ПО для ПК;
- на них, как правило, возможна работа программного обеспечения, разработанного для персональных компьютеров, при наличии требуемых для ПО аппаратных ресурсов.

3.4 Разработка ПО распределённого сбора и передачи данных с контроллеров ШЗТ в ЭВМ верхнего уровня

3.4.1 Разработка ПО контроллера ШЗТ

При разработке ПО контроллера ШЗТ был построен его алгоритм, что в целом отображает в себе весь принцип его работы (рис. 3.13).

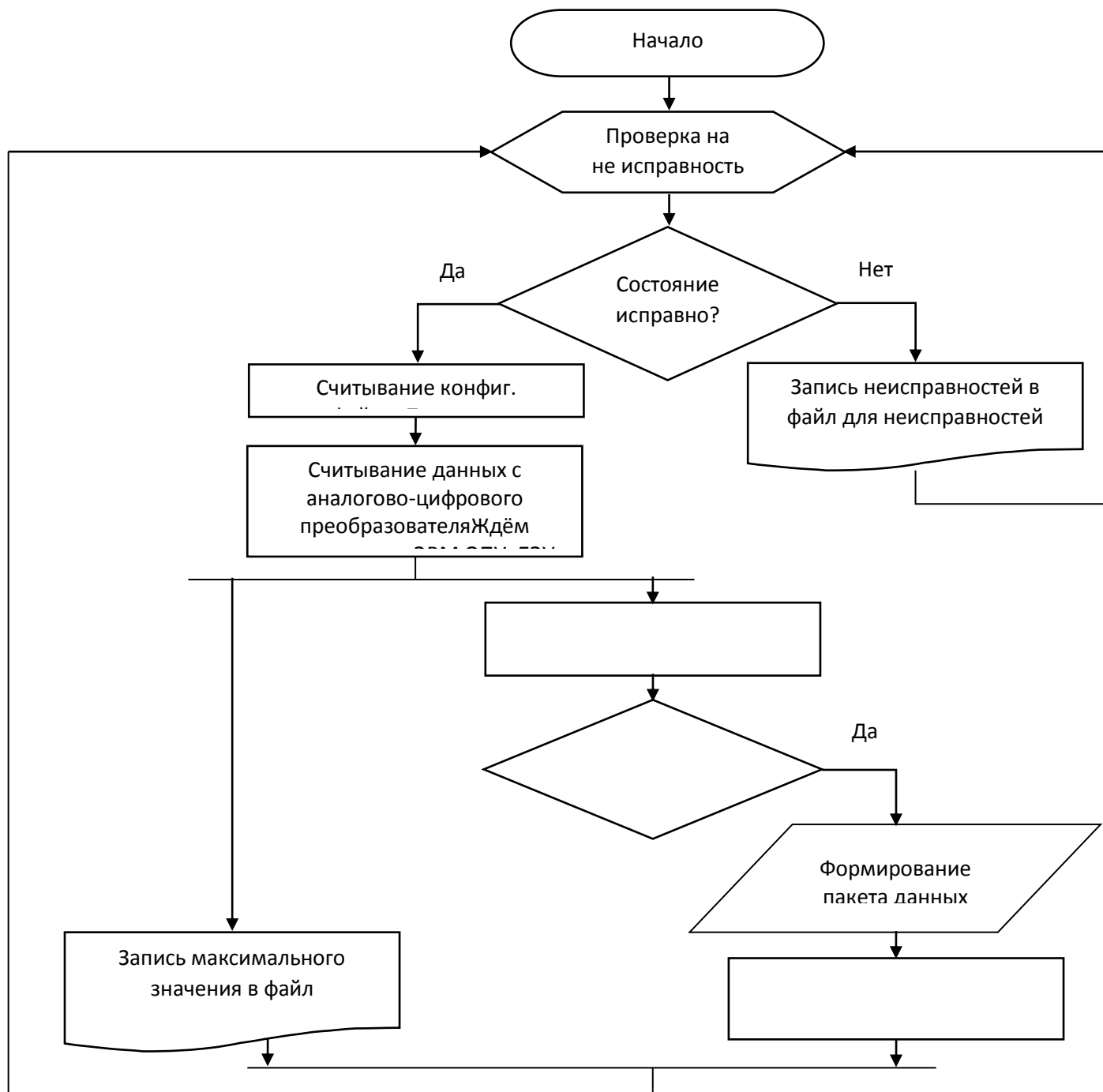


Рисунок 3.13 – Алгоритм ПО контроллера ШЗТ

На рисунке 3.13 показан общий алгоритм работы ПО контроллера ШЗТ, в котором указана вся её последовательность действий:

- запуск программного обеспечения;
- проверка аналогово-цифрового преобразователя на неисправность;
- если устройство исправно, тогда считать конфигурационные файлы;
- считать данные с аналогово-цифрового преобразователя;
- вычислив из массива данных максимальное значение и записать его в файл. Тут же ожидаем соединения ЭВМ ОПУ_БЭУ, если соединение есть, то формируем пакет данных и передаём их в ЭВМ ОПУ_БЭУ (и это действие повторяется, пока не появится неисправность или не завершат работу ПО);
- если есть неисправность, то записать сообщение о неисправности в файл для неисправностей (и это действие повторяется, пока не исправится неисправность или не завершат работу ПО);

Помимо описанных выше действий, есть и другие действия, которые не были включены в алгоритм. К ним можно отнести создание файла, определение размера файла, определение количество файлов, определение последнего файла и прочие, которые предназначены для правильного наименования и распределения файлов.

При выборе языка программирования существует множество альтернатив: С, С++, С#, Delphi, Forth и т.д. Такое же разнообразие наблюдается при выборе интегрированных сред разработки: Microsoft Visual Studio, Macromedia Studio, Eclipse, Borland Delphi и другие.

Для разработки программного обеспечения использовался язык программирования С++. Выбором для этого языка послужило несколько причин. Первой из них является то что в руководстве платы аналогово-цифрового преобразователя рекомендовалось пользоваться этим языком программирования, думаю это связано с тем, что драйверы для платы аналогово-цифрового преобразователя были написаны именно на С++. Второй причиной послужило то что предоставляемые библиотеки имели формат *.c и

*.cpp. Поэтому, чтобы корректно пользоваться этими библиотеками, был и выбран язык C++. Немаловажно и то, что язык C++ изучался время обучения в бакалавриате.

Средой разработки был выбран Eclipse, так как Eclipse – свободная интегрированная среда разработки модульных и кроссплатформенных приложений. Эта среда разработки оправдывает собственные маркетинговые обещания, а внедрение её в технологический процесс не вызывает проблем. Ведущие разработчики отмечают обширный набор функций и рекомендуют использовать Eclipse.

По требованию (Приложение В) к разрабатываемой программе необходимо, чтобы некоторые данные могли изменяться пользователем. Поэтому было решено создать конфигурационные файлы.

В конфигурационном файле можно изменить количество активных выходных аналоговых каналов *reg_num*, имя и путь лог-файла *logfile*, *logpath*, максимальный размер лог-файла в байтах *logsize*, максимальное число лог-файлов *logcount*, частоту логирования в мс *logging_time* (рис. 3.14).

```
5  [connection]
6  masterADC=0
7  gain=256
8
9  logging_time=100
10
11 [detector_1]
12 name=PlataADC
13 address=0x0001
14 reg_num=7
15 regfile=./For_MKZP/ADCinput.ini
16 logfile=ADCinput_
17 logpath=./logs/
18 logsize=20000000 ;B
19 logcount=60
```

Рисунок 3.14 – Конфигурационный файл

После всех проделанных действий с конфигурацией, создания файла и считывания данных с аналогово-цифрового преобразователя и многих других операций, данные сохраняются в специальном файле регистрации

моментальных значений. Для демонстрации программное обеспечение было запущено и сделан снимок с полученными данными (рис. 3.15).

| | |
|----|--|
| 1 | N1- POL_RPN : int |
| 2 | N2- Ia1 : int |
| 3 | N3- Ic1 : int |
| 4 | N4- Ia2 : int |
| 5 | N5- Ic2 : int |
| 6 | N6- Ib1 : int |
| 7 | N7- Ib2 : int |
| 8 | N8- date/time |
| 9 | |
| 10 | N1 N2 N3 N4 N5 N6 N7 N8 |
| 11 | |
| 12 | 1 0 0 0 0 0 0 35ms Wen Mar 4 14:22:10 2020 |
| 13 | |
| 14 | 1 1 0 0 0 1 0 99ms Wen Mar 4 14:22:35 2020 |
| 15 | |
| 16 | 19 1 1 4 1 1 6 199ms Wen Mar 4 14:22:35 2020 |
| 17 | |
| 18 | 19 1 1 1 0 1 1 299ms Wen Mar 4 14:22:35 2020 |
| 19 | |
| 20 | 19 0 1 4 4 1 6 400ms Wen Mar 4 14:22:35 2020 |
| 21 | |
| 22 | 19 0 1 1 1 1 1 500ms Wen Mar 4 14:22:35 2020 |
| 23 | |
| 24 | 19 1 1 4 1 1 4 600ms Wen Mar 4 14:22:35 2020 |
| 25 | |
| 26 | 19 1 0 4 1 1 4 700ms Wen Mar 4 14:22:35 2020 |
| 27 | |
| 28 | 19 0 1 2 1 1 4 800ms Wen Mar 4 14:22:35 2020 |
| 29 | |
| 30 | 19 1 1 1 1 1 1 900ms Wen Mar 4 14:22:35 2020 |
| 31 | |
| 32 | 19 0 0 1 1 0 3 0ms Wen Mar 4 14:22:36 2020 |
| 33 | |
| 34 | 19 0 0 4 1 0 6 100ms Wen Mar 4 14:22:36 2020 |
| 35 | |
| 36 | 19 1 1 1 1 1 3 200ms Wen Mar 4 14:22:36 2020 |
| 37 | |
| 38 | 19 0 0 4 1 0 4 300ms Wen Mar 4 14:22:36 2020 |
| 39 | |
| 40 | 19 0 1 1 1 1 1 401ms Wen Mar 4 14:22:36 2020 |
| 41 | |
| 42 | 19 0 1 1 0 1 1 501ms Wen Mar 4 14:22:36 2020 |
| 43 | |
| 44 | 19 1 4 1 1 4 1 601ms Wen Mar 4 14:22:36 2020 |
| 45 | |
| 46 | 19 1 1 2 0 1 2 701ms Wen Mar 4 14:22:36 2020 |

Рисунок 3.15 – Результат зарегистрированных данных

Как видно из рисунка 3.15, в файле зарегистрированы максимальное значение тока в указанное время и дату.

3.4.2 Разработка ПО верхнего уровня

При разработке ПО верхнего уровня был построен его алгоритм, что в целом отображает в себе весь принцип его работы (рис. 3.16).

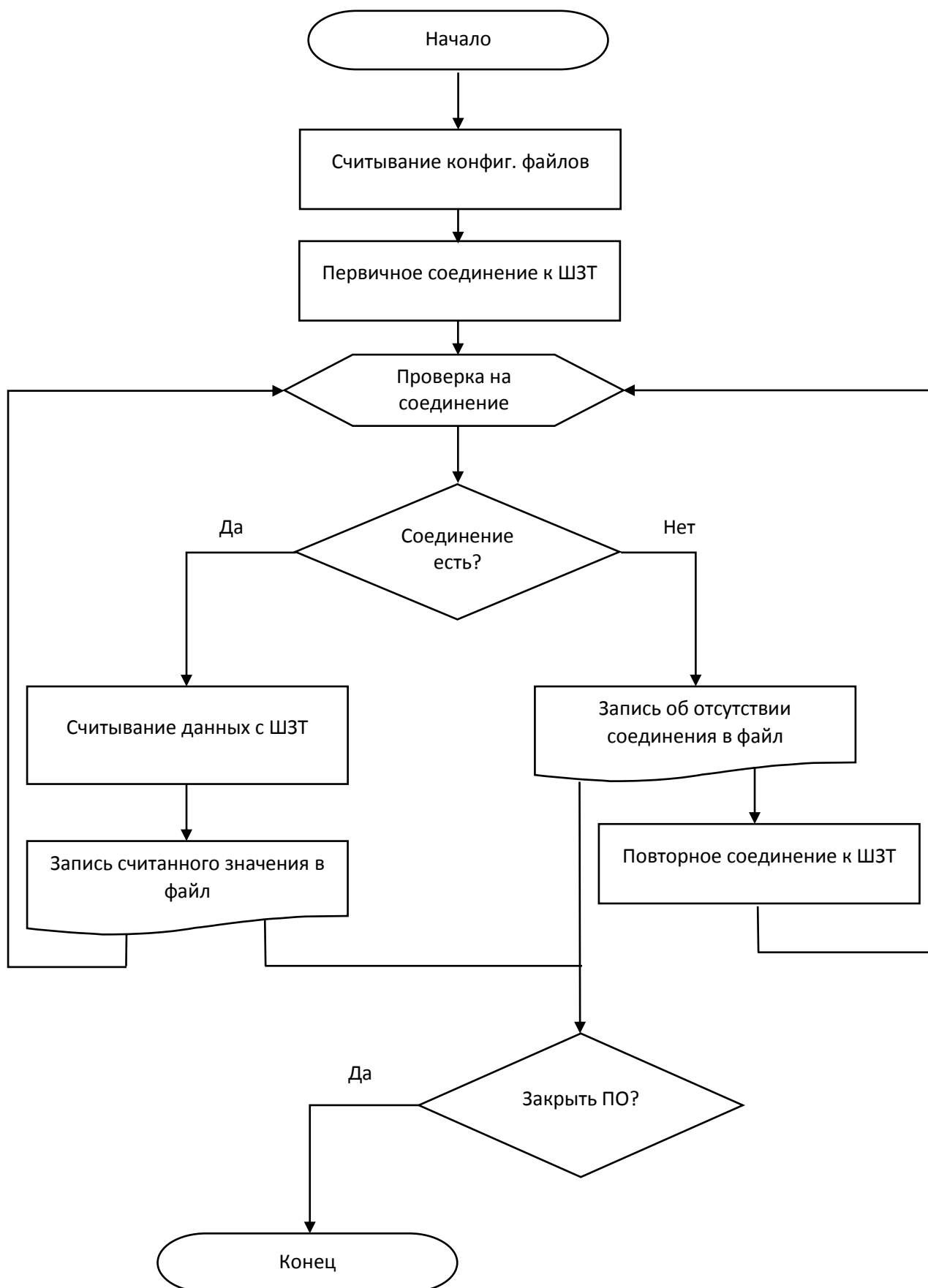


Рисунок 3.16 – Алгоритм ПО верхнего уровня

На рисунке 3.16 показан общий алгоритм ПО верхнего уровня, в котором указана вся последовательность действий:

- запуск программного обеспечения;
 - считать конфигурационные файлы;
 - первичное соединение с ШЗТ;
 - проверка на соединение ШЗТ;
 - если соединение есть, тогда считать данные с ШЗТ;
 - записать считанные данные в файл (и это действие повторяется пока не разорвётся соединение или не завершат работу ПО);
 - если соединения нет, тогда записать отсутствие соединения в файл;
 - повторное соединение с ШЗТ;
- и так пока не завершат ПО.

Помимо описанных выше действий, также есть и другие действия, которые не были включены в алгоритм, к ним можно отнести создание файла, определение размера файла, определение количество файлов, определение последнего файла и прочие, которые предназначены для правильного наименования и распределения файлов.

Сбор и регистрация данных с ШЗТ осуществляется через Ethernet-соединение по протоколу ModBus TCP. Каждому ШЗТ соответствует свой сетевой адрес в сети КТМ (таблица 3.3). В таблице 3.4 приведены параметры, считываемые с контроллеров ШЗТ.

Таблица 3.3 – Соответствие ШЗТ сетевым адресам

| Адрес ModBus (id) | Назначение | Сетевой адрес |
|------------------------------|-------------------|----------------------|
| 22 | CS | 192.168.100.115 |
| 23 | TF | 192.168.100.116 |
| 24 | PF1 | 192.168.100.117 |
| 25 | PF2 | 192.168.100.118 |

| Адрес ModBus (id) | Назначение | Сетевой адрес |
|------------------------------|-------------------|----------------------|
| 26 | PF3 | 192.168.100.119 |
| 27 | PF4 | 192.168.100.120 |
| 28 | PF5 | 192.168.100.121 |
| 29 | PF6 | 192.168.100.122 |
| 30 | HFC | 192.168.100.123 |

Таблица 3.4 – Параметры, считываемые с контроллеров ШЗТ

| Контроллер | Адрес регистра | Параметр | AI/DI |
|-------------------|-----------------------|--------------------------|--------------|
| CS, TF | 0x502c | Ток в обмотке a1 (нс), А | AI |
| | 0x5030 | Ток в обмотке b1 (нс), А | AI |
| | 0x5034 | Ток в обмотке c1 (нс), А | AI |
| | 0x5038 | Ток в обмотке a2 (нс), А | AI |
| | 0x503c | Ток в обмотке b2 (нс), А | AI |
| | 0x5040 | Ток в обмотке c2 (нс), А | AI |
| | 0x5010 | Положение РПН | AI |
| PF1-PF6, HFC | 0x309a | Ток в обмотке a1 (нс), А | AI |
| | 0x30a8 | Ток в обмотке b1 (нс), А | AI |
| | 0x30b6 | Ток в обмотке c1 (нс), А | AI |
| | 0x30c4 | Ток в обмотке a2 (нс), А | AI |
| | 0x30d2 | Ток в обмотке b2 (нс), А | AI |
| | 0x30e0 | Ток в обмотке c2 (нс), А | AI |
| | 0x3038 | Положение РПН | AI |

После всех проделанных действий с конфигурацией, создания файла, считывания данных с ШЗТ и других операций, данные сохраняются в специальном файле регистрации моментальных значений. Для демонстрации

программное обеспечение было запущено и сделан снимок с полученными данными (рис. 3.17).

```
time: Fri May 22 11:47:02 2020
MASLO_MIN = 1:e
MASLO_MAKS = 0:e
SZT_avar = 0:e
SZT_ready = 1:e
DVIJ_RPN = 0:e
SHKAF_VKL = 1:e
AVAR_RPN = 1:e
mto = 1:e
mto_pause = 1:e
rpn_low = 1:e
rpn_high = 1:e
szt_open = 1:e
uuk_start = 1:e
scu_avar = 1:e
PKD_start = 1:e
analog = not connected (not available)
rpn_pos = 12:i
outputs1 = not connected (not available)
outputs2 = not connected (not available)
resetSZT = not connected (not available)
pbv_pos = 2:i
Imtz1_old = 100:i
Imtz2_old = 200:i
Imtz1_new = 300:i
Imtz2_new = 400:i
Id_new = not connected (not available)
Id_old = not connected (not available)
command_calc = not connected (not available)
command_set = not connected (not available)
command_reset = not connected (not available)
result = not connected (not available)
```

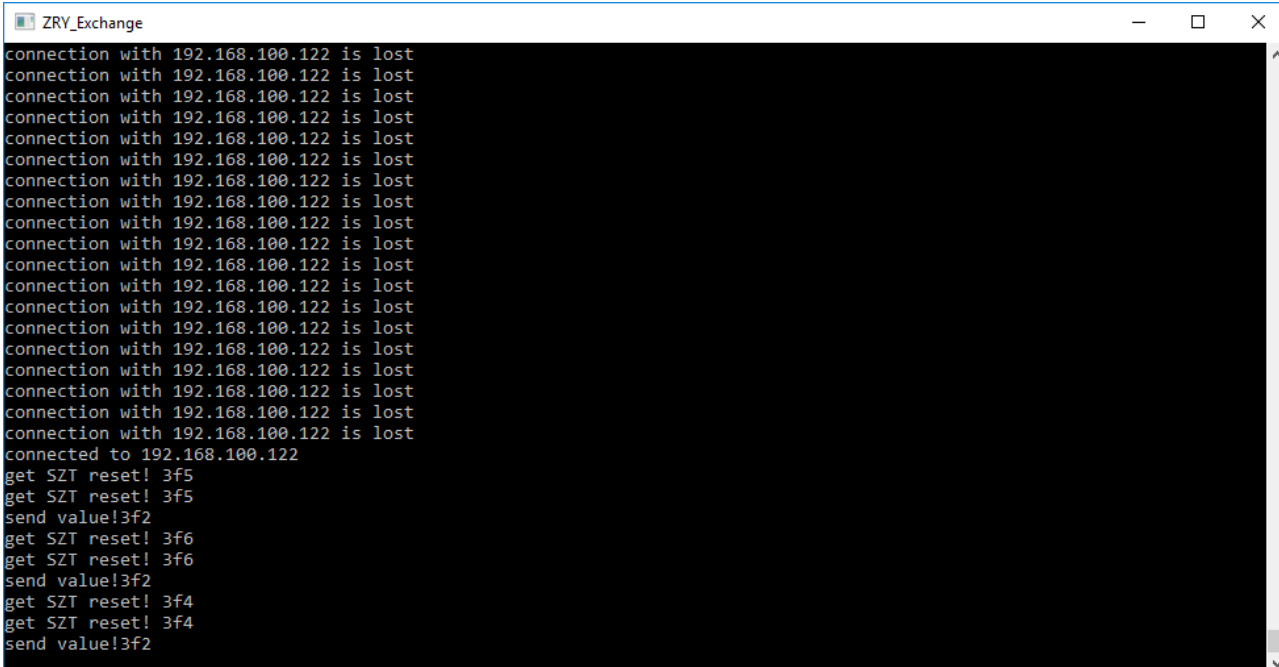
Рисунок 3.16 – Результат запуска ПО

Если всё запущено и данные не принимаются, тогда необходимо вручную произвести проверку соединения с контроллерами ШЗТ, которая осуществляется с помощью командной строки windows или программы ZRY_Exchange с ЭВМ ОПУ БЭУ.

Для проверки необходимо запустить командную строку windows. Набрать команду ping 192.168.100.1xx согласно таблице 3.3

Если от контроллеров ШЗТ приходит ответ, но проблема не решена, то необходимо открыть консоль ПО ZRY_Exchange на ОПУ БЭУ для проверки состояния соединения с ШЗТ (рис. 3.17). Если в консоли отображается

connection with 192.168.100.1xx is lost (при этом ШЗТ работают исправно), то необходимо осуществить удаленный перезапуск ПО SZT_Exchange ШЗТ с помощью программ WinSCP и Putty (рис. 3.18 – 3.19) с ЭВМ ОПУ БЭУ.



```
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connection with 192.168.100.122 is lost
connected to 192.168.100.122
get SZT reset! 3f5
get SZT reset! 3f5
send value!3f2
get SZT reset! 3f6
get SZT reset! 3f6
send value!3f2
get SZT reset! 3f4
get SZT reset! 3f4
send value!3f2
```

Рисунок 3.17 – Консоль ПО ZRY_Exchange

В программе WinSCP нужно нажать правой кнопкой на соответствующий ШЗТ согласно таблице 3.3, выбрать пункт Открыть в PuTTY. В консоли программы Putty ввести login: root, password: 123qwe. После успешного входа в систему набрать команду reboot и закрыть программу. После перезагрузки контроллера ШЗТ в консоли ПО ZRY_Exchange должен появиться статус connected to 192.168.100.1xx (пример см. рис. 3.17).

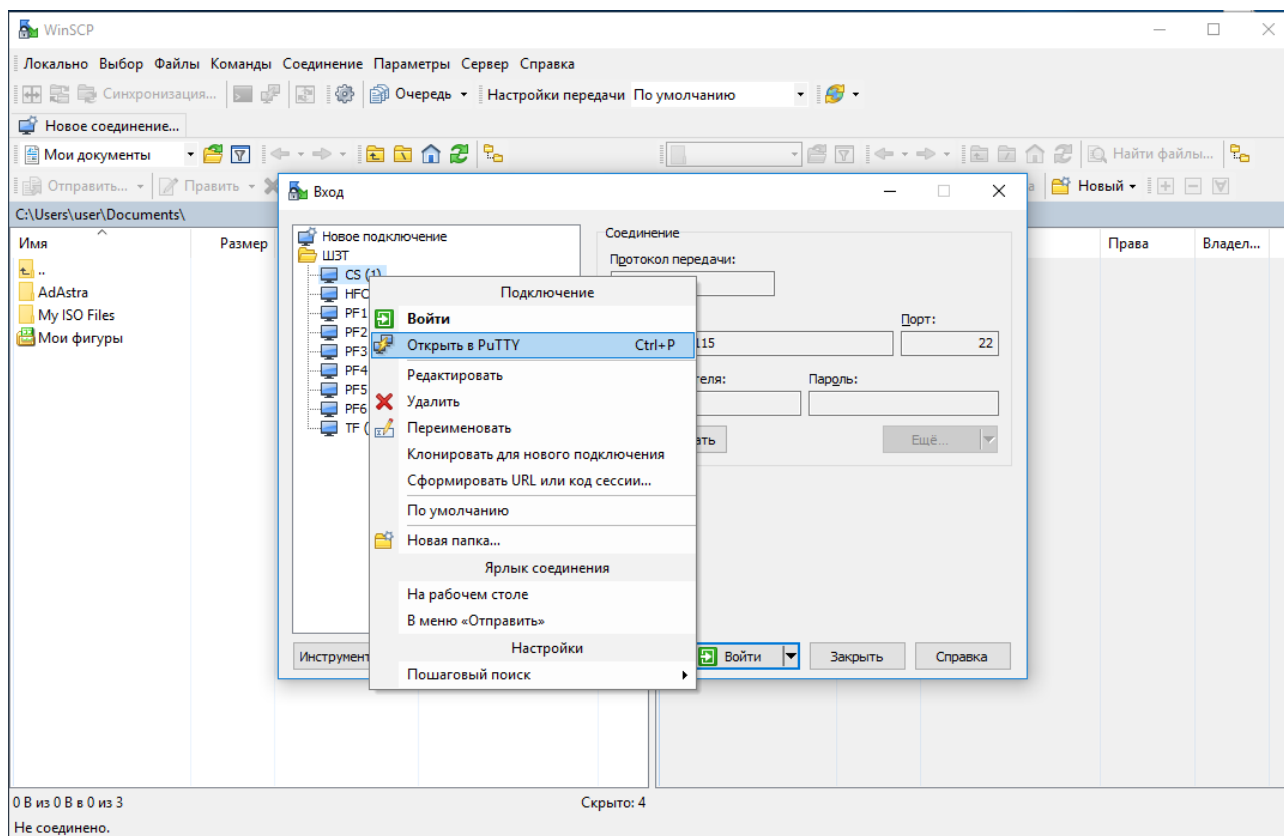


Рисунок 3.18 – Программа WinSCP для удаленного доступа к файлам контроллерам ШЗТ



Рисунок 3.19 – Программа Putty для удаленного доступа к контроллерам ШЗТ

4 Результаты

В ходе разработки распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ были получены следующие результаты:

1. Выбрана архитектура распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ;
2. Разработана ПСД с первичных датчиков напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов;
3. Разработана структурная схема ПСД;
4. Разработана принципиальная схема ПСД;
5. Обоснован выбор контроллера ШЗТ;
6. Разработан алгоритм ПО контроллера ШЗТ;
7. Разработано ПО контроллера ШЗТ;
8. Разработан алгоритм ПО верхнего уровня;
9. Разработано ПО верхнего;
10. Получены и представлены результаты запуска ПО контроллера ШЗТ.
11. Получены и представлены результаты запуска ПО верхнего уровня.
12. Предложен способ устранения неполадок связанных с отсутствием данных, передаваемых с контроллера на верхний уровень.

Цель раздела является проведение комплексного описания и анализа финансово-экономических аспектов выполненной работы. А именно, необходимо осуществить планирование процесса управления научно-техническим исследованием, рассчитать полные денежные затраты на проект. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы. Раздел должен быть завершен комплексной оценкой научно-технического уровня ВКР на основе экспертных данных.

5.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Данный пункт содержит полный перечень проводимых работ, их исполнителей и рациональную продолжительность.

Исполнителями являются следующие участники процесса написания магистерской диссертации:

- инженер – автор магистерской диссертации (И);
- научный руководитель (НР).

План работ и распределение нагрузки между исполнителями представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

| Этапы работы | Исполнители | Загрузка исполнителей |
|---|-------------|-----------------------|
| Постановка целей и задач НИР | НР | НР – 100% |
| Составление и утверждение ТЗ | НР, И | НР – 50% И – 50% |
| Подбор и изучение материалов по тематике | НР, И | НР – 30% И – 100% |
| Разработка календарного плана | НР, И | НР – 100% И – 10% |
| Выбор архитектуры распределённой системы сбора данных | НР, И | НР – 80% И – 100% |
| Исследование аппаратного комплекса | НР, И | НР – 40% ИП – 80% |
| Разработка принципиальной схемы устройства | НР, И | НР – 10% И – 100% |
| Разработка структурной схемы устройства | И | И – 100% |
| Разработка ПО контроллера ШЗТ | И | И – 100% |
| Разработка ПО верхнего уровня | И | И – 100% |
| Подготовка отчётной документации | И | И – 100% |
| Подведение итогов | И | И – 100% |

5.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется опытно-статистическим методом, реализуемый экспертным способом.

Экспертный способ предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области,

опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (5.1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 5.1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д} \quad (5.2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{вн} = 1$;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, в данном случае $K_{д} = 1$

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{к}, \quad (5.3)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле 5.4

$$T_K = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (5.4)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 365$);

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 10$).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

В таблице 5.2 приведены продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3–5) реализован экспертный способ по формуле (5.1). Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учетом коэффициента $K_D = 1$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{\text{ож}} * K_D$. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на T_K . Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 6 и 7 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта в рабочих днях. Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{\text{КД}}$ (данные столбцов 8 и 9) далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты.

Таблица 5.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

| Этап | Исполнители | Продолжительность работ, дни | | | Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн. | | | |
|---|-------------|------------------------------|-----------|--------------|--|--------------|-----------------|--------------|
| | | | | | Т _{рд} | | Т _{кд} | |
| | | t_{min} | t_{max} | $t_{ож}$ | НР | И | НР | И |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Постановка целей и задач НИР | НР | 2 | 4 | 2,8 | 2,8 | – | 3,4 | – |
| Составление и утверждение ТЗ | НР, И | 10 | 14 | 11,6 | 5,8 | 5,8 | 7 | 7 |
| Подбор и изучение материалов по тематике | НР, И | 10 | 14 | 11,6 | 3,48 | 11,6 | 4,2 | 14 |
| Разработка календарного плана | НР, И | 2 | 4 | 2,8 | 2,8 | 0,28 | 3,4 | 0,33 |
| Выбор архитектуры распределённой системы сбора данных | НР, И | 3 | 4 | 3,4 | 2,72 | 3,4 | 3,28 | 4,1 |
| Исследование аппаратного комплекса | НР, И | 11 | 13 | 11,8 | 4,72 | 9,44 | 5,7 | 11,3 |
| Разработка принципиальной схемы устройства | НР, И | 10 | 20 | 5,8 | – | 5,8 | – | 7 |
| Разработка структурной схемы устройства | И | 14 | 21 | 16,8 | – | 16,8 | – | 20,2 |
| Разработка ПО контроллера ШЗТ | И | 22 | 25 | 23,2 | – | 23,2 | – | 27,8 |
| Разработка ПО верхнего уровня | И | 18 | 20 | 18,8 | – | 18,8 | – | 22,5 |
| Подготовка отчётной документации | И | 7 | 10 | 8,2 | – | 8,2 | – | 9,9 |
| Подведение итогов | И | 2 | 4 | 2,8 | – | 2,8 | – | 3,36 |
| Итого: | | | | 119,6 | 22,32 | 106,1 | 27 | 127,5 |

5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

Совокупность перечисленных статей формируют затраты на выполнение научно-технического исследования (НТИ).

5.2.1 Расчет затрат на материалы

Статья затрат на материалы включает в себя затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и лицензии на продукты, необходимых для выполнения работ по данной теме. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5%. Расчет затрат на материалы приведен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчёт затрат на материалы

| Наименование материалов | Цена за ед., руб. | Кол-во | Сумма, руб. |
|-------------------------|-------------------|------------|----------------|
| Бумага А4 | 0,5 | 400 листов | 200 |
| ШЗТ | 87 000 | 9 экз. | 783 000 |
| ПК | 55 000 | 1 экз. | 55 000 |
| Итого: | | | 838 200 |

С учетом описанных сопутствующих затрат, составляющих 5% от отпускной цены материалов, расходы на материалы равны $C_{\text{мат}} = 838\,200 \cdot 1,05 = 880\,110$ руб. Большая часть расходов идет на сборку ШЗТ, с помощью которого производится распределённый сбор данных с высоковольтных источников питания.

5.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным окладу инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25,083 \quad (5.6)$$

учитывающей, что в году ≈ 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 5.4. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях взяты из таблицы 5.2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{пр}} = 1,1$;

$K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. в нашем случае исполнитель работает по 6-дневке.

Таблица 5.4 – Затраты на заработную плату

| Исполнитель | Оклад, руб./мес. | недневная ставка, руб./раб.день | Затраты времени, раб.дни | Коэффициент | Фонд з/платы, руб. |
|---------------|------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------|
| НР | 47104.00 | 1877,92 | 23 | 1,699 | 73 383,48 |
| И | 15470 | 616,75 | 107 | 1,699 | 112 120,83 |
| Итого: | | | | | 185 504,31 |

Итого суммарные затраты на заработную плату всем участникам проекта с учетом стандартных окладов исполнителей в зависимости от занимаемой должности и ученого звания составляют $C_{\text{зп}} = 185\,504,31$ рубля.

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 185\,504,31 * 0,3 = 55\,651,29$ руб..

5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}} \quad (5.7)$$

где $P_{\text{ОБ}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_\text{Э}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $\text{Ц}_\text{Э} = 6,59$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера ($T_{\text{РД}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{РД}} * K_t, \quad (5.8)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{РД}}$, в данном случае приравнивается 0,6.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{НОМ.}} * K_C \quad (5.9)$$

где $P_{\text{НОМ.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Затраты на электроэнергию технологическую

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час | Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт | Тариф на 1кВт·час $\text{Ц}_\text{Э}$, руб | Затраты $\text{Э}_{\text{об}}$, руб. |
|---------------------------|---|---|---|---------------------------------------|
| ПК | 107дней * 8 часов *0,6 = 513,6 | 0,4 | 6,59 | 1 353,85 |
| ШЗТ | 75дней * 8 часов *0,6 = 360 | 0,5 | 6,59 | 1 186,2 |
| Итого: | | | | 2 540,05 |

5.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (5.10)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, час;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, час;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

H_A для персонального компьютера составляет обратную величину от срока амортизации равного 2,5 года, следовательно, $H_A(ПК) = 1 / 2,5 = 0,4$. Номинальная стоимость одного ПК составляет 55 000 рублей. Для расчета $F_D(ПК)$ будем учитывать, что количество рабочих дней в 2020 году при шестидневной рабочей неделе равно 300 дней, рабочий день длится 8 часов. Таким образом $F_D(ПК) = 300 * 8 = 2\,400$ часов. Однако ПК занят лишь 2/3 от проектного времени, затрачиваемого инженером ($T_{рд}$ из таблицы 5.2), следовательно, $t_{рф} = 107 \text{ дней} * 8 \text{ часов} * 2/3 = 513,6$ часов.

Таким образом, амортизация, начисленная на ПК, равна:

$$C_{AM} (ПК) = 0,4 * 55\,000 * 513,6 * 1 / 2400 = 4\,708 \text{ руб.}$$

Стоимость ШЗТ составляет 87 000 руб., его $F_D = 2400$ час.; $H_A = 0,1$; $t_{рф} = 75$ часов (из табл. 5.5).

$$C_{AM} (ШЗТ) = 0,1 * 87\,000 * 360 * 9 / 2400 = 11\,745 \text{ руб.}$$

Итого общие затраты на амортизацию составляют $C_{AM} = 16\,453$ руб.

5.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1 \quad (11)$$

Для нашего примера это:

$$C_{\text{проч.}} = (838\,200 + 185\,504,31 + 55\,651,29 + 2\,540,05 + 16\,453) \cdot 0,1 = 109\,834,86$$

5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ».

Таблица 0.6 – Смета затрат на разработку проекта

| Статья затрат | Условное обозначение | Сумма, руб. |
|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| Материалы | $C_{\text{мат}}$ | 838 200 |
| Основная заработная плата | $C_{\text{зп}}$ | 185 504,31 |
| Отчисления в социальные фонды | $C_{\text{соц}}$ | 55 651,29 |
| Расходы на электроэнергию | $C_{\text{эл.}}$ | 2 540,05 |
| Амортизационные отчисления | $C_{\text{ам}}$ | 16 453 |
| Прочие расходы | $C_{\text{проч}}$ | 109 834,86 |
| Итого: | | 1 208 183,51 |

5.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Из-за недостатка данных прибыль следует принять в размере 5 ÷ 20 % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 241 636,7 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

5.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это:

$$(1\,208\,183,51 + 241\,636,7) * 0,2 = 1\,449\,820,21 * 0,2 = 289\,964,04 \text{ руб.}$$

5.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$Ц_{\text{НИР(КР)}} = 1\,208\,183,51 + 241\,636,7 + 289\,964,04 = 1\,739\,784,25 \text{ руб.}$$

5.3 Оценка экономической эффективности проекта

Разработанная система в совокупности с технической и программной документацией обеспечивает:

- Исключение ошибок при запуске оборудования за счет выявления неисправных частей эксплуатируемой техники;

- Создание экспериментальной базы для последующей подготовки специалистов в области информационных технологий, информационно-измерительной техники, автоматизации научных исследований и комплексных испытаний, автоматизации измерений, контроля и диагностики;
- Возможность для Токамак КТМ получать высококачественный комплекс технического и программного продукта с возможностями улучшения системы при необходимости в будущем, которые конкурентоспособны с ведущими зарубежными компаниями;

Количественная оценка эффективности невозможна ввиду недостатка информации и компетенции, однако, данная работа позволяет сократить временные затраты на проектирование программно-аппаратного комплекса по использованию электроэнергии, разработанные компоненты которого являются так же инструментом принятия решений. Это, в конечном счете, может позволить сэкономить большое количество энергетических затрат, позволит уменьшить время работы привлекаемых специалистов за счёт возможности использования наработок, содержащихся в уже сформированной ранее документации. Можно сказать, что в данной работе экономический эффект приобретает форму экономии ресурсов, но его количественная оценка требует проведения большого количества сложных исследований.

5.4 Выводы по разделу

В ходе выполнения магистерской диссертации была разработана распределённая система сбора данных с высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ для осуществления мониторинга опасных технологических объектов.

В данном разделе было проведено планирование этапов научно-технического исследования, была рассчитана трудоемкость всех работ и занятость исполнителей при выполнении каждой из них. Также были выполнены расчеты полных денежных затрат на разработку проекта.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объектом дипломной работы является разработка распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ. В Томском политехническом университете разработана система, которая позволяет осуществить сбор и обработку данных о напряжениях и токах высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ в соответствии с условиями работы:

- Группа климатического исполнения Устройства В2 по ГОСТ Р МЭК 60870-2-2-2001 соответственно для диапазона рабочих температур от +5°C до +40°C - устройство является устойчивым к воздействию атмосферного давления в соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 60870-2-2-2001 в процессе эксплуатации и хранения.
- Устройство по устойчивости к механическим воздействиям - соответствует нормальным условиям размещения и хранения с облегченными условиями транспортирования (класс Am по ГОСТ Р МЭК 60870-2-2-2001);
- По устойчивости к воздействию внешних магнитных полей - устройство соответствует ГОСТ 26.205-88 (не имеет точностных узлов, подверженных влиянию внешних магнитных полей);
- Уровень радиопомех, создаваемых при работе устройства - не превышает значений, установленных нормами ГОСТ Р 51318.22-99;
- Контролепригодность устройства - соответствует варианту решения 2 по приспособленности к диагностированию по ГОСТ 26656-95.

Магистерская диссертация выполнялась в десятом корпусе ТПУ (четвертый этаж) в отделении информационных технологий.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства)

Требования к организации рабочих мест пользователей:

- Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [7-8];
- Конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы;
- На уровне экрана должен быть установлен оригинал-держатель.

На рисунке 6.1 схематично представлены требования к рабочему месту.

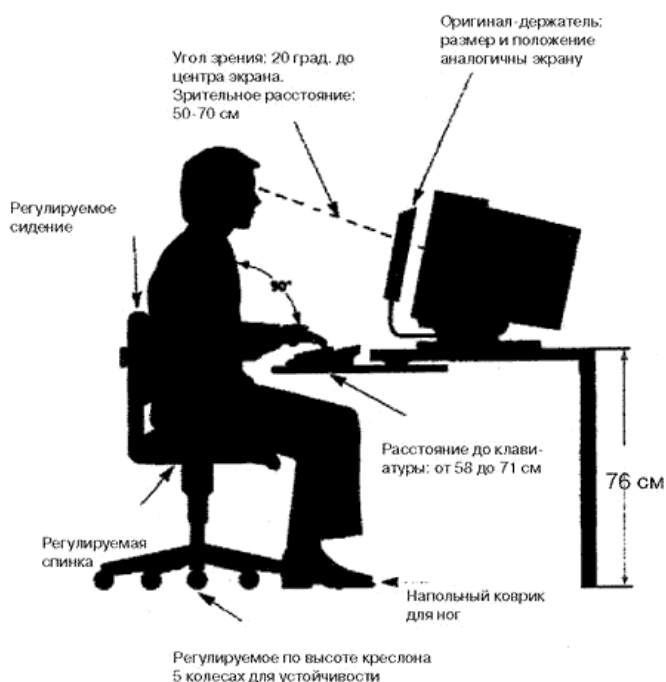


Рисунок 6.1 – Организация рабочего места

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Для создания комфортной и безопасной среды для работы за компьютером необходимо учитывать эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны инженера. В десятом корпусе ТПУ 405 аудитории, где велась разработка распределённой системы сбора данных с высоковольтных источников питания электрофизической установки Токамак КТМ, планировка рабочих мест учитывает требования к расстоянию между рабочими столами с видеомониторами и составляет более 600 мм. При этом расстояние от глаз до самого монитора составляет 650 мм. Монитор также предусматривает регулирование яркости и контрастности, что уменьшает нагрузку на глаза и увеличивает комфортность работы на ПЭВМ.

Кроме того, форма рабочего стола должна быть удобна для поддержания рациональной позы пользователя, чтобы он мог менять положения своего тела для предупреждения утомления. В таблицах 6.1-6.2 представлены фактические значения параметров рабочей зоны инженера в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ и ГОСТ Р 50923-96.

Таблица 6.1 – Анализ рабочего места

| Требование | Факт |
|---|---|
| Окна должны быть ориентированы на север и северо-восток | Все окна ориентированы на юг |
| Оконные проемы должны быть оборудованы регулирующими устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков | Имеются шторы |
| Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5 м ² | На одно рабочее место выделена площадь 4.5 м² |
| Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации | Заземление имеется |
| Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ | Вблизи подобных объектов нет |

Анализ рабочего места на основе данных таблицы 6.1 показывает, что все требования к рабочему месту выполнены, кроме первого из них. Солнце днём светит в окна, затрудняя работу, вследствие чего приходится использовать шторы и включать искусственное освещение.

Требования к столу и стулу, представленные в таблице 6.2, соответствуют требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 для людей ростом 161-175 см.

Таблица 6.2 – Анализ параметров рабочего стола и стула

| Требование | Допустимые значения | Фактическое значение |
|--|---------------------|----------------------|
| Поверхность стола, мм | 700 | 750 |
| Пространство для ног, мм | 640 | 750 |
| Высота сиденья над полом, мм | 420 | 420 |
| Ширина сиденья, не менее, мм | 340 | 345 |
| Глубина сиденья, мм | 380 | 380 |
| Высота нижнего края спинки над сиденьем, мм | 170 | 165 |
| Высота верхнего края спинки над сиденьем, мм | 360 | 360 |
| Высота линии прогиба спинки, не менее, мм | 210 | 215 |
| Радиус изгиба переднего края сиденья, мм | 20-50 | 35 |
| Угол наклона сиденья | 0-4° | 1° |
| Угол наклона спинки | 95-108° | 100° |
| Радиус спинки в плане, не менее, мм | 300 | 305 |

Фактические значения параметров рабочего стола и стула, как видно из таблицы 6.2, максимально приближены и соответствуют нормирующим требованиям.

Кроме того, при работе с ПЭВМ было использовано рекомендуемое СанПиНом время перерывов 10-15 минут после каждых 45-60 минут работы с использованием комплекса профилактических мероприятий: упражнения для глаз и физкультурные минуты. Также в помещении проводились ежедневные влажные уборки и систематическое проветривание каждый час.

6.2 Профессиональная социальная ответственность

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования

Производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-74 подразделяются на опасные и вредные. Опасным производственным фактором называется фактор, воздействие которого приводит к травме или резкому ухудшению здоровья. Вредным производственным фактором является фактор, воздействие которого приводит к заболеванию или снижению работоспособности [9].

Возможные опасные и вредные факторы представлены в таблице 6.3

Таблица 6.3 – Возможные опасные и вредные факторы при работе с системой

| Источник фактора, наименование работ | Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74) | | Нормативные Документы |
|--|---|---|--|
| | Вредные | Опасные | |
| 1. Эксплуатация системы 2. Обслуживание Системы | 1.Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны 2.Повышенная или пониженная влажность воздуха 3.Недостаточная освещенность рабочей зоны 4.Повышенный уровень шума на рабочем месте 5.Повышенный уровень электромагнитных излучений 6.Монотонный режим работы 7.Умственное перенапряжение | 1. Короткое замыкание 2. Статическое электричество 3. Опасность поражения электрическим током | 1. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ 2. Правила устройства электроустановок ПУЭ 3. СанПиН 2.2.4.548-96. 4. Естественное и искусственное освещение. СП 51.13330.2011 5. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки СН 2.2.4/2.1.8.562-96 6. СанПиН 2.2.4.1191-03 7. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 |

В случае программной разработки, где объектом является рабочее место, включая персональный компьютер и помещение, среди таких вредных воздействий можно указать: микроклимат помещения, неправильное освещение, шум, электромагнитное излучение, опасность поражения электрическим током и другие. Также немаловажно позаботиться о экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях, которые могут возникнуть при работе с ПЭВМ.

6.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

Микроклимат рабочего помещения

Микроклимат производственных (рабочих) помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей. Влажность воздуха – содержание в воздухе водяного пара. Абсолютная влажность W – масса водяного пара в 1 м³ воздуха. Максимальная влажность F – масса водяного пара, который может насытить 1 м³ воздуха при данной температуре. Относительная влажность R – это отношение абсолютной влажности к максимальной. Указанные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье [10].

В таблицах 6.4 и 6.5 приведены оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для оператора ЭВМ. В данном случае работа относится к категории труда легкая.

Таблица 6.4 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

| Период года | Температура воздуха, С ⁰ | Температура поверхности, С ⁰ | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|-------------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный | 21 – 23 | 20 – 24 | 40-60 | 0,1 |
| Теплый | 23-25 | 22-26 | 40-60 | 0,1 |

Таблица 6.5 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

| Период года | Температура воздуха, °С | | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с | |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--|--|
| | Диапазон ниже оптимальных величин | Диапазон выше оптимальных величин | | | Температура воздуха ниже оптимальных величин | Температура воздуха выше оптимальных величин |
| Холодный | 19,0- 20,9 | 23,1 - 24,0 | 18,0 - 25,0 | 15 – 75 | 0,1 | 0,2 |
| Теплый | 20,0- 21,9 | 24,1 - 28,0 | 19,0 - 29,0 | 15 – 75 | 0,1 | 0,3 |

Исходя из требований, рассматриваемых в данном разделе нормативных документов, в помещении поддерживается температура равная 19–20 С°, при относительной влажности в 55–58%. В помещении функционирует система принудительной вентиляции. Проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание помещения. В зимнее время в помещении предусмотрена система водяного отопления со встроенными нагревательными элементами и терморегуляторами.

Производственное освещение

Естественное и искусственное освещение рабочего места оказывает влияние на физическое состояние и на работу сотрудника. Не надлежащее качество освещения ведет к ухудшению зрения работника.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, на поверхности рабочего стола освещенность пользователя ПЭВМ должна быть 300 – 500 лк. При освещении блики должны отсутствовать на поверхности экрана. Поверхность экрана должна быть до 300 лк. [11].

Существуют общие требования и рекомендации к организации освещения на рабочем месте:

- Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.
- Рабочие места следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал преимущественно слева, а дисплеи монитора были ориентированы боковой стороной к световым проемам.

Соблюдение данных мер позволит сохранить зрение работника или избежать пагубного воздействия на глаза.

Приведем расчет искусственного освещения для прямоугольного помещения, размерами: длина $A = 6$ м, ширина $B = 4$ м, высота $H = 4$ м. В помещении используются светильники типа ОДР (светильник общего освещения диффузный с экранирующей решеткой) с люминесцентными лампами типа ЛБ (белый свет) мощностью 65 Вт и со световым потоком $\Phi = 3680$ лм. Общее число ламп в офисе равно $n = 8$. Коэффициент пульсации ламп данного типа не превышает 5%, что соответствует нормам.

Освещенность помещения рассчитывается по формуле [12]:

$$E_{\Phi} = \frac{n \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot k \cdot z}, \quad (6.1)$$

где n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока;

Φ – световой поток светильника, лм;

S – площадь помещения, m^2 ;

k – коэффициент неравномерности освещения;

z – это коэффициент неравномерности освещения.

Коэффициент запаса k учитывает запыленность светильников и их износ. Для помещений с вычислительной техникой $k = 1,4$. Поправочный коэффициент для люминесцентных ламп равен $z = 1,1$.

Площадь помещения равна:

$$S = A \cdot B = 6 \cdot 4 = 24 \text{ м}^2$$

Коэффициент использования светового потока определяется при помощи таблицы на основе индекса помещения и коэффициенты отражения от стен, потолка и рабочей поверхности. Поэтому сначала найдем данные показатели.

Индекс помещения определяется по формуле [12]:

$$i = \frac{S}{H \cdot (A+B)}, \quad (6.2)$$

где S – площадь помещения, м^2 ;

A – длина комнаты, м ;

B – ширина комнаты, м ;

h – высота подвеса светильников, м .

При этом расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (h) в помещении определяется по формуле [12]:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (6.3)$$

где H – высота потолка в помещении, м ;

h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м ;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м .

Тогда расчетная высота подвеса светильников по формуле 6.3 равна:

$$h = 4 - 0,75 - 0,01 = 3,24 \text{ м}.$$

Подставим полученное значение в формулу 6.2 для расчета индекса помещения:

$$\frac{24}{3,24 \cdot (6+4)} = 0,74,$$

Исходя из того, что потолок в помещении чистый бетонный, а также свежепобеленные стены с окнами и рабочая поверхность содержит ПЭВМ, то согласно [12], примем коэффициенты отражения от стен $\rho_n = 70\%$, потолка $\rho_c = 50\%$ и от рабочей поверхности $\rho_p = 10\%$.

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c , ρ_n , определяем интерполяцией коэффициент использования светового потока (η из формулы 6.1).

Получается для светильника ОДР согласно [12] при $i = 0,7$ коэффициент $\eta = 38\%$, при $i = 0,8$ коэффициент $\eta = 41\%$. Тогда при $i = 0,74$ коэффициент использования светового потока равен:

$$\eta = 38 + ((41 - 38) / (0,8 - 0,7)) \cdot (0,74 - 0,7) = 39,2\%$$

Учитывая все параметры, рассмотренные выше, найдем освещенность по формуле 6.1:

$$E_{\phi} = \frac{8 \cdot 0,392 \cdot 3680}{24 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 312 \text{ лк}$$

В данном помещении освещенность равна 312 лк и находится в пределах нормы, следовательно, дополнительные источники света не нужны.

Производственные шумы

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху. Источниками звука являются колебания материальных частиц и тел, передаваемых жидкой, твердой и газообразной средой [13].

Допустимый уровень шума – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Ненормированный показатель шума на рабочих местах оказывает влияние на психологическое состояние работника. У сотрудника на

поставленной ему задаче снижаются концентрация и сосредоточенность, а повышается уровень утомляемости и стресса. Повышенный уровень шума может привести к нарушению слуха или являться помехой для коммуникаций между сотрудниками.

Для избегания вышеуказанных последствий воздействия описываемого фактора, необходимо соблюдать следующие требования, обозначенные в СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. В таблице 6.6 приведены допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ.

В таблице 6.6 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ.

| Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц) | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Уровни звука в дБА | | | | | | | | |
| 86 дБ | 71 дБ | 61 дБ | 54 дБ | 49 дБ | 45 дБ | 42 дБ | 40 дБ | 38 дБ |

Измерение уровня звука и уровней звукового давления проводится на расстоянии 50 см от поверхности оборудования и на высоте расположения источника(ков) звука.

В рассматриваемом рабочем помещении уровень шума является допустимым и не превышает значений, установленных нормами и составляет не более 50 дБА. Кроме того, для уменьшения шума производятся: регулярное техническое обслуживание компьютеров и другой техники в помещении, применяются звукопоглощающие материалы (в том числе для этой цели используются корпуса системных блоков).

Электромагнитные поля

Источниками повышенной напряженности электромагнитного поля в данном случае является персональный компьютер.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191–03 «Электромагнитные поля в производственных условиях», 8 часовой рабочий день для сотрудника на своем рабочем месте, с предельно допустимым уровнем напряженности должен составлять не более 8 кА/м, а уровень магнитной индукции – 10 мТл [14]. Соблюдение данных норм дает возможность избежать негативного воздействия электромагнитных излучений.

Для уменьшения уровня электромагнитного поля от персонального компьютера рекомендуется включать в одну розетку не более двух компьютеров, сделать защитное заземление, подключать компьютер к розетке через нейтрализатор электрического поля.

Основной способ снижения вредного воздействия – это увеличение расстояния от источника (не менее 50 см от пользователя). Защитой от воздействия электромагнитного поля токов промышленной частоты являются стационарные или переносные заземленные экранирующие устройства. В помещении электромагнитное излучение не превышает 5 кВ/м.

К средствам индивидуальной защиты при работе на компьютере относят спектральные компьютерные очки для улучшения качества изображения и защиты от избыточных энергетических потоков видимого света и для профилактики. Очки уменьшают утомляемость глаз на 25-30 %. Их рекомендуется применять всем операторам при работе более 2 ч в день, а при нарушении зрения на 2 диоптрии и более – независимо от продолжительности работы.

Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий, и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- Рода и величины напряжения и тока;
- Частоты электрического тока;
- Пути тока через тело человека;
- Продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;
- Условий внешней среды.

Помещение кабинета по электробезопасности относится к помещению без повышенной опасности, т.е. сухое, хорошо отапливаемое помещение с токопроводящими полами, с температурой 18-21° и влажностью 40-50 согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ [15].

Нормы на допустимые токи и напряжения прикосновения в электроустановках должны устанавливаться в соответствии с предельно допустимыми уровнями воздействия на человека токов и напряжений прикосновения и утверждаться в установленном порядке.

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- Конструкцией электроустановок;
- Техническими способами и средствами защиты;
- Организационными и техническими мероприятиями.

Электроустановки и их части должны быть выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- Защитные оболочки;
- Защитные ограждения (временные или стационарные);
- Безопасное расположение токоведущих частей;
- Изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- Изоляция рабочего места;
- Малое напряжение;
- Защитное отключение;
- Предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

На рабочем месте администратора размещены дисплей, клавиатура и системный блок. При включении дисплея на электронно-лучевой трубке создается высокое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается прикасаться к тыльной стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его включенном состоянии, работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

6.3 Экологическая безопасность

6.3.1 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

Так как основным объектом исследования данной работы являются электрические приборы, серьезной проблемой является электропотребление. Это влечет за собой общий рост объема потребляемой электроэнергии. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушению экологической обстановки, так как электростанции в своей деятельности используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных выбросов в атмосферу.

6.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов необходимо осуществить переход к энергосберегающим и малоотходным производствам. Также на данный момент во многих странах используются альтернативные источники энергии (солнечные батареи, энергия ветра).

В лаборатории не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении можно отнести, в первую очередь, это бумажные отходы – макулатура, пластиковые отходы, неисправные детали персональных компьютеров и других видов ЭВМ. Бумажные отходы рекомендуется накапливать и передавать их в пункты приема макулатуры для дальнейшей переработки. Пластиковые бутылки складывать в специально предназначенные контейнеры. Неисправные комплектующие персональных компьютеров и других ЭВМ, а также люминесцентные лампы возможно сдавать организациям, имеющим специальную лицензию, которые занимаются переработкой отходов

Дополнительным методом снижения отходов является увеличение доли электронного документооборота.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований

Чрезвычайная ситуация — это состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и природной среде.

Наиболее типичной ЧС для помещения операторной является пожар. Он может возникнуть вследствие причин электрического и неэлектрического характеров. К причинам электрического характера можно отнести короткое замыкание, искрение, статическое электричество. К причинам неэлектрического характера относится неосторожное обращение с огнём, курение, оставление без присмотра нагревательных приборов.

6.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность — комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Наиболее типичной ЧС для нашего объекта является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности в кабинете и т.д.

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия [16]:

1. помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем);

средствами связи; должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

2. каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о пожаре и уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами:

1. пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.
2. углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число, размеры и конструктивно-планировочные решения которых регламентированы строительными нормами СНиП 2.01.02-85.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара [15]:

- Периодическая проверка проводки;
- Отключение оборудования при покидании рабочего места;
- Проведение с работниками инструктажа по пожарной безопасности.

Для увеличения устойчивости помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения. Оборудовать помещение огнетушителями, планами эвакуации, а также назначить ответственных за противопожарную безопасность. Согласно НПБ 166-97 необходимо проводить своевременную проверку огнетушителей. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре.

Одними из наиболее вероятных видов чрезвычайных ситуаций являются пожар, а также взрыв на рабочем месте.

Всякий работник при обнаружении пожара должен:

1. незамедлительно сообщить об это в пожарную охрану;
2. принять меры по эвакуации людей, каких-либо материальных ценностей согласно плану эвакуации;
3. отключить электроэнергию, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

Учебные аудитории 10 корпуса ТПУ оснащены ручными углекислотными огнетушителями ОУ-2 по одному на аудиторию, а также аптечками первой помощи согласно требованиям ГОСТ Р 51057-01.

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Рабочее место располагается в 10 корпусе ТПУ 405 аудитория. На рисунке 6.2 представлен план эвакуации четвертого этажа 10 корпуса.

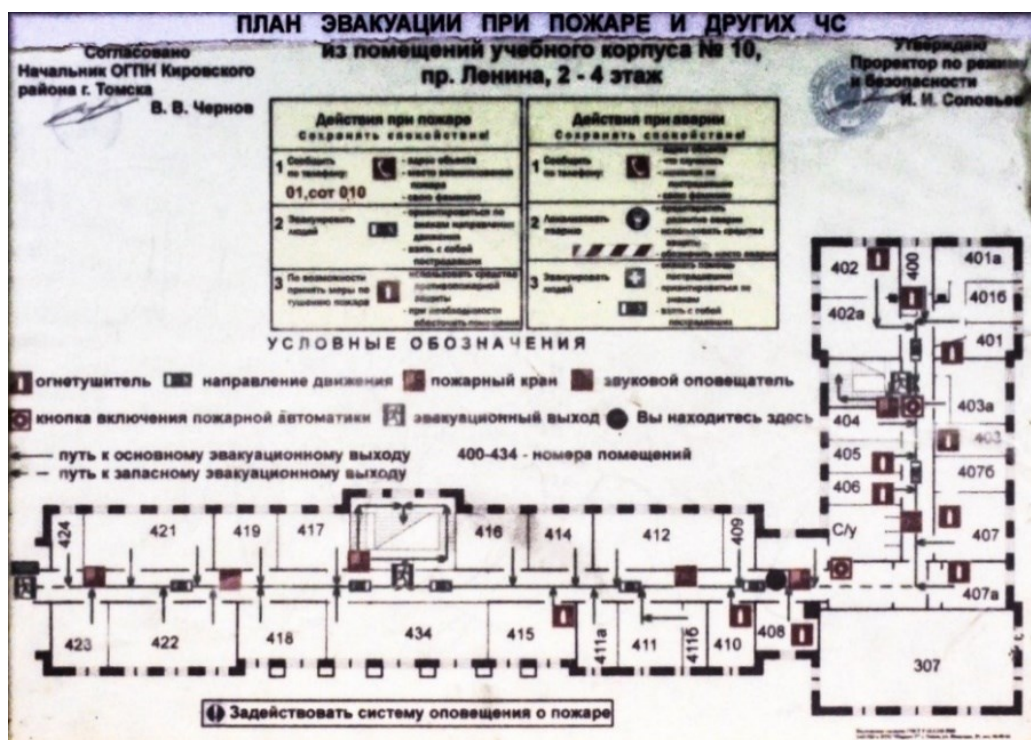


Рисунок 6.2 – План эвакуации

6.5 Выводы по разделу

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где велась работа над магистерской диссертацией, можно сделать вывод, что помещение удовлетворяет необходимым нормам и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Само помещение и рабочее место в нем удовлетворяет всем нормативным требованиям. Во избежание негативного влияния на здоровье во время работы с ПЭВМ необходимо делать перерывы и проводить специализированные комплексы физических упражнений.

Действие вредных и опасных факторов сведено к минимуму соответствующими профилактическими работами, т.е. микроклимат, освещение и электро- и пожаробезопасность соответствуют требованиям, предъявленным в соответствующих нормативных документах.

Относительно рассмотренного вопроса об экологической безопасности можно сказать, что несмотря на небольшое число вредных отходов, стоит уделить внимание на их правильную утилизации без вреда для окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении научно-исследовательской работы был проведён анализ предметной области и рассмотрен в первом разделе обзор методов построения источников питания ЭФУ типа Токамак, где были приведены структура обозначений, особенности конструкции различных трансформаторов и условия эксплуатации. Это позволило понять, с чем придётся иметь дело при разработке распределенной системы сбора данных с высоковольтных источников питания ЭФУ Токамак КТМ и какими инструментами можно будет воспользоваться при реализации данной разработки. Также рассмотрено определение распределённой системы и представлены её шесть основных характеристик. Кроме того, был приведен и рассмотрен ряд недостатков распределённой системы и из этих недостатков можно увидеть, что при проектировании распределенных систем возникает ряд таких проблем, как идентификация ресурсов, коммуникация, качество системного сервиса, архитектура программного обеспечения, которые надо учитывать разработчикам.

Во втором разделе проводился выбор архитектуры для разрабатываемой системы и приведены несколько типов архитектур из которых и была она выбрана, после чего разработана и представлена архитектура системы сбора данных в отчете.

В третьем разделе был рассмотрен датчик напряжения и тока обмоток высоковольтных трансформаторов напряжения, где был представлен обзор на выбранный датчик в который входят принцип работы, основные особенности, область применения и характеристики, включающие в себя номинальный ток, габариты коэффициент трансформации и т.д. После обзора выбранного датчика предоставлены обоснования по данному выбору, сутью которых является низкая потеря мощности, малые габариты, защита от короткого замыкания и ценовая доступность. После выбора датчика и его обоснования была

разработана структурная и принципиальная схема платы сбора данных. Также в разделе обоснован выбор контроллера ШЗТ.

После того как выбор аппаратной части был произведён были составлены требования к ПО ШЗТ и разработан её алгоритм работы.

ПО ШЗТ разрабатывалась на языке программирования C++ в среде разработки Eclipse, во время разработки были задействованы библиотеки предоставленные компанией L-Card, которые предназначены для работы с аналогово-цифровым преобразователем серии L791, также обоснованы выбор языка программирования и его среды разработки.

По завершении разработки ПО ШЗТ, было разработано ПО верхнего уровня для сбора и хранения данных. ПО верхнего уровня разрабатывалась на языке программирования C++ в среде разработки Eclipse. После завершения работ по разработке, были представлены результаты запуска ПО.

В четвёртом разделе приведён список добившихся результатов.

В пятом разделе было проведено планирование этапов научно-технического исследования, была рассчитана трудоемкость всех работ и занятость исполнителей при выполнении каждой из них. Также были выполнены расчеты полных денежных затрат на разработку проекта.

В шестом разделе проанализированы условия труда на рабочем месте, где велась работа над магистерской диссертацией и сделан вывод, что помещение удовлетворяет необходимым нормам. В случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Решая поставленную задачу, удалось достичь реализации контроллера ШЗТ и приложения для сбора и регистрации данных в файл с аналогово-цифрового преобразователя, а также передачи их на верхний уровень с последующим сохранением данных.

Список использованных источников

1. Информационная система. Всё об электротехнике в одном месте. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ielectro.ru> (дата обращения 8.04.2019)
2. Фишлер Я.Л. Трансформаторное оборудование для преобразовательных установок. – М.; Энергоатомиздат, 1989. – 320с.: ил. (Трансформаторы; Вып 41).
3. Архитектура распределённых систем [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://helpiks.org/4-83856.html> (дата обращения 25.04.2019)
4. Обзор на продукции компании Talema [Электронный ресурс] – Режим доступа http://info.promelec.ru/catalog_info/54/130/514/279/ (дата обращения 17.03.2019)
5. Интернет магазин [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.chipdip.ru/product/d9mg> (дата обращения 4.05.2020)
6. Устройство сбора данных L-791. Руководство пользователя [Электронный ресурс] – Режим доступа https://www.lcard.ru/download/l791_users_guide.pdf (дата обращения 6.05.2020)
7. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> (дата обращения 09.05.2020).
8. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения 09.05.2020).
9. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200224> (дата обращения 09.05.2020).

10. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> (дата обращения 10.05.2020).
11. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 09.05.2020).
12. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 101 с.
13. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения 11.05.2020).
14. СанПин 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901853847> (дата обращения 10.05.2020).
15. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200080203> (дата обращения 12.05.2020).
16. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-22-3-03-94> (дата обращения 12.05.2020).

Приложение А

(справочное)

Сокращения, использованные в отчёте

ЭФУ – электрофизическая установка;

КТМ – Казахстанский материаловедческий Токамак;

ПСД – плата сбора данных;

УСО – устройство связи с объектом;

ШЗТ – шкаф защиты трансформатора;

РПН – регулирование под напряжением;

ОПУ – оперативный пульт управления;

БЭУ – блок электротехнических установок;

ПЭВМ – электронно-вычислительная машина;

ПТТ – плата трансформатора тока;

ВВ – высоковольтный.

Приложение Б
(справочное)

1 LITERATURE REVIEW

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|--|----------------|-------------|
| 8ИМ81 | Тухтасинов Махмуджон Рустамполвон угли | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------|
| Профессор ОИТ ИШИТР | Ким Валерий Львович | д.т.н | | |

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------|
| Старший преподаватель | Маркова Наталия Александровна | | | |

INTRODUCTION

Experimental studies conducted on an electrophysical installation of the Tokamak type are aimed at studying methods for creating and mechanisms for a long, stable maintenance of the fusion reaction. As in many other areas of scientific research, the quality of experiments carried out on facilities of this type largely depends on the effectiveness of measuring systems that work in the process of controlling the parameters of the object under study and ensure the preservation of experimental information.

The implementation of the thermonuclear fusion reaction in installations of the Tokamak type is possible only with the use of modern automation methods and means. Process control systems, implemented based on modern microprocessor technology and new information technologies that provide solutions to complex automation problems, are an integral part of thermonuclear installations. This is due to the fact that modern installations are complex engineering complexes, for the normal operation of which synchronous, safe and reliable operation of all technological systems that are part of them is necessary [1]. Therefore, it is necessary to combine numerous equipment into a single complex and create conditions for ensuring both the safety of personnel and the safety of equipment, as well as the flexibility of management, combined with the provision of complete information about operating modes, equipment status and ongoing experiments.

In this regard, special attention should be paid to the development of data collection systems that ensure the reliability of measurement information, the preservation of results during the experiment and perform the functions of transmitting data to the upper level in real time.

The main goal of this work is to develop a distributed system for collecting data from high-voltage power sources of the Tokamak KTM electrophysical installation.

To achieve this goal it is necessary:

1. To study methods for constructing power sources electrophysical installation type Tokamak KTM;
2. To choose architecture of a distributed system for collecting data from high-voltage power sources of the Tokamak KTM electrophysical installation;
3. To develop a block diagram of a data acquisition board from primary voltage and current sensors of high-voltage transformer windings;
4. To develop a schematic diagram of a data acquisition board from primary voltage and current sensors of high-voltage transformer windings;
5. To select and justify of the controller of the transformer protection cabinet;
6. To develop software for the transformer protection cabinet controller;
7. To develop top-level software.

1 LITERATURE REVIEW

1.1 Overview of the methods of constructing power sources for an electrophysical installation Tokamak KTM

Transformers oil capacity of 10000-80000 kW A with voltage regulation under load designed to power semiconductor rectifiers non-ferrous metallurgy, chemical industry and other electrolysis manufactures [2].

Transformers are classified by type of cooling, typical power, mains voltage and climate performance.

The structure of the symbol T [*] NP [*] / [*] [*] [*]:

T is three-phase transformer;

[*] is type of cooling: D is forced air circulation and natural oil circulation; C is forced circulation of water and oil with an undirected oil flow; DC is forced air and oil circulation with an undirected oil flow;

N is with voltage regulation under load;

P is for powering semiconductor rectifier units;

[*] is type power, kV•A;

[*] is voltage of the network winding, kV;

[*][*] is climatic modification and placement category (Y1, YXJ14) according to GOST 15150–69.

1.1.1 Design Features

The valve coil voltage is adjustable in several ranges. Ranges are switched by WSP a manual drive mounted on the tank wall or a motor drive as agreed with the customer. Within each range, voltage under load is controlled by the on-load tap-changer 19 positions with vacuum interrupter chambers. The transformer TDCNP-50000/10Y1 uses a thyristor switching device with 27 positions.

In the transformers TCNP-25000/10YXJI4 and TCNP-80000/20YXJI4 in each position of the WSP device, the voltage of the valve coil is regulated under load with the help of three single-phase on-load tap-changers by alternately changing the transformation coefficient in phases by 54 steps.

The parameters of the transformers during regulation correspond to the values indicated in Table 1.1.

The on-load tap-changer drive allows manual, remote and automatic control of the step switch.

Power supply of the on-load tap-changer drive mechanisms is from a three-phase current network with a frequency of 50 Hz and a voltage of 380 V with zero.

The connection of the parts of the valve winding in the "star" and "triangle" is made inside the tank. Inputs are displayed on the side wall of the tank. In transformers for current converters 50000-63 000 A linear bends each part winding parallelized gate inside the tank and withdrawn at the opposite side of the tank wall.

The inputs of the network winding have reinforced external insulation. All network inputs with mechanical fastening are of a collapsible type.

At the inputs A and C of each part of the valve winding of the three transformers and at the inputs A and C of the network winding of transformers with a voltage of 35 kV, one current transformer is integrated.

Transformers are equipped with a set of control and protective equipment.

General view, overall dimensions and mass of transformers are shown in Figures 1.1 - 1.3.

Table 1.1. Transformer parameters for regulation

| Transformer Type | Power of a network winding, kV·A | Mains winding voltage, kV | Valve voltage, V | Valve current, A | Winding circuit and group | Voltage through short circuit,% | Converter Data | | |
|--------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------|------------------|---|--|----------------|------------|--------|
| | | | | | | | Voltage, V | Current, A | |
| TDNP-10000/10Y1 | 4300 | 6; 10 | 250 | 5100 × 2 | Δ / Δ Y-0-11 | 9.9 | 300 | 12500 | |
| TDNP-12500/10Y1 | 6300 | 6 | 371 | | | 9.7 | 450 | | |
| | | 10 | 369 | | | | | | |
| TDNP-12500/35Y1 | 6400 | 35 | 374 | | | 11.2 | | | |
| TDNP-16000/10Y1 | 8700 | 6; 10 | 256 | 5100 × 4 | Δ / ΔΔYY-0-1 | 12.6 | 300 | 25000 | |
| TDNP-16000/35Y1 | 8600 | 35 | 252 | | | 12,2 | | | |
| TDNP-25000/10Y1 | 12800 | 6 | 372 | | | 10,2 | 450 | | |
| | | 10 | 375 | | | | | | |
| | 11500 | 6; 10 | 672 678 | 5100 × 2 | Δ / Δ Y-0-1 | 8.4 | 850 | 12500 | |
| TCNP-25000/10YXJ14 | 17100 | 10.5 | 250 | 10,200 × 4 | Δ / ΔΔYY-0-1 | 14.7 | 300 | 50,000 | |
| TDNP-25000/35Y1 | 12800 | 35 | 375 | 5100 × 4 | Δ / Δ Y-0-1 | 10,4 | 450 | 25000 | |
| | 11500 | | 675 | 5100 × 2 | | 9.1 | 850 | 12500 | |
| TDNP-32000/10Y1 | 16600 | 10.5 | 487 | 5100 × 4 | Δ / ΔΔYY-0-1 | 10,4 | 600 | 25000 | |
| TDNP-32000/35Y1 | | 35 | 486 | | | 9.2 | | | |
| TDNP-40000/10Y1 | 23200 | 10.5 | 681 | | | 10.6 | 850 | | |
| TCNP-40000/10YXJ14 | 25330 | 10 | 370 | 10,200 × 4 | | | 14.7 | 450 | 50,000 |
| TCNP-40000/35YXJ14 | 25540 | 35 | 374 | | | | 13.5 | | |
| TDCNP-50000/10Y1 | 30000 | 10.5 | 701 | 6426 × 4 | Δ _{auto} /ΔΔYY-11.75-0.75 Δ _{auto} /ΔΔYY-10.25-11.25 | 10.7 | 850 | 31500 | |
| | | | 699 | | Δ _{auto} /ΔΔYY-11.875-0.875 Δ _{auto} /ΔΔYY-10.125-11.125 | 11.5 | | | |
| | | | | | 693 | Δ _{auto} /ΔΔYY-11, 675-0,675 Δ _{auto} /ΔΔYY-10,375-11,375 | | | 10.0 |
| | | | | | | | | | |
| TCNP-80000/20YXJ14 | 60,000 | Twenty | 696 | 12500 × 4 | Δ / ΔΔ YY -0-1 | 14.0 | | 63000 | |

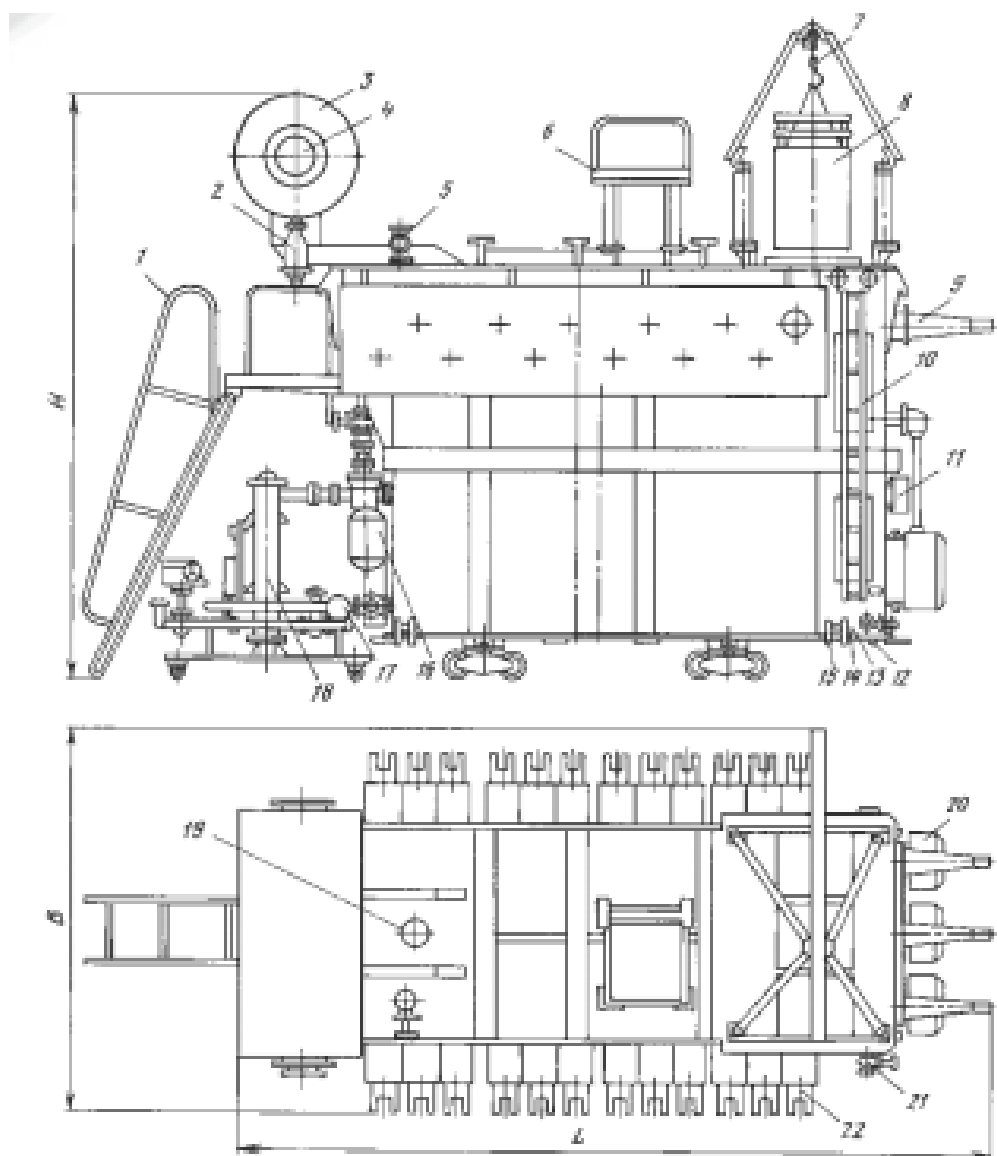


Figure 1.1. General view and overall dimensions of transformers TCNP

1 is staircase; 2 is air dryer; 3 is expander; 4 is pointer oil indicator; 5 is valve for filter press; 6 is platform for servicing the crane; 7 is crane for lifting the contactor; 8 is contactor is on-load tap-changer; 9 is input network winding; 10 is mounting ladder; 11 is terminal boxes of current transformers; 12 is plug for draining residual oil; 13 is tap for sampling oil; 14 is a bolt for grounding; 15 is bracket for the jack; 16 is absorption filter; 17 is oil filter; 18 is oil cooler C; 19 is gas protection relay; 20 is on-load tap-changer drive; 21 is valve for draining oil; 22 is input valve winding.

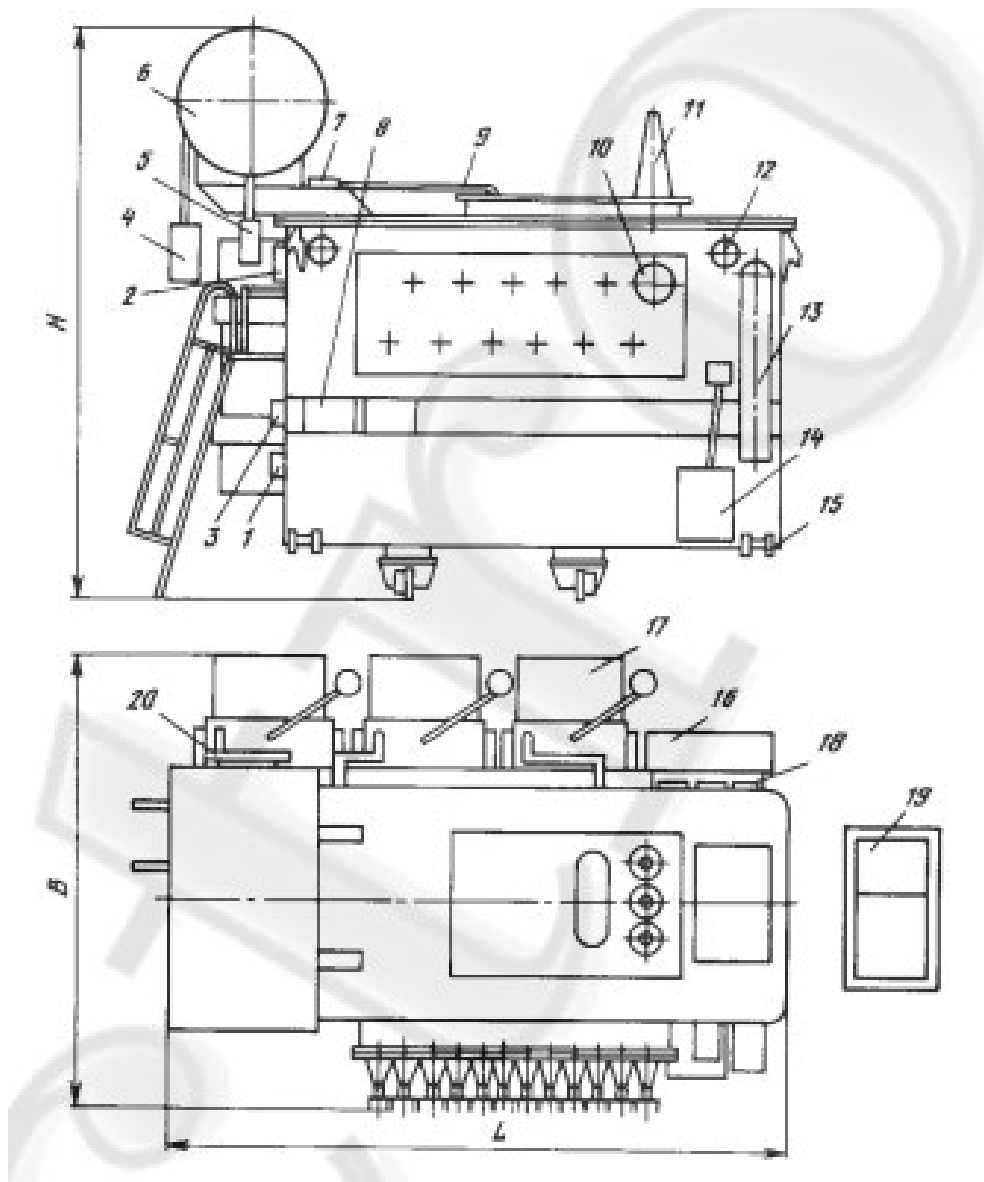


Figure 1.2. General view and overall dimensions of transformers TDCNP

1 is box alarm system; 2 is box of current transformers; 3 is WSP device drive; 4 is air dryer; 5 is valve for pumping oil; 6 is expander; 7 is gas relay; 8 is plate of technical data; 9 is gas pipe; 10 is input valve winding; 11 is input network winding; 12 is box of inputs of current transformers; 13 is safety valve; 14 is drive device RNTR; 15 is bracket for the jack; 16 is oil cooler DC; 17 is contactor device RNTR; 18 is box of inputs of current transformers; 19 is installation of cabinets; 20 is pointer oil gauge.

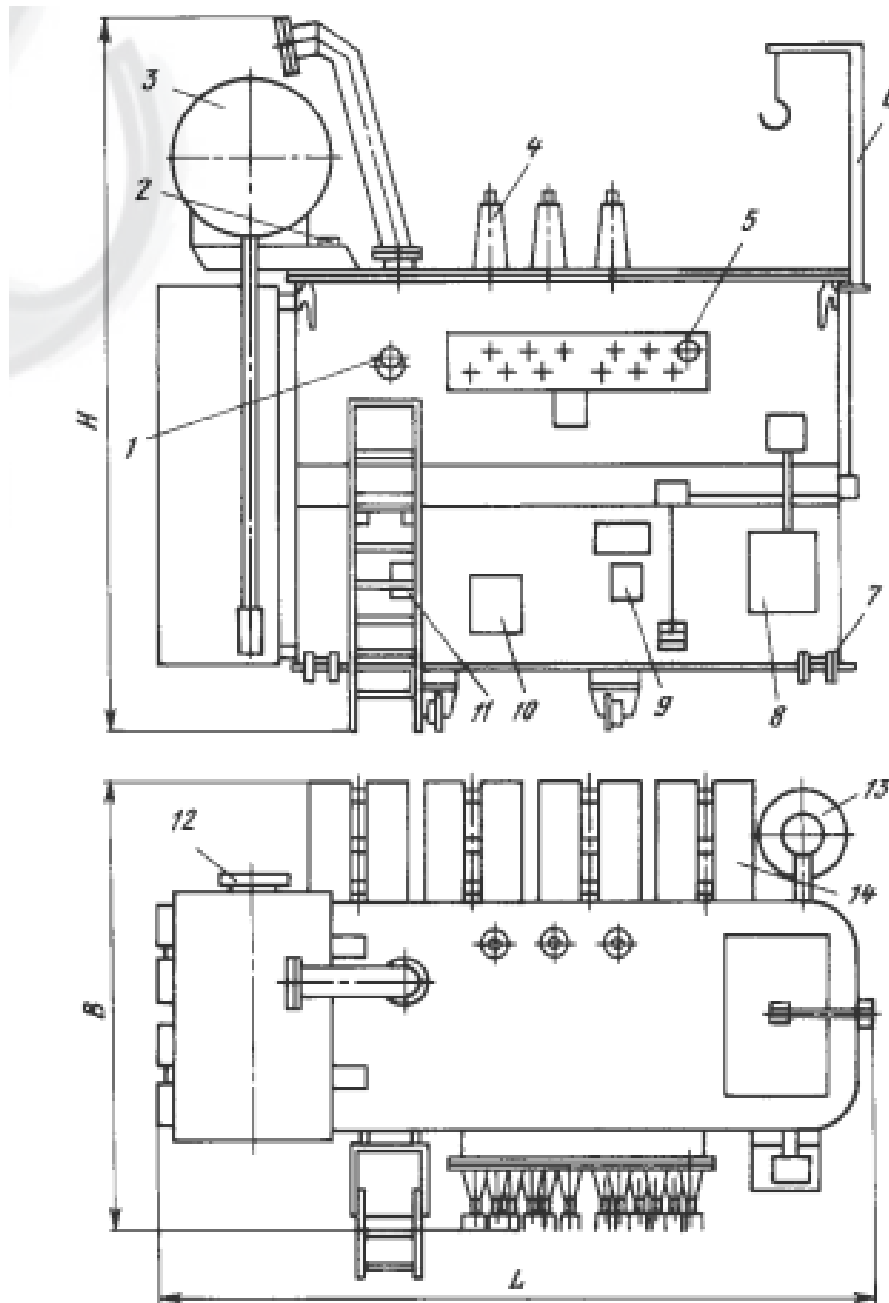


Figure 1.3. General view and overall dimensions of transformers of the TDNP series

1 is WSP device drive; 2 is gas relay; 3 is installation of the expander; 4 is input network winding; 5 is input valve winding; 6 is crane for lifting the contactor of the on-load tap-changer; 7 is a bracket for a jack; 8 is on-load tap-changer; 9 is terminal box of current transformers; 10 is cabinet for automatic control of the cooling system; 11 is terminal box of the protection and alarm systems; 12 is pointer oil indicator; 13 is thermosiphon filter; 14 is a radiator.

The overall dimensions of the transformers are given in Table 1.2.

Table 1.2. Weight and dimensions of high voltage transformers

| Transformer Type | Weight kg | | Overall dimensions, mm | | |
|-------------------|-----------|----------|------------------------|------|------|
| | oils | complete | L | B | H |
| TDNP-10000/10Y1 | 8400 | 2500 | 4400 | 3400 | 4300 |
| TDNP-12500/10Y1 | 9200 | 26700 | 4240 | 3350 | 4500 |
| TDNP-12500/35Y1 | 12700 | 33000 | 4690 | 3410 | 5140 |
| TDNP-16000/10Y1 | 15380 | 43100 | 5270 | 3470 | 5120 |
| TDNP-16000/35Y1 | 17100 | 44000 | 5150 | 3510 | 5330 |
| TDNP-25000/10Y1 | 14030 | 41800 | 5410 | 3500 | 4960 |
| | 13950 | 40900 | | | |
| TCNP-25000/10YXJ4 | 23000 | 65,000 | 7520 | 2925 | 6220 |
| TDNP-25000/35Y1 | 15900 | 45100 | 5180 | 3560 | 5220 |
| | 16100 | 44300 | | | |
| TDNP-32000/10Y1 | 18500 | 59000 | 5840 | 4140 | 5830 |
| TDNP-32000/35Y1 | 19200 | 57000 | 5640 | 4230 | 5880 |
| TDNP-40000/10Y1 | 17900 | 60300 | 5800 | 4120 | 5850 |
| TCNP-40000/10YXJ4 | 19500 | 71000 | 6950 | 3355 | 6290 |
| TCNP-40000/35YXJ4 | 23500 | 78000 | 7300 | 3450 | 6400 |
| TDCNP-50000/10Y1 | 20000 | 68300 | 6020 | 4100 | 5420 |
| TCNP-80000/20YXJ4 | 34500 | 110000 | 8300 | 3750 | 6000 |

1.1.2 Operating conditions

The environment is non-explosive, not containing conductive dust in concentrations that reduce the parameters of transformers.

Safety requirements according to GOST 12.2.007.2–75.

Transformers are manufactured for domestic and export deliveries to countries with a temperate climate and meet the requirements of TU 16–90 IBPD.672438.044 TU, TU 16672.172–87 - TTsNP80000 / 20 UHL4.

The main technical data are given in Table 1.3.

Table 1.3. Basic technical data of transformers

| Transformer type | Mains winding voltage, kV | Power of a network winding, kV·A | Regulation method | The limits of regulation of voltage of the valve winding, V, with the position of the WSP devices | | | | The value of the regulation step % U _{2nom} | The number of on-load tap-changer positions in each WSP position |
|--------------------|---------------------------|----------------------------------|---|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|--|--|
| | | | | Rough step | I | II | III | | |
| TDNP-10000/10Y1 | 6; 10 | 4300 | WSP; three-phase on-load tap-changer | - | 250-148 250-147 | 157-85 157-87 | 81-56 80-57 | 4 | 19 |
| TDNP-12500/10Y1 | 6; 10 | 6300 | | | 371-229 369-231 | 228-132 230-134 | 116-85 117-86 | | |
| TDNP-12500/35Y1 | 35 | 6400 | | | 374-238 | 229-138 | 116-87 | | |
| TDNP-16000/10Y1 | 6; 10 | 8700 | | | 256-153 256-152 | 160-88 159-88 | 81-56 81-57 | | |
| TDNP-16000/35Y1 | 35 | 8600 | | | 252-156 | 154-90 | 80-58 | | |
| TDNP-25000/10Y1 | 6;10 | 12800 | | | 372-229 375-235 | 231-132 232-136 | 118-85 118-86 | | |
| | 6; 10 | 12800 11500 | | | 672-407 678-416 | 420-235 420-241 | 215-152 214-155 | | |
| | | | | | | | | | |
| TCNP-25000/10YXJ14 | 10,5 | 17100 | WSP; tap-changer | - | 250-141 | 151-82 | 78-54 | 1,5 | 19×3 |
| TDNP-25000/35Y1 | 35 | 12800 11500 | WSP; three-phase on-load tap-changer | | 375-242 675-426 | 231-138 417-246 | 117-88 212-157 | 4 | 19 |
| TDNP-32000/10Y1 | 10,5 | 16600 | | | 487-290 | 303-167 | 156-109 | | |
| TDNP-32000/35Y1 | 35 | 16600 | | | 486-297 | 305-172 | 156-111 | | |
| TDNP-40000/10Y1 | 10,5 | 23200 | | | 681-430 | 433-248 | 220-160 | | |
| TCNP-40000/10YXJ14 | 10 | 25330 | WSP1 WSP2 | | 1 2 | 370-281 277-215 | 228-162 160-124 | 115-96 95-81 | 2 |
| TCNP-40000/35YXJ14 | 35 | 25540 | three-phase on-load tap-changer | 1 2 | 374-293 289-230 | 228-169 167-133 | 115-96 97-85 | | |
| | | | | | | | | | |
| TDCNP-50000/10Y1 | 10,5 | 30000 | WSP; tap-changer | - | 728-482 726-480 720-479 | 461-295 437-285 482-303 | - | 0,7 | 27×3 |
| TCNP-80000/20YXJ14 | 20 | 60000 | WSP; tap-changer | - | 696-431 | 423-249 | 212-157 | 1,5 | 19×3 |

1.2 Features of distributed systems

Distributed system is a system in which information processing is concentrated not on one computer, but distributed between several computers. When designing distributed systems, which have much in common with software design in general, some specific features should be taken into account.

Allocate six main characteristics of distributed systems [3]:

1. *Sharing resources*. Distributed systems allow the sharing of hardware and software resources, such as hard drives, printers, files, compilers, etc., connected via a network. Obviously, the separation of resources is also possible in multi-user systems, however, in this case, the central computer must be responsible for the provision of resources and their management.

2. *Openness*. This is an opportunity to expand the system by adding new resources. Distributed systems are open systems that connect hardware and software from different manufacturers.

3. *Concurrency*. In distributed systems, several processes can be simultaneously performed on different computers on the network. These processes can (but not necessarily) interact with each other during their execution.

4. *Scalability*. In principle, all distributed systems are scalable: to meet the new requirements, it can be expanded by adding new computing resources. But in practice, the build-up may be limited to a network connecting individual computers of the system. If you connect many new machines, the network bandwidth may not be sufficient.

5. *Fault tolerance*. The presence of several computers and the possibility of duplication of information means that distributed systems are resistant to certain hardware and software errors. Most distributed systems in the event of an error, as a rule, can support at least partial functionality. A complete system malfunction occurs only in case of network errors.

6. *Transparency*. This property means that users are given completely transparent access to resources and at the same time information about the

distribution of resources in the system is hidden from them. However, in many cases, specific knowledge of the organization of the system helps the user make better use of resources.

Distributed systems have a number of disadvantages.

- *Difficulty.* Distributed systems are more complex than centralized ones. It is much more difficult to understand and evaluate the properties of distributed systems as a whole, as well as to test these systems. For example, here the system performance does not depend on the speed of one processor, but on the network bandwidth and the speed of different processors. By moving resources from one part of the system to another, you can radically affect system performance.

- *Security.* Typically, access to the system can be obtained from several different machines, messages on the network can be viewed or intercepted. Therefore, in a distributed system it is much more difficult to maintain security.

- *Manageability.* The system may consist of heterogeneous computers on which different versions of operating systems can be installed. Errors on one machine can spread to other machines with unpredictable consequences. Therefore, much more effort is required to manage and maintain the system in working condition.

- *Unpredictability.* As all network users know, the reaction of distributed systems to certain events is unpredictable and depends on the full load of the system, its organization and network load. Since all these parameters can constantly change, the time taken to complete a user request can vary significantly at one time or another.

1.3 Conclusions on the section

In this section, we reviewed the methods for constructing power sources for an electrophysical installation of the Tokamak type, where the structure of notation, design features of various transformers, and operating conditions were considered. It is possible to understand what would have to be dealt with when developing a

distributed system for collecting data from high-voltage power supplies of the Tokamak KTM electrophysical installation and what tools could be used to implement this development.

Also in the section, the definition of a distributed system was considered and its six main characteristics are presented. In addition, a number of disadvantages of a distributed system were presented and considered. From these shortcomings, when designing distributed systems we can understand what a number of problems arise to be considered by developers. These problems include:

- resource identification, communication;
- quality of system service;
- software architecture; etc.

CONCLUSION

During the pre-diploma practice, an analysis of the subject area was carried out and the first section considered an overview of the methods of constructing power sources of an electrophysical installation of the Tokamak type.

In the second section, the architecture for the system under development was selected and several types of architectures are presented from which it was selected, after which the architecture of the data collection system in the report was developed and presented.

In the third section, we examined the voltage and current sensor of the windings of high voltage transformers, where an overview of the selected sensor was presented which includes the principle of operation, main features, scope and characteristics, including rated current, dimensions, transformation ratio, etc. After reviewing the selected sensor, justifications for this choice are provided, the essence of which is low power loss, small dimensions, short circuit protection and price availability. After selecting the sensor and its justification, a structural and circuit diagram of the data acquisition board was developed. Also, the section justifies the choice of a transformer protection cabinet controller.

After the hardware selection was made, the requirements for the software of the transformer protection cabinet controller were compiled and its algorithm was developed.

The software for the transformer protection cabinet controller was developed in the C++ programming language in the Eclipse development environment, during the development, libraries provided by the L-Card company were used, which are designed to work with the L-791 series analog-to-digital converter, the choice of the programming language and its development environment.

Upon completion of the software development of the transformer protection cabinet controller, top-level software for data collection and storage was developed. Top-level software was developed in the C++ programming language in the Eclipse

development environment. After completion of the development work, the results of the software launch were presented.

The fourth section lists the results achieved.

In the fifth section, planning of the stages of scientific and technical research was carried out, the complexity of all the work and the employment of the performers in each of them was calculated. Also, calculations were made of the total cash costs for the development of the project.

The sixth section analyzes the working conditions at the workplace, where work was underway on the master's thesis and concluded that the room meets the necessary standards. In case of observance of safety precautions and rules for using a computer, work in this room will not lead to deterioration in the health of the employee.

Solving the task, it was possible to achieve the implementation of the controller of the transformer protection cabinet and applications for collecting and recording data to a file from an analog-to-digital converter, as well as transferring them to the upper level with subsequent data storage.

Приложение В (обязательное)

Требования к программному продукту

Группы требований

| Код | Группы требований |
|-----|---|
| F | Общие функциональные требования |
| FA | Требования к функциям, выполняемым программой |
| SR | Требования к программному обеспечению |
| TS | Требования к техническому обеспечению |

Общие функциональные требования

| Код | Требования | Примечания |
|------|---|------------|
| F.01 | Программа должна считывать данные с аналогово-цифрового преобразователя | TS.04 |
| F.02 | Программа должна регистрировать считанные данные в файл | |

Требования к функциям, выполняемым программой

| Код | Требования | Примечания |
|--------------|---|------------|
| FA.01 | Требования к созданию файлов | |
| FA.01.01 | Программа должна создавать новый файл при первом её запуске | |
| FA.01.02 | Программа должна присваивать файлу имя формата: char_int | FA.01.03 |
| FA.01.03 | Программа должна при создании нового файла добавлять к номеру предыдущего файла единицу | FA.01.02 |

| | | |
|--------------|--|----------|
| FA.01.04 | Программа должна создавать новый файл при превышении его допустимого размера | FA.05.02 |
| FA.01.05 | Программа должна при превышении допустимого количества файлов, начать нумерацию с нуля | FA.05.03 |
| FA.02 | Требования к регистрации данных в файл | |
| FA.02.01 | Программа должна записывать данные в файл за текущий промежуток времени | FA.05.05 |
| FA.02.02 | Программа должна записывать максимальное значение данных в файл | |
| FA.02.03 | Программа должна записывать сообщения о неисправностях в отдельный файл | FA.02 |
| FA.02.03 | Программа должна фиксировать время и дату записи данных в файл | |
| FA.03 | Программа должна проводить проверку на исправность системы | FA.02.03 |
| FA.04 | При обнаружении неисправности, программа должна осуществлять повторную инициализацию с аналогово-цифровым преобразователем | |
| FA.05 | Должна быть возможность настраивать параметры файла | FA.06 |
| FA.06 | Требования к конфигурационным параметрам файла | |
| FA.06.01 | Должна быть возможность изменять имя файла | |
| FA.06.02 | Должна быть возможность изменять максимальный размер файла | |
| FA.06.03 | Должна быть возможность изменять максимальное количество файлов | |
| FA.06.04 | Должна быть возможность изменять путь хранения файла | |

| | | |
|----------|--|--|
| FA.06.05 | Должна быть возможность изменять частоту записи данных в файл | |
| FA.06.06 | Должна быть возможность изменять количество активных выходных аналоговых каналов | |

Требования к программному обеспечению

| Код | Требования | Примечания |
|-------|---|------------|
| SR.01 | Программа должна функционировать под операционной системой Slackware Linux 14.2 | |
| SR.02 | Компилятор g++ 5.3.0 | |
| SR.03 | Драйвера для Linux lcomp_linux-2.6.29 | |

Требования к техническому обеспечению

| Код | Требования | Примечания |
|-------|--|------------|
| TS.01 | Процессор Intel Celeron G1840 или совместимый | |
| TS.02 | Объем свободной оперативной памяти 100 Мб | |
| TS.03 | Объем необходимой памяти на жестком диске 2 Мб | |
| TS.04 | Устройство сбора данных L791 | |