

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский
национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева»

Институт Энергетики и Машиностроения им. А. Буркитбаева
Кафедра «Машиностроения»

Каторча Руслан Баходирович

«Проектирование технологии сборки автоматизированной
информационно-измерительной системы учета энергоресурсов
(АИИС КТУЭ и УТМ)»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломной работе

Образовательная программа
6B07206 Индустриальная инженерия- Машиностроение

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский
национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева»

Институт Энергетики и Машиностроения им. А. Буркитбаева
Кафедра «Машиностроения»



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Проектирование технологии сборки автоматизированной
информационно-измерительной системы учета энергоресурсов
(АИИС КТУЭ и УТМ)»

6B07206 Индустриальная инженерия- Машиностроение

Выполнил

Каторча Руслан Баходирович

Рецензент

Научный руководитель

 Ангарбеков У.Д.

 Алимбетов А. Б.

« 28 » 05 2025г.

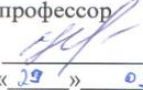
« 28 » 05 2025г.

РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество «Казахский
национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева»

Институт Энергетики и Машиностроения им. А. Буркитбаева
Кафедра «Машиностроения»
6B07105 Индустриальная инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
«Машиностроения» ассоц.
профессор

 Нугман Е.З.
« 29 » 04 2025 ж.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучавшемуся: Каторча Руслан Баходировичу

Тема: ««Проектирование технологии сборки автоматизированной
информационно-измерительной системы учета энергоресурсов (АИИС КТУЭ
И УТМ)» Утверждена приказом проректора Университета № 183 от
«04» 06 2025 г.

Срок сдачи законченной работы « 04 » 06 2025 г.

Исходные данные к дипломной работе: Проектирование (АИИС КТУЭ И УТМ) в
условиях ТОО «Казахстанские Трубопроводные Системы»

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Исходные данные
- б) Технологический раздел
- в) Сборка и подключение системы
- г) Пусконаладочные работы

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
представлены слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература:

ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Обзор литературы Общая часть	От 11.03.2025 до 15.04.2025	Выполнено
Расчетная часть Графическая часть	От 28.04.2025 до 16.05.2025	Выполнено
Оформление по СТП Нормоконтроль	От 05.05.2025 до 29.05.2025	Выполнено

Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты И.О.Ф. (уч. степень звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтроль	Преподаватель Калмаганбетов С.А	29.05.25	

Научный руководитель
А.Б

 Алимбетов

Задание принял к исполнению обучающийся

 Каторча Р.Б

Дата

« 28 » 05 2025 г

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Каторча Руслан Баходирович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование технологии сборки автоматизированной информационно-измерительной системы учета энергоресурсов

Научный руководитель: Асылхан Алимбетов

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 7

Знаки из здругих алфавитов: 31

Интервалы: 0

Белые Знаки: 3

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

04.06.2025

Бахурдан Б.Б.

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Каторча Руслан Баходирович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование технологии сборки автоматизированной информационно-измерительной системы учета энергоресурсов

Научный руководитель: Асылхан Алимбетов

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 7

Знаки из других алфавитов: 31

Интервалы: 0

Белые Знаки: 3

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата

04.06.2025

Заведующий кафедрой



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Каторча Руслан Баходирович

Тақырыбы: Проектирование технологии сборки автоматизированной информационно-измерительной системы учета энергоресурсов

Жетекшісі: Асылхан Алимбетов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 0

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.3

Әріптерді ауыстыру: 31

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 7

Ақ белгілер: 3

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні

04.06.2025

Кафедра меңгерушісі



Отзыв
рецензента о выпускной квалификационной работе

Студент Каторча Руслан Баходирович
Тема: «Проектирование технологии сборки автоматизированной
информационно-измерительной системы энергоресурсов (АИИС)»

Рецензент: Ангарбеков Улан

1. Актуальность темы исследования:

В условиях цифровизации энергетики и повышения требований к надёжности электроснабжения, вопросы автоматизации учёта приобретают ключевую значимость.

Выбранная тема полностью отражает современные вызовы в сфере энергомониторинга, учёта потерь и диспетчеризации. Проект обладает ярко выраженной прикладной направленностью и может быть востребован при оснащении трансформаторных подстанций 6/0.4 и 10/0.4 кВ.

2. Степень самостоятельности и способности автора к инженерному и исследовательскому подходу:

Выполнение проекта показало, что студент проявляет инициативу, обладает системным мышлением и способен самостоятельно решать инженерные задачи. Им был собран и проанализирован значительный объём технической информации, продумана логика компоновки оборудования, выполнены обоснованные расчёты и сформирована практическая реализация проекта.

Особо стоит отметить проработку технологического процесса создания корпуса шкафа, что выходит за рамки формального описания и свидетельствует о глубоком понимании темы.

3. Оценка выполнения выпускной квалификационной работы:

Работа охватывает полный цикл: от расчёта и проектирования до сборки и подготовки к вводу в эксплуатацию.

Все этапы — включая подбор компонентов, компоновку системы, монтаж, и пусконаладочные мероприятия — были выполнены последовательно и с учётом действующих технических регламентов. Проект оформлен грамотно и соответствует требованиям КазННТУ по структуре и содержанию.

4. Уровень грамотности и технической проработки:

Текст отчёта изложен грамотно, логично и технически корректно. Все схемы, чертежи и расчёты оформлены в соответствии с принятыми нормами. Особое внимание уделено технологическим аспектам изготовления, расчётам себестоимости и трудозатрат, что значительно обогатило работу и придало ей прикладной характер.

5. Возможность научного и практического применения:

Результаты работы имеют практическую ценность. Проект может быть успешно реализован при оснащении действующих объектов автоматизированным узлом учёта, а также адаптирован под различные условия эксплуатации.

Проработка технических и монтажных решений, а также соответствие действующим стандартам делают проект технологически зрелым.

6. Общее заключение:

Выпускная квалификационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к ВКР.

Студент продемонстрировал серьёзный подход, инженерную грамотность и готовность к профессиональной деятельности.

Работа заслуживает оценки "отлично" и рекомендуется к защите.

« 02 » 06 2025 г

Ангарбеков Улан

Подпись



АННОТАЦИЯ

Данный дипломный проект посвящен разработке автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого и технического учета электроэнергии и устройств телемеханики (АИИС КТУЭ И УТМ). Основной задачей является формирование работоспособного решения, способного обеспечить, точное измерение параметров сети, надёжную фиксацию данных и передачу информации в систему диспетчерского контроля на трансформаторных подстанциях 6/0.4 кВ и 10/0.4 кВ.

В процессе реализации проведены этапы монтажа электрических цепей, подключения оборудования, установки модулей измерения и обеспечения резервного питания. Конструкция учитывает требования промышленной надежности, устойчивости к климатическим факторам и соответствие действующим нормам ПУЭ.

Проект демонстрирует возможность интеграции АИИС КТУЭ И УТМ в существующую энергосистему с минимальными затратами и высокой степенью автоматизации. Полученное решение ориентировано на применение в распределительных сетях низкого и среднего напряжения, а также в объектах энергетической структуры

АНДАПТА

Бұл дипломдық жоба комерциялық және техникалық электр энергиясын есепке алу мен телемеханика құрылғыларына арналған автоматтандырлыған ақпараттық-өлшеу жүйесін (АИИС КТУЭ және УТМ). Жүйе 6/0.4 кВ және 10/0,4 кВ трансформаторлық қосалқы станцияларына орнатуға бағытталған және электр энергиясын дәл есепке алуды, деректерді қашықтан жинауды және диспетчерлік деңгейге беруді қамтамасыз етуге арналған.

Жоба аясында негізі жабдықтарды орнату, клеммалық қатарларды қосу, ВФМ-II модульдерін, сондай-ақ резервтік қуат және жылытқыш элементтерін баптау жүзіге асырылды. Жүйе өнеркәсіптік жағдайларда тұрақты жұмыс істеуді, ПУЭ мен қауіпсіздік стандарттарына сәйкестікті қамтамасыз етеді.

Ұсынылған шешім энергияны бықылау мүмкіндіктерін кеңейтеді, шығындарды азайтады және желіні тиімді басқаруға ықпал етеді. Жүйе энергетикалық инфрақұрылымда өнеркәсіптік кәсіпорындарда және автоматтандырылған жүйелерде қолдануға бейімделген.

ABSTRACT

This thesis presents design and implementation of an Automated Information and Measurement System for Commercial and Technical Electricity Metering (AIIS KTUE and UTM). The system intended for installation at transformer substations

operating at 6/0.4 kV and 10/0.4 kV and is aimed at improving the accuracy of energy metering, enabling remote data collection, and supporting supervisory control functions.

The project includes the integration of key hardware components, wiring of terminal blocks, installation of BFM-II modules, and configuration of backup power and temperature control elements. Emphasis is placed on ensuring industrial reliability, compliance with safety and energy standards, and stable performance under real-world operating conditions.

The purposed system contributes to enhanced monitoring capabilities reduction of energy losses, and more efficient network management. The solution is applicable to power distribution infrastructures, industrial facilities and automation

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Основная часть	9
1.2 Технические требования	9
1.3 Технологический процесс сборки	9
1.4 Сборочные единицы АИИС КТУЭ и УТМ	10
2 Технология изготовления ШМП 10Н	21
2.1 Раскрой металла	22
2.2 Гибка элементов	23
2.3 Сварка конструкции	24
2.4 Зачистка сварных швов	25
2.5 Покраска и полимеризация	26
2.6 Нанесение уплотнителя	28
3 Последовательность сборки I этап	30
3.1 Установка кабельных каналов и DIN-реек	30
3.2 Установка оборудования	31
3.3 Заземление	31
3.4 Подключение нагревательного элемента	32
3.5 Установка комплекта клемм	33
4 Последовательность сборки – II этап	35
4.1 Установка счетчика электрической энергии I-SM 302	35
4.2 Подключение счетчика электрической энергии I-SM 302	36
4.3 Установка оборудования	37
4.4 Подключение оборудования (автоматов, термостата с датчиком температуры, розеток, нагревательного элемента.)	37
4.5 Подключение концевого выключателя	38
4.6 Установка маркировочной ленты	39
5 Последовательность сборки – III этап	41
5.1 Установка модулей BFM- II	41
5.2 Подключение модулей BFM- II (PSM) и VIM к клеммам	42
5.3 Подключение модулей CIM 18 к клеммам	43
5.4 Подключение модулей BFM- II (MCM), DI9 и RLY9 к клеммам	44
5.5 Подключение модема	46
5.6 Наклейка информационной таблички и знаков	47
6 Пусконаладочные работы	50
6.1 Проверка подключения электрической схемы.	50
6.2 Проверка подключения модулей Satelc к клеммным рядам	53
6.3 Проверка подачи питания на клеммную колодку	53
6.4 Проверка системы обогрева.	56
6.5 Проверка источника бесперебойного питания.	58

7	Контроль качества сборки АИИС КТУЭ и УТМ	59
8	Упаковка АИИС КТУЭ и УТМ	59
9	Технологический расчет изготовления ШМП 10Н	60
	Заключение и практическая значимость проекта	
	Список использованной литературы	

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современных энергетических систем требуют высокой точности учета потребляемых ресурсов, эффективного диспетчерского контроля и сокращения технических и коммерческих потерь.

В условиях повышения требований к качеству электроснабжения и перехода к интеллектуальному управлению распределительными сетями, внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем становится необходимым этапом модернизации инфраструктуры.

Одним из таких решений является автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого и технического учёта электроэнергии и устройств телемеханики (АИИС КТУЭ и УТМ). Эти системы позволяют организовать сбор и передачу параметров электроэнергии, обеспечивают возможность интеграции с диспетчерскими пунктами, реализуют контроль за состоянием коммутационного оборудования и событийной телеметрией.

Целью дипломного проекта является разработка технологии сборки автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого и технического учета электроэнергии и устройств телемеханики, предназначенной для установки на трансформаторных подстанциях 6/0.4кВ и 10/0.4 кВ соответственно.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить состав оборудования и технические требования к компонентам;
 - обосновать выбор измерительных, передающих и защитных устройств;
 - разработать поэтапную последовательность сборки;
 - описать методики подключения и проверки;
 - обеспечить соответствие конструкции требованиям безопасности и надёжности.
- Объектом исследования является автоматизированная система АИИС КТУЭ и УТМ.

Предметом исследования выступают процессы сборки, коммутации и проверки работоспособности устройств в составе системы.

В проекте учтены требования нормативных документов, такие как Правила устройства электроустановок (ПУЭ), ГОСТ 34.201-89, а также технические условия на применяемые средства измерения и контроля. Полученное решение направленно на повышение надёжности, автоматизацию процессов сбора данных и обеспечение стабильного энергообеспечения на объектах распределительных цепей.

1 Основная часть

В данном разделе представлены ключевые компоненты автоматизированной информационно-измерительной системы, требования к ее сборке, логика построения, а также этапы последовательного монтажа и настройки.

Структура раздела ориентирована на отражение практической реализации проекта и охватывает как технические, так и организационные аспекты, связанные с внедрением АИИС КТУЭ и УТМ.

1.2 Технические требования

При проектировании АИИС КТУЭ и УТМ необходимо учитывать следующие нормативные и технические документы:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- ГОСТ 34.201-89 «Типовые структуры автоматизированных систем управления»;
- Технические условия на оборудование учёта и телемеханики;
- Паспорт на систему АИИС КТУЭ и УТМ;
- Паспорт счётчика электроэнергии I-SM 3XX.

Система должна обеспечивать:

- точность измерения электрической энергии в пределах класса 0.5S и выше;
- устойчивую работу при температуре от -40°C до +55°C;
- защиту от пыли и влаги в корпусе шкафа не ниже степени IP54;
- устойчивость к электромагнитным помехам и перегрузкам;

Учитываются также требования к резервированию электропитания, поддержанию температурного режима и совместимости всех устройств между собой в составе шкафной конструкции.

1.3 Технологический процесс сборки

Технологический процесс сборки АИИС КТУЭ и УТМ осуществляется в условиях производственного участка или монтажной зоны, обеспечивающей необходимые требования к электробезопасности, чистоте и точности установки оборудования.

Сборка включает в себя последовательную установку и подключение элементов системы внутри шкафа: от размещения кабельных каналов и установки клеммных рядов — до подключения приборов учёта, телемеханики, нагревательных и защитных элементов.

Все операции выполняются в соответствии с электрическими схемами, маршрутными картами и технической документацией на оборудование. При необходимости сборка может предусматривать индивидуальные адаптации под конкретные условия эксплуатации объекта (ТП 6/0,4 кВ или 10/0,4 кВ).

Основные этапы сборки включают:

- предварительную комплектацию и установку элементов;
- механическую и электрическую сборку устройства;
- маркировку и межсоединение компонентов;
- контроль и проверку работоспособности системы.

Детализированная поэтапная последовательность сборки представлена в следующем разделе дипломного проекта.

1.4 Сборочные единицы АИИС КТУЭ и УТМ

Для построения АИИС КТУЭ и УТМ используется набор сертифицированных компонентов, обеспечивающих измерение, передачу, защиту и надёжную работу системы. Подбор оборудования выполнен с учётом требований ПУЭ, ГОСТ и условий эксплуатации на ТП 6/0,4 кВ и 10/0,4 кВ.

Основными критериями выбора стали точность, устойчивость к внешним воздействиям, совместимость и простота интеграции. При необходимости рассматривались альтернативы, и в проект включены наиболее оптимальные по функциональности и надёжности устройства.

Счётчик электроэнергии I-SM 3XX

При выборе устройства учёта одним из главных критериев была возможность точного измерения как активной, так и реактивной энергии с учётом многотарифного режима. Счётчики серии I-SM 3XX оказались наиболее подходящим решением. Они хорошо зарекомендовали себя в промышленных условиях, поддерживают стандартный класс точности 0.5S и оснащаются встроенными интерфейсами для связи с УСПД.

В отличие от более дешёвых аналогов, таких как «Меркурий» или «Энергомера», эти приборы устойчивы к внешним помехам и надёжно работают в системах с повышенной нагрузкой. Немаловажно и то, что они легко интегрируются в модульную структуру шкафа без дополнительной адаптации.



Рисунок 1-Счетчик I-SM 3XX

УСПД (устройство сбора и передачи данных)

Сердцем любого автоматизированного комплекса учёта становится УСПД — именно оно отвечает за доставку всех собранных данных на уровень диспетчеризации. При анализе вариантов предпочтение было отдано устройству, которое поддерживает широкий спектр протоколов связи и обеспечивает стабильную работу даже в условиях нестабильного сигнала.

На рынке представлены десятки моделей, однако многие из них либо не имели резервной памяти, либо ограничивались только одним каналом связи. В выбранном УСПД реализована поддержка Modbus, IEC 62056, DLMS, а также возможность подключения по GSM и Ethernet одновременно, что делает его гибким решением для эксплуатации в различных точках энергосети.

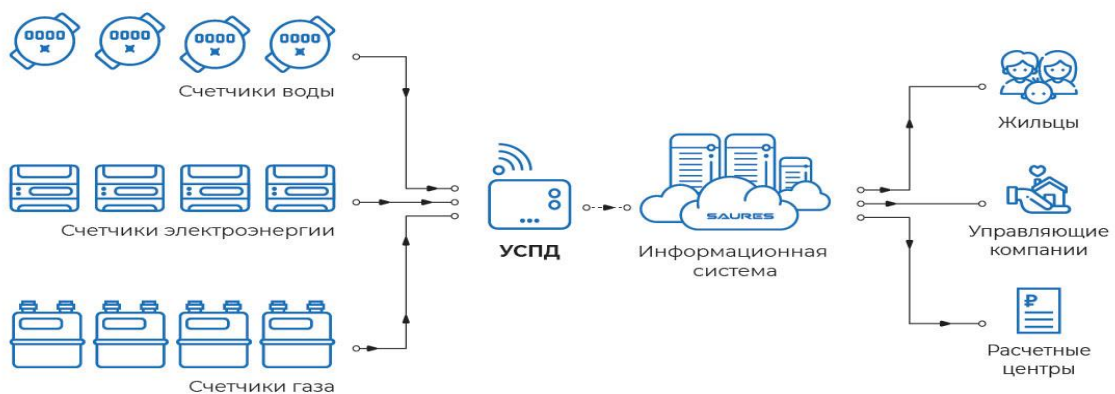


Рисунок 2- Схема работы УСПД

Многофазный измеритель BFM-II

Для систем, где необходимо одновременно контролировать множество линий, важно использовать модульное и масштабируемое оборудование. BFM-II стал логичным выбором в этом проекте. Он позволяет подключать от 18 до 54 каналов, при этом занимает минимум пространства внутри шкафа.

Одним из решающих факторов была его адаптивность — можно использовать только базовый модуль, а при необходимости добавить модули входов/выходов, расширения или интерфейсов. У конкурентов, таких как Schneider PM5350 или Lovato, аналогичная функциональность потребовала

бы нескольких отдельных устройств, что увеличивает сложность монтажа и конечную стоимость.

Дополнительным преимуществом BFM-II является поддержка протоколов Modbus RTU и TCP, что упрощает интеграцию в существующие АИИС и SCADA-системы. Модуль обеспечивает высокую точность измерений по классу 0.5s, что особенно важно для коммерческого учёта энергоресурсов. Его компактный форм-фактор и удобное крепление на DIN-рейку способствуют быстрому монтажу и обслуживанию. Благодаря встроенной системе самодиагностики и регистрации событий упрощается выявление неисправностей и анализ качества электроэнергии

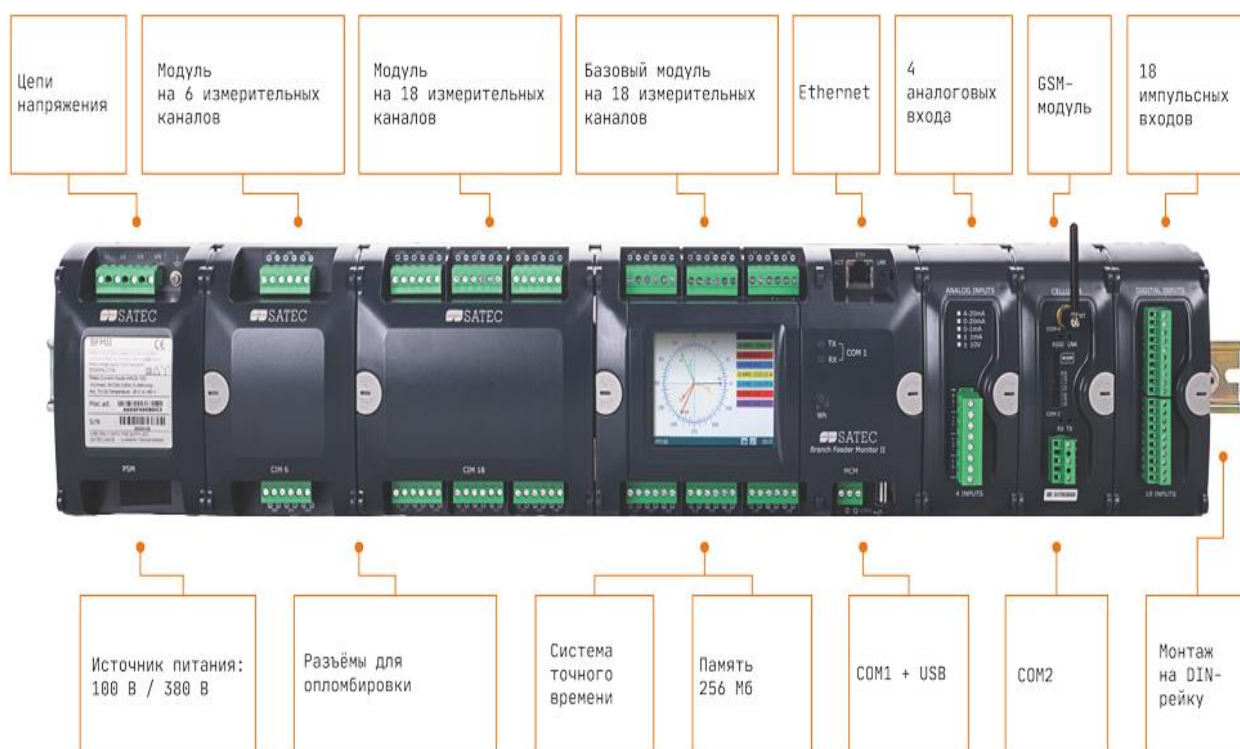


Рисунок 3-Многоканальный счетчик BFM-II

Испытательная коробка КИ-10

Хотя это элемент, о котором часто забывают при проектировании, испытательная коробка имеет ключевое значение в обеспечении безопасности и контроля. КИ-10 применяется для шунтирования вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения во время замены или поверки счётчиков.

Её главное преимущество — возможность быстрого подключения без отсоединения кабелей, что критично при работе на действующих объектах.

Коробка полностью соответствует требованиям ПУЭ и обладает удобной конструкцией, в отличие от морально устаревших моделей типа КИ-9, в которых не предусмотрено разделение по фазам и нет защиты от случайного короткого замыкания.



Рисунок 4-Испытательная коробка КИ-10

Источник бесперебойного питания CyberPower BU600E

Оборудование АИИС должно сохранять работоспособность даже при кратковременных перебоях электроснабжения. Особенно важно это для УСПД и телеметрии — потеря связи с диспетчерским пунктом в аварийной ситуации недопустима.

Для этих целей в составе системы применяется источник бесперебойного питания CyberPower BU600E. Он обеспечивает питание оборудования в течение 10–20 минут, чего достаточно для штатного завершения процессов и передачи финальных данных.

В отличие от более мощных моделей, BU600E компактен, прост в установке и не требует отдельного шкафного места. Его ценовое и функциональное соотношение делает его оптимальным решением для маломощных распределительных систем. Промышленные ИБП, например APC или LogicPower, могли бы подойти, но они избыточны по мощности и габаритам для данного применения.



Рисунок 5-ИБП CyberPower BU600E

Клеммный ряд на 4 контакта, 2.5 мм², Klemmsan

Коммутация внутри шкафа АИИС требует упорядоченного и надёжного подключения сигнальных и силовых цепей. Здесь используются клеммные ряды на 4 контакта от компании Klemmsan, рассчитанные на сечение до 2.5 мм². Этот формат выбран благодаря компактности, удобству маркировки и простоте обслуживания. Важно, что клеммы устойчивы к вибрациям и многократным коммутациям, что особенно критично на действующих ТП. Klemmsan — надёжный производитель, сравнимый по качеству с WAGO или Phoenix Contact, но выигрывает в цене при аналогичном функционале, что делает его предпочтительным для типового проекта.

При необходимости возможно применение перемычек для объединения нескольких клемм, что удобно при организации цепей с общим потенциалом (например, "ноль" или "земля").

материал корпуса клемм устойчив к перепадам температуры, ультрафиолету и воздействию агрессивной промышленной среды, что делает его пригодным для эксплуатации в сложных условиях ТП и РП. Наличие цветовой кодировки и маркировочных площадок дополнительно упрощает визуальный контроль и снижает вероятность ошибок при обслуживании.

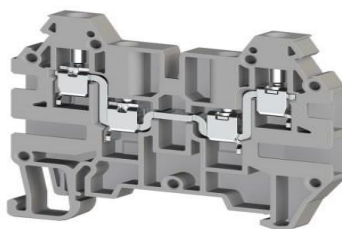


Рисунок 6-Клемма на 4 контакта, 2.5 мм², Klemmsan

Термостат КТО 011

Внутри шкафа размещается электронное оборудование, чувствительное к перепадам температуры и влажности. Для автоматического управления обогревом применён механический термостат КТО 011. Он прост в подключении, не требует настройки и обеспечивает включение нагревателя при понижении температуры ниже заданного уровня (обычно $+5^{\circ}\text{C}$). Это особенно важно при эксплуатации в неотапливаемых ТП в зимнее время. По сравнению с электронными аналогами, механический термостат КТО 011 надёжнее в долгосрочной эксплуатации и не зависит от внешнего питания, а это — плюс для систем с резервированием.



Рисунок 7- Термостат КТО 011

Нагревательный элемент HG140

В тандеме с термостатом работает нагревательный элемент HG140, предназначенный для поддержания положительной температуры внутри шкафа. Он защищает УСПД, счётчики и модули от конденсата и температурного воздействия.

Модель HG140 выбрана как оптимальная по мощности (140 Вт) — она не перегревает, но и не даёт внутреннему пространству охлаждаться до критических температур.

Более мощные нагреватели нецелесообразны, так как приведут к увеличенному энергопотреблению и рискам перегрева в ограниченном объёме шкафа. В условиях умеренного климата, где эксплуатируется система, HG140 полностью закрывает задачу обогрева без излишков.

HG140 имеет компактный алюминиевый корпус с ребристой поверхностью, способствующей равномерному распределению тепла. Установка осуществляется на DIN-рейку, что упрощает монтаж и демонтаж при необходимости технического обслуживания. Благодаря встроенной системе защиты от перегрева, элемент надёжно работает в автоматическом режиме без постоянного контроля со стороны персонала. В сочетании с термостатом он активируется только при понижении температуры ниже заданного порога, что дополнительно снижает энергозатраты.



Рисунок 8- Нагревательный элемент HG140

Двухполюсный автоматический выключатель 10А

В любом электротехническом проекте особое внимание уделяется защите питающих цепей. В этой системе за безопасное подключение оборудования отвечает двухполюсный автоматический выключатель на 10 ампер. Он установлен на входе и обеспечивает отключение сразу по двум проводникам — фазе и нулю — что особенно важно при использовании однофазной сети с неустойчивым качеством питания.

Значение в 10 А выбрано неслучайно: этого достаточно для питания всех компонентов — счётчиков, УСПД, модулей телемеханики и обогрева — с запасом, но без риска перегрузки цепи.

Аналогичные автоматы на 6 А не выдерживают кратковременных пусковых токов, а 16-амперные создают нежелательный допуск, снижая общую защиту. Таким образом, 10 А — это компромисс между стабильностью и безопасностью.

Дополнительно, двухполюсное исполнение упрощает обслуживание — при отключении питание полностью снимается с цепей, не оставляя «живых» участков внутри шкафа. Это особенно ценно при эксплуатации на подстанциях, где важно минимизировать риски и ускорить ремонт.

В случае модернизации или расширения шкафа наличие отдельного вводного автомата позволяет быстро и безопасно отключить питание для доработок, не затрагивая внешние линии. Также автомат может быть легко интегрирован в систему сигнализации — при его срабатывании возможна передача сигнала тревоги на диспетчерский пункт.



Рисунок 9- двухполюсный автоматический выключатель 10А

GSM-модем Teltonika TRB140

Для бесперебойной передачи данных в системах учёта и диспетчеризации важно иметь надёжный канал связи с удалённым сервером. В этом проекте используется GSM-модем Teltonika TRB140, обеспечивающий подключение к мобильной сети 4G с fallback на 3G/2G при необходимости.

Выбор в пользу TRB140 обусловлен его стабильной работой в условиях промышленной эксплуатации. Модем легко интегрируется с УСПД, поддерживает VPN, защищённые соединения, а также имеет компактный корпус с монтажом на DIN-рейку.

В отличие от модемов общего назначения, TRB140 рассчитан на долгосрочную работу в шкафах автоматики, где важны температурная устойчивость и защита от сбоев. Это делает его оптимальным решением для распределённых энергообъектов, где нет возможности провести выделенный интернет-канал.

Кроме того, TRB140 поддерживает удалённое управление и мониторинг через платформу **Teltonika RMS**, что позволяет оперативно диагностировать и устранять возможные неполадки без необходимости физического доступа к объекту. Наличие одного Ethernet-порта делает модем идеальным для подключения к УСПД или другим сетевым устройствам без избыточной коммутации. Также стоит отметить низкое энергопотребление устройства, что особенно важно при использовании в составе систем с резервным питанием — например, при подключении через ИБП.

TRB140 оснащён надёжной системой защиты от перенапряжений и импульсных помех, что критично при размещении на объектах с нестабильным электропитанием. Благодаря поддержке различных режимов перезапуска и автообновления прошивки, модем способен длительное время функционировать без вмешательства оператора, обеспечивая высокую отказоустойчивость всей системы.



Рис 11-Концевой выключатель ME-8108

Шкаф стальной IP54 ШМП 10Н

Для размещения оборудования системы учёта используется металлический шкаф ШМП 10Н, обладающий степенью защиты IP54. Он надёжно защищает компоненты от пыли, влаги и механических повреждений, что позволяет устанавливать его как в помещении, так и снаружи — при наличии навеса.

Габариты 800×800×250 мм подобраны таким образом, чтобы без труда разместить все элементы АИИС: счётчики, модули ВФМ, УСПД, ИБП, клеммники и коммутационные шины. Конструкция шкафа сварная, с порошковым покрытием, устойчивым к коррозии. Дверцы оборудованы двумя замками, исключающим несанкционированный доступ. В сравнении с пластиковыми аналогами, а также с изделиями с меньшей степенью герметичности, ШМП 10Н обеспечивает более высокий уровень защиты, что делает его предпочтительным выбором для использования в системах коммерческого и технического учёта на трансформаторных подстанциях.

Шкаф ШМП 10Н предназначен для размещения всей аппаратной части системы — от счётчиков и модулей до источников питания и коммутационной обвязки. Его конструкция обеспечивает защиту от пыли, влаги и механических воздействий, что особенно важно при эксплуатации в промышленных или наружных условиях.

Корпус выполнен из стали с антикоррозийным покрытием и порошковой окраской, устойчивой к ультрафиолету и перепадам температур.

Конструкция шкафа предусматривает удобный доступ ко всем компонентам, вентиляционные элементы и возможность ввода кабелей как сверху, так и снизу через гермовводы.



Рисунок 12- Шкаф стальной IP54 ШМП 10Н

Розетка DIN-220

Внутри шкафа предусмотрены две розетки формата DIN-220, устанавливаемые на DIN-рейку. Их задача — питание технологических устройств: модема, ИБП или временного подключения внешнего инструмента (например, тестера или ноутбука при обслуживании). DIN-формат позволяет легко вписать розетки в общую компоновку шкафа без дополнительных корпусных вырезов. Кроме того, модульность упрощает замену или добавление при необходимости.

Выбор именно таких розеток связан с безопасностью, компактностью и удобством монтажа. Они соответствуют стандартам по изоляции и выдерживают ток до 16 А, чего достаточно для любых потребностей в составе АИИС.



Рисунок 13- Розетка DIN-220

Автоматический выключатель 4 полюсный

На вводе в шкаф установлен четырёхполюсный автоматический выключатель, обеспечивающий одновременное отключение всех трёх фаз и нулевого проводника при возникновении перегрузки или короткого замыкания. Такое исполнение повышает общую надёжность системы и исключает

вероятность появления опасного потенциала на "нейтрали", особенно при аварийных ситуациях.

Применение четырёхполюсной защиты особенно актуально в распределительных сетях с асимметричной нагрузкой или нестабильными источниками питания. Вместо установки отдельного защитного устройства на каждый полюс, здесь реализовано единое решение, способное обеспечить полное обесточивание оборудования за один коммутационный цикл.

В отличие от трёхполюсных автоматов, которые разрывают только фазные цепи, данная модель даёт дополнительный уровень безопасности при техническом обслуживании и эксплуатации в условиях внешних воздействий. Такое решение принято как наиболее рациональное при построении компактных и надёжных шкафных систем учёта.



Рисунок 14- Автоматический выключатель 4 полюсной

2 Технология изготовления шкафа ШМП 10Н

Прежде чем АИИС КТУЭ и УТМ будет смонтирован и заработает в составе энергосистемы, необходимо создать для неё физическую основу — прочный, герметичный и надёжный корпус. В моем случае — это металлический шкаф ШМП 10Н со степенью защиты IP54.

Также его возможно модернизировать: можно установить дополнительную секцию, боковой отсек для аккумуляторов или предусмотреть переходной вводной отсек.

ШМП 10Н может изготавливаться в правостороннем или левостороннем исполнении дверцы, с прозрачным окошком или без, что важно для визуального контроля оборудования без необходимости вскрытия.

На внутренней стороне двери возможно закрепление ламинированной монтажной схемы, набора инструментов, или даже установки маломощного освещения на магнитной основе — всё это повышает удобство техобслуживания на месте.

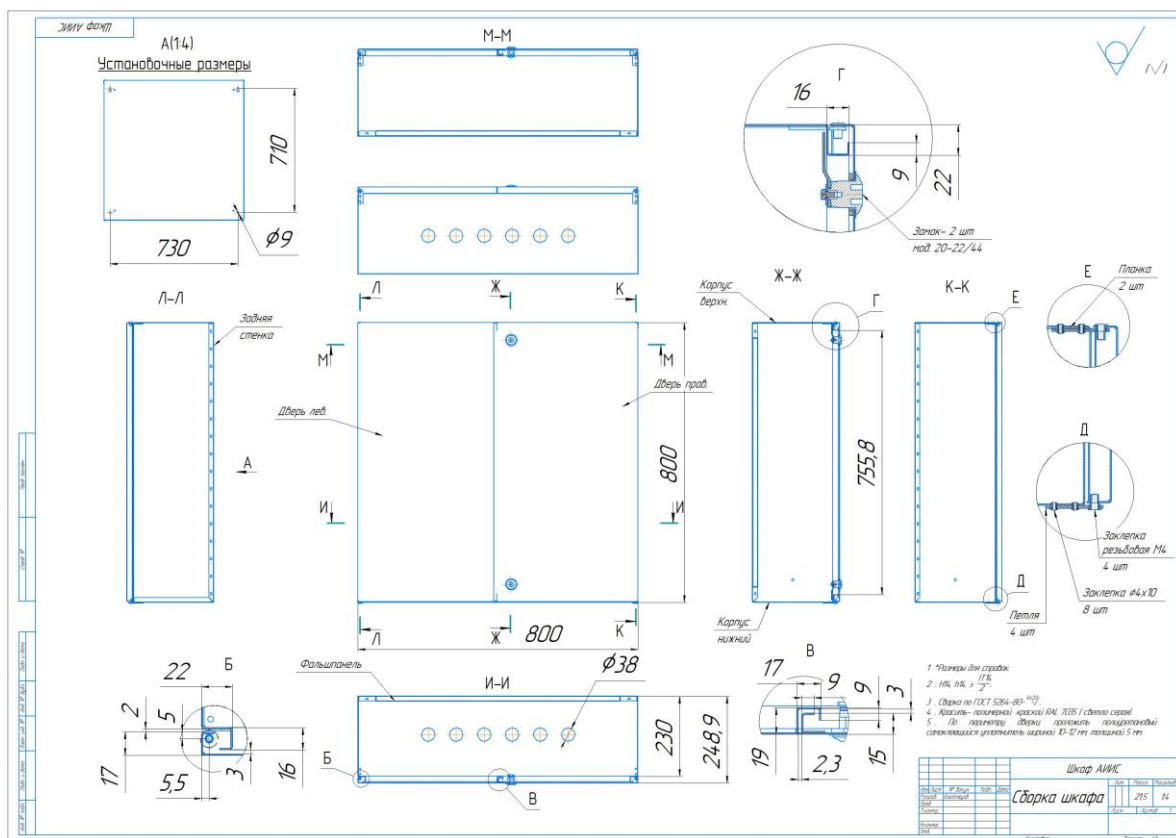


Рисунок 15-Чертеж Шкафа ШМП 10Н

2.1 Раскрой металла

Для изготовления всех элементов шкафа используется холоднокатаная сталь толщиной 1–2 мм. Листы поступают на участок лазерной резки, где осуществляется формирование заготовок — стенок, задней панели, двери, монтажной панели, а также вырезов под замки, вентиляцию и ввод кабелей.

- Применяется лазерный станок ЧПУ модели **CLD1325**;
- Точность резки: до 0,1 мм;
- Учитываются зазоры для последующей гибки и сварки.
- Управление станком а также процессом резки выполняется через программу **СурOne**.

После загрузки чертежей в систему станка оператор задаёт параметры резки, включая мощность лазера, скорость перемещения и порядок резов. Это позволяет оптимизировать расход материала и избежать перегрева зон реза.

Заготовки формируются с высокой степенью повторяемости, что критично для дальнейшей сборки корпуса.

Раскрой завершается проверкой размеров каждой детали по контрольным шаблонам, после чего заготовки направляются на этап гибки.

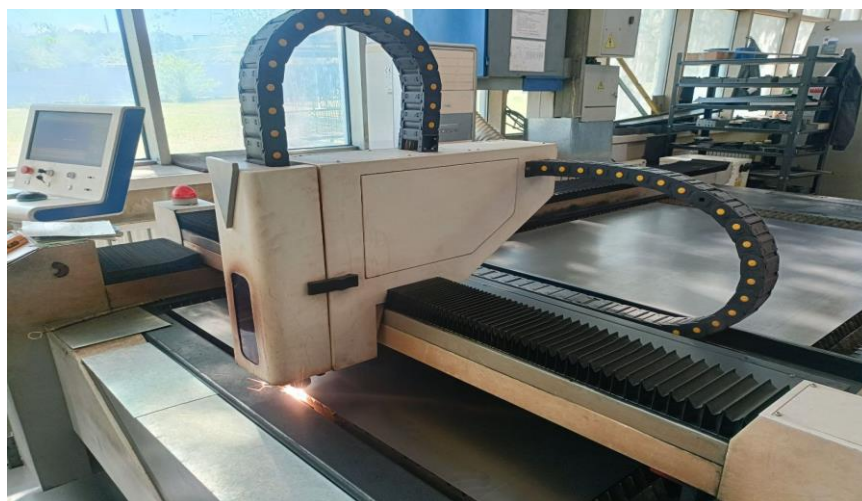


Рисунок 16-Лазерный станок CLD1325 в процессе резки

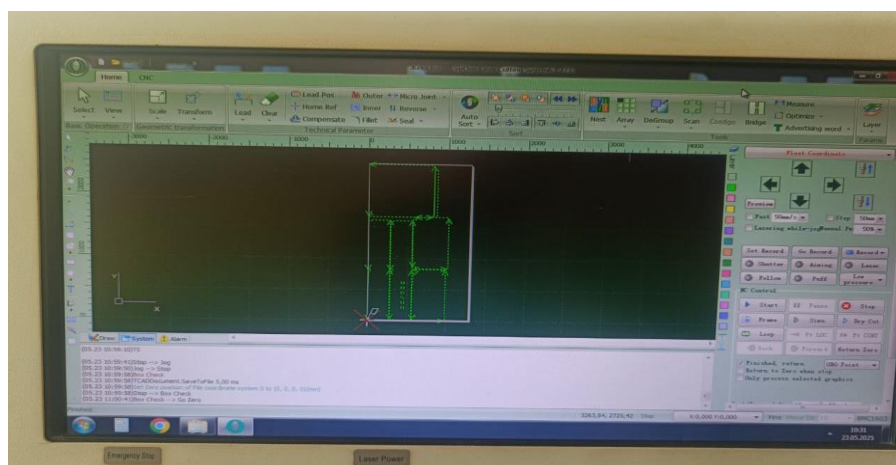


Рисунок 17- Программа для раскроя листа SurfOne

2.2 Гибка элементов

После раскроя заготовки передаются на гидравлический листогибочный пресс. Здесь им придается окончательная форма: формируются ребра жёсткости, изгибы для крепления и проёмы для фурнитуры.

Для производства данных манипуляций используется станок модели 100Т/3200.

Важно учитывать угол гибки в зависимости от толщины материала иначе возрастает риск возникновения трещин в месте сгиба.



Рисунок 18- листогибочный пресс 100Т/3200



Рисунок 19- заготовка получаемая в процессе гибки прессом

2.3 Сварка конструкции

На сварочном посту производится соединение всех деталей в единый корпус.

Сначала собирается короб из четырёх стенок. Затем привариваются петли и крепежи дверей, кронштейны, упоры.

Используется полуавтоматическая сварка на аргоновой основе. После сварки изделие отправляется на охлаждение.



Рисунок 20- корпус после завершения сварки

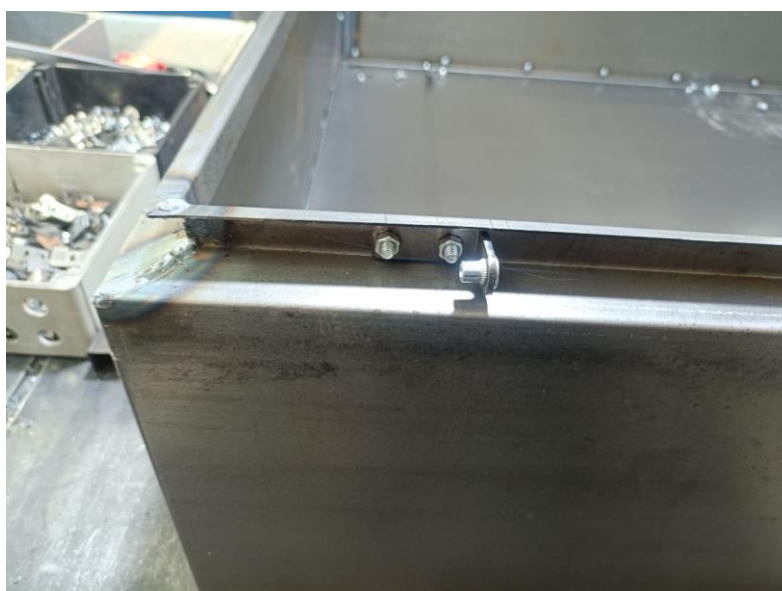


Рисунок 21-крепёж петель для установки дверей

2.4 Зачистка сварных швов

После сварки корпус поступает на участок зачистки. Все сварные швы обрабатываются шлифовальными машинами, убираются брызги, острые кромки и заусенцы. Поверхности подготавливаются к покраске.

Зачистка выполняется с особой тщательностью, чтобы обеспечить адгезию порошковой краски и предотвратить коррозию в местах сварки. Контроль качества проводится визуально и при помощи шаблонов — недопустимо наличие раковин, непроваров или остатков окалины.



Рисунок 22-Корпус после зачистки

2.5 Покраска и полимеризация

Корпус очищается, обезжиривается и окрашивается порошковой краской:

- Этап 1: обезжиривание;
- Этап 2: нанесение электростатического порошкового покрытия;
- Этап 3: термообработка в печи при температуре $\sim 180\text{--}200^{\circ}\text{C}$ в течение 20–30 минут.

Результатом является прочное и равномерное покрытие, устойчивое к коррозии, воздействию влаги и УФ-лучей.

После полимеризации изделие проходит визуальный контроль качества покрытия на предмет равномерности, отсутствия подтёков, сколов и пропусков.

При необходимости выполняется локальная доработка. Благодаря технологии порошковой окраски обеспечивается не только высокая адгезия краски к металлу, но и экологичность процесса — в отличие от жидких красок, порошковое покрытие не содержит растворителей и не выделяет вредных паров. Также возможно варьирование цвета и текстуры поверхности в зависимости от требований заказчика или условий эксплуатации.

Порошковая краска наносится в автоматической камере с использованием распылительных пистолетов, что гарантирует равномерное покрытие даже в труднодоступных местах. Готовое изделие после охлаждения маркируется и передаётся на следующий этап сборки, исключая прямой контакт с поверхностями до полного отверждения слоя.



Рисунок 23- ШМП 10Н после окрашивания



Рисунок 24-ШМП 10Н в процессе полимеризации

2.6 Нанесение уплотнителя

После завершения сварочно-малярных операций корпус шкафа ШМП 10Н переходит на участок герметизации. Здесь осуществляется установка уплотнителя — важного элемента, обеспечивающего пыле и влагозащиту конструкции.

Для этой цели используется **автоматическая установка SJ-306**, предназначенная для нанесения вспененного полиуретанового герметика (foam gasket) по заданному контуру. Управление осуществляется через встроенный компьютер с ЧПУ, куда предварительно загружается форма и размеры дверцы. . Благодаря автоматизации процесса исключаются человеческие ошибки и обеспечивается стабильное качество на всём объёме производства. После нанесения герметик проходит фазу отверждения, формируя эластичный, но прочный контур, который сохраняет свои свойства при перепадах температур и воздействии окружающей среды.

Герметик полимеризуется и образует мягкую эластичную прокладку, способную сжиматься при закрывании двери и надёжно защищать внутреннее оборудование от влаги и пыли, соответствуя классу защиты IP54 и выше.

Контур уплотнителя формируется строго по периметру дверного проёма, включая углы и зоны примыкания, что исключает возможные мостики утечки. Используемый вспененный полиуретан устойчив к старению, ультрафиолету и химическим воздействиям, что делает его надёжным решением даже для эксплуатации в агрессивной промышленной среде. При необходимости уплотнитель легко заменяется без демонтажа всей дверцы, упрощая регламентное обслуживание шкафа.



Рисунок 25-SJ-306

3 Последовательность сборки I этап

Первоначальный этап включает подготовку шкафа к установке оборудования,

Основная задача-сформировать надежное монтажное основание, обеспечить логичную компоновку кабельных каналов и направляющих элементов, а также разместить базовые устройства необходимые для последующих этапов сборки.

На данном этапе крепятся DIN-рейки кабельные каналы, клеммные ряды, коробка испытательная, источник бесперебойного питания, термостат, нагревательный элемент и элементы контроля доступа. Все компоненты монтируются с учетом требований эргономики, электробезопасности и удобства обслуживания. Готовые конструкции служат основой для прокладки проводки, подключения измерительных цепей и интеграции модулей, обеспечивая системную организацию внутреннего пространства шкафа.

3.1 Установка кабельных каналов и DIN-реек

На первом этапе сборки устанавливаются кабельные каналы размером 40×60 мм и монтажные DIN-рейки 35×7,5 мм. Они предназначены для прокладки проводов и последующего крепления оборудования внутри шкафа ШМП 10Н.

DIN-рейки фиксируются на боковых стенках шкафа при помощи болтов М4×10 или саморезов 4,2×13, в соответствии с чертежом фальшпанели. Кабельные каналы закрепляются горизонтально на монтажной плоскости шкафа, обеспечивая упорядоченную трассировку кабелей.

Выбор пластиковых каналов и стандартных DIN-реек обусловлен их универсальностью, простотой монтажа и соответствием требованиям модульной компоновки. Такой подход облегчает дальнейшую установку оборудования и обслуживание системы

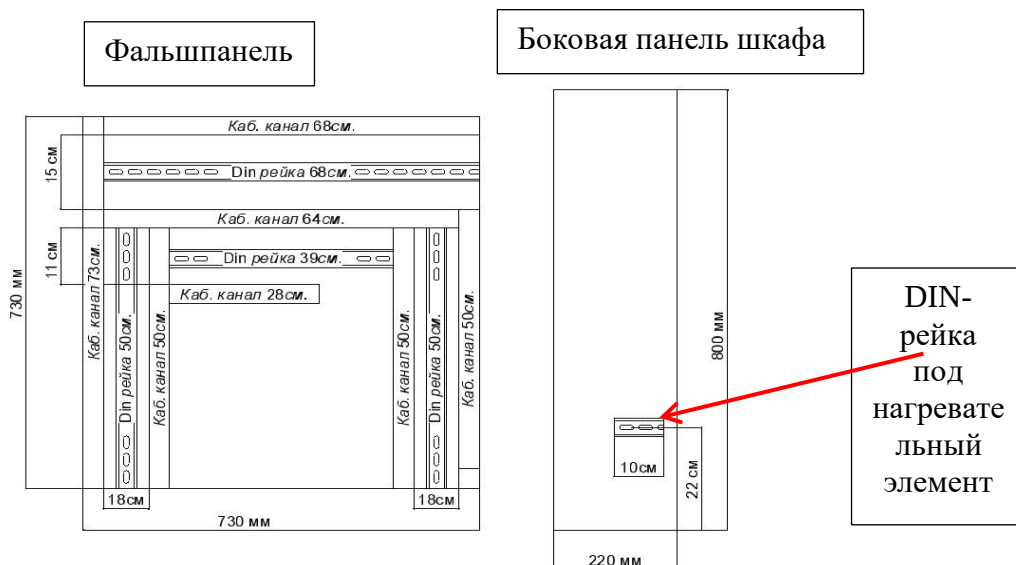


Рисунок.26-Схема установки кабельных каналов и DIN-реек

3.2 Установка оборудования

После монтажа кабельных каналов и направляющих производится установка базовых компонентов системы. Внутри шкафа размещаются:

- коробка испытательная КИ-10,
- источник бесперебойного питания CyberPower BU600E,
- нагревательный элемент HG140,
- концевой выключатель ME-8108.

Компоненты закрепляются на DIN-рейках и монтажной панели шкафа в соответствии с проектной схемой. Их расположение выбирается с учётом удобства подключения, обеспечения теплового режима и свободного доступа для технического обслуживания.

Указанные элементы обеспечивают функционирование системы при перебоях питания, защиту от перегрева и передачу сигналов о доступе в шкаф, формируя основу для последующего подключения измерительных модулей.

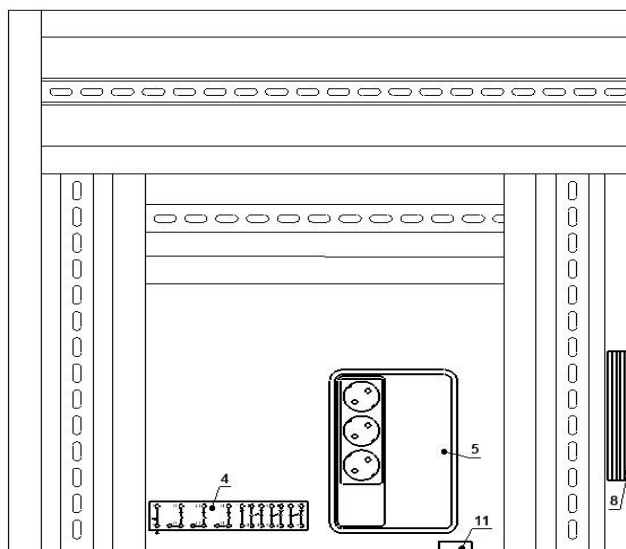


Рисунок 27-Схема установки энергетических компонентов

3.3 Заземление

Заземление шкафа выполняется для обеспечения электробезопасности и защиты установленного оборудования от перенапряжений и утечки тока. Внутри корпуса крепиться заземляющая шина, к которой подводится провод защитного заземления от контура ТП.

Все металлические части, включая DIN-рейки, корпус шкафа и электрические устройства с соответствующими клеммами, соединяются с заземляющей шиной. Для подключения используется провод сечением не менее 4 мм² в изоляции жёлто-зелёного цвета, в соответствии с ПУЭ.

Правильно выполненное заземление снижает риск поражения током, обеспечивает отвод аварийных токов и соответствует требованиям надёжности при эксплуатации АИИС.

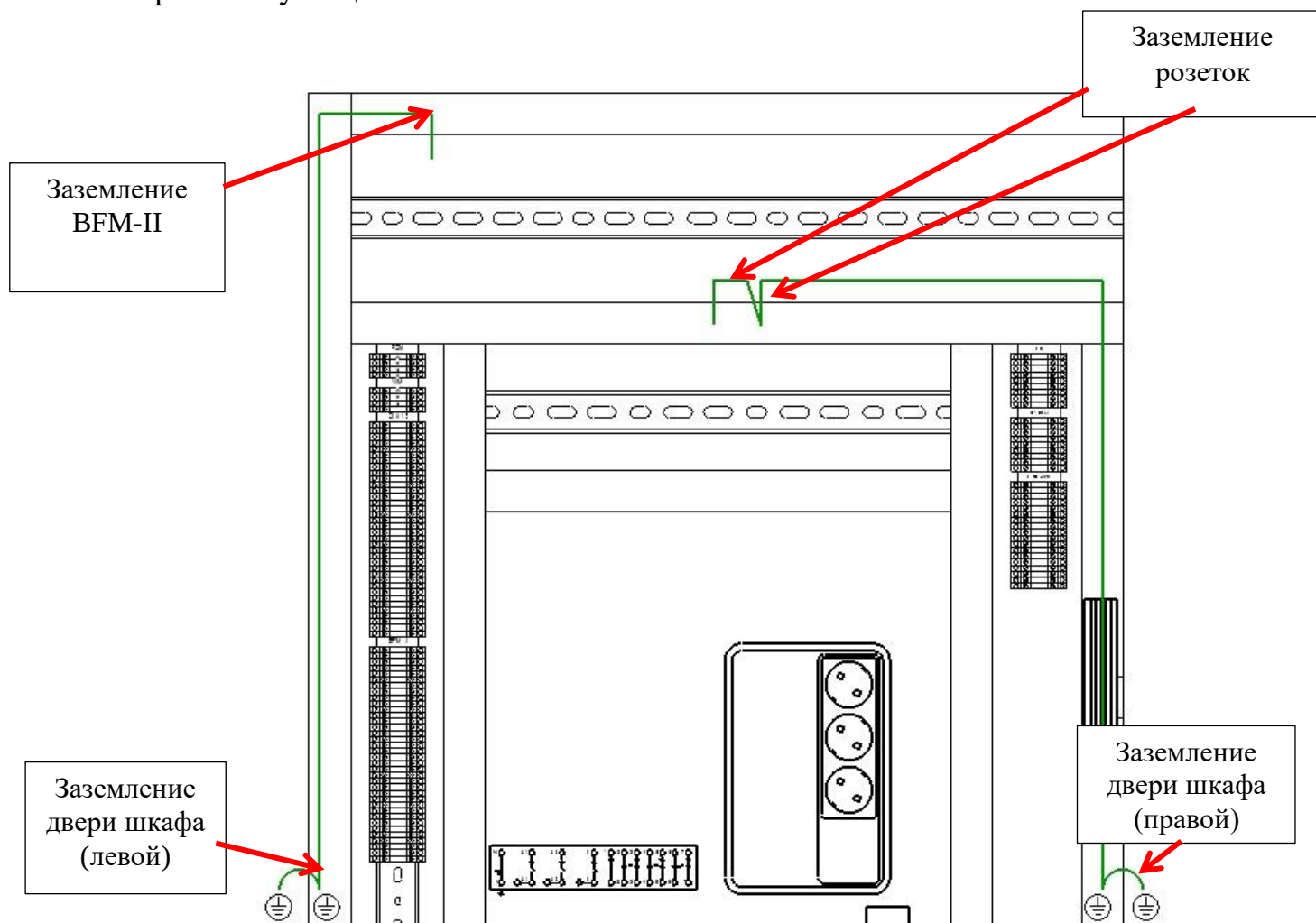


Рисунок 28-схема установки заземления

3.4 Подключение нагревательного элемента

Для поддержания допустимого температурного режима внутри шкафа в холодный период устанавливается нагревательный элемент **НГ140**. Его основная задача — предотвращение конденсации и переохлаждения электронных компонентов.

Элемент крепится на монтажную панель шкафа в нижней зоне. Подключение выполняется двумя проводами к клеммам **L** и **N**, согласно электрической схеме. В цепь обязательно включается термостат **КТО 011**, который замыкает контакты при понижении температуры ниже уставки, обеспечивая автоматическое включение обогрева.

Для соединения используются медные провода сечением 1,5 мм² в термостойкой изоляции, укладываемые в кабельный канал. Подключение

выполняется через клеммный ряд, как указано в проектной схеме. На чертеже приведён порядок установки и привязка номеров клемм к линиям.

Такое решение обеспечивает стабильную работу АИИС при эксплуатации на неотапливаемых ТП, соответствуя требованиям надёжности и безопасности.

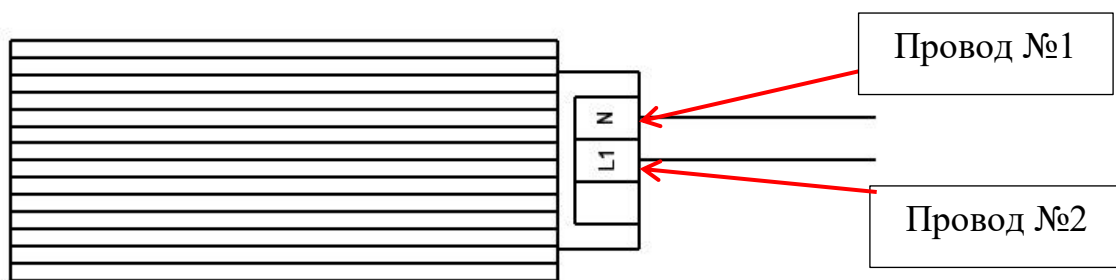


Рисунок 29-Схема подключения проводов

3.5 Установка комплекта клемм

Клеммные ряды предназначены для организации упорядоченного подключения измерительных и силовых цепей внутри шкафа. Они обеспечивают быстрый и надёжный монтаж, а также удобство технического обслуживания.

Установка производится в соответствии с чертежом на монтажной панели шкафа, по заранее определённой разметке. Клеммы типа **4-х контактные, номиналом 2,5 мм²**, монтируются на DIN-рейку и маркируются в соответствии с электрической схемой.

Расположение и последовательность установки клемм соответствуют назначению: силовые цепи размещаются отдельно от сигнальных, что снижает уровень наводок и упрощает диагностику.

После установки проверяется плотность посадки клемм и соответствие их маркировки проектной документации. Готовый ряд служит базой для последующего подключения всех внешних и внутренних линий.

Для повышения надёжности соединений дополнительно используются торцевые заглушки и прижимные элементы, предотвращающие смещение клемм при вибрации. Также предусматривается резерв свободных клемм для возможности подключения дополнительных цепей в будущем без необходимости полной переделки рядов.

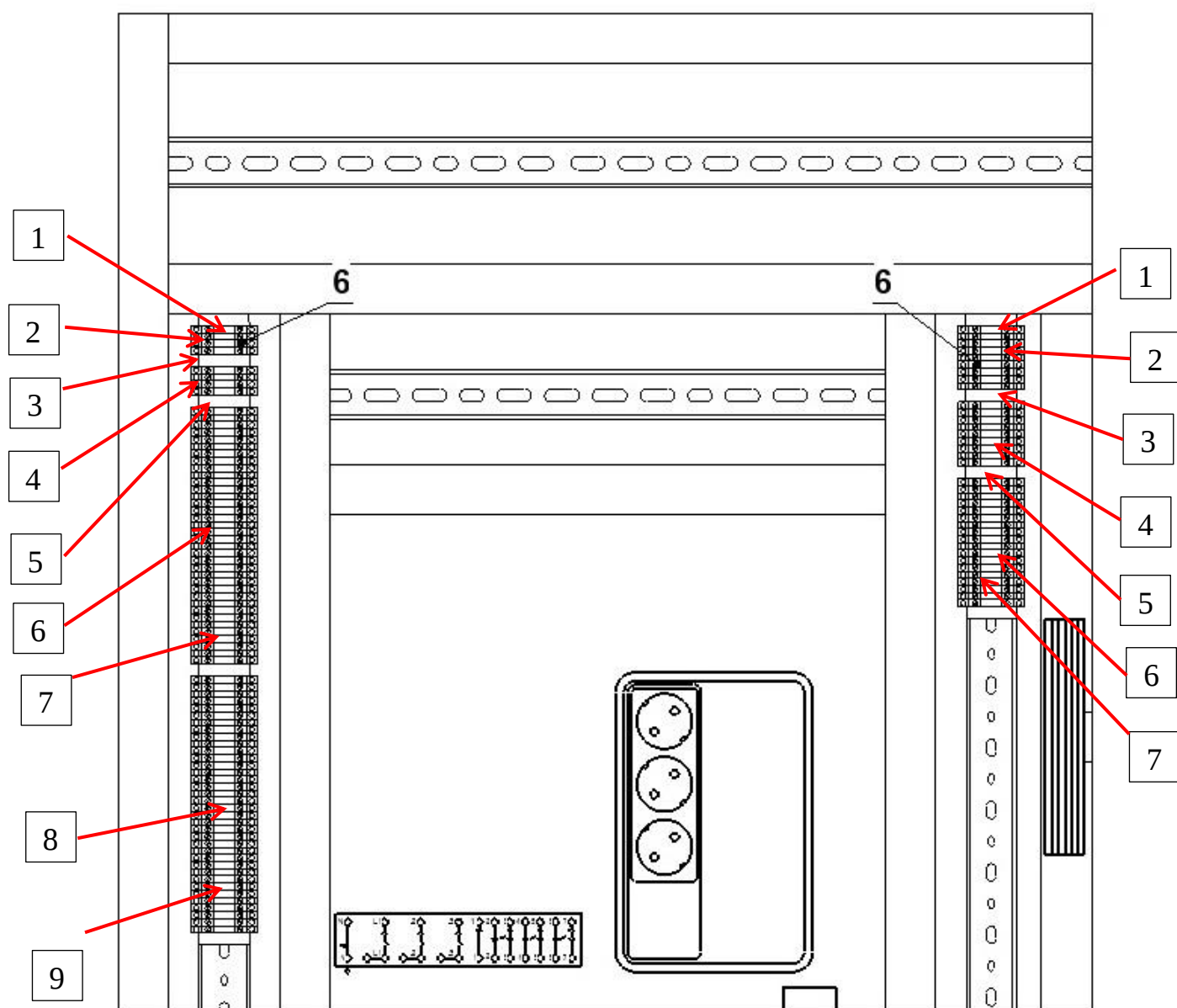


Рисунок 30-Схема установки клеммных рядов

4.Последовательность сборки – II этап

На втором этапе формируется электрическая часть системы — выполняется прокладка проводников, установка автоматики, а также подключение приборов учёта и служебных устройств. Все действия направлены на обеспечение надёжной подачи и распределения электроэнергии внутри шкафа.

Особое внимание уделяется правильной расстановке фаз, качеству соединений, выбору сечения проводов и точному соблюдению проектной схемы. Эти меры необходимы для безопасной и согласованной работы всей системы. Работы выполняются с учётом нормативных требований к монтажу электрооборудования и эксплуатационной надёжности.

4.1 Установка счетчика электрической энергии I-SM 302

Монтаж прибора учёта I-SM 302 осуществляется на передней панели шкафа, в зоне, обеспечивающей удобный доступ для осмотра и обслуживания. Счётчик фиксируется непосредственно к фальшпанели с помощью саморезов, согласно разметке, приведённой в технической документации.

Выбранное расположение прибора позволяет эффективно использовать внутреннее пространство шкафа и исключает затруднения при подключении цепей напряжения и тока. Установка выполняется после закрепления кабельных каналов и клеммных рядов, что упрощает дальнейшую коммутацию.

Перед установкой проводится визуальная проверка целостности счётчика и соответствие заводской пломбы. После монтажа осуществляется маркировка цепей согласно проектной документации, что облегчает идентификацию при наладке и эксплуатации. Также обеспечивается заземление корпуса прибора через предусмотренный клеммный вывод, что повышает безопасность при работе и защищает оборудование от статического напряжения. Установка I-SM 302 завершается проверкой его положения по уровню и фиксацией проводов с использованием стяжек для предотвращения натяжения на клеммы.

После механической установки производится подключение счётчика к токовым цепям в соответствии с типовой схемой, приведённой в проекте. Особое внимание уделяется правильности фазировки и надёжности контактных соединений, так как ошибки могут привести к искажению данных учёта.

Для исключения механических повреждений и коротких замыканий провода укладываются в кабельные каналы с соблюдением минимальных радиусов изгиба. Все соединения дополнительно фиксируются и проверяются на отсутствие люфтов и ослаблений.

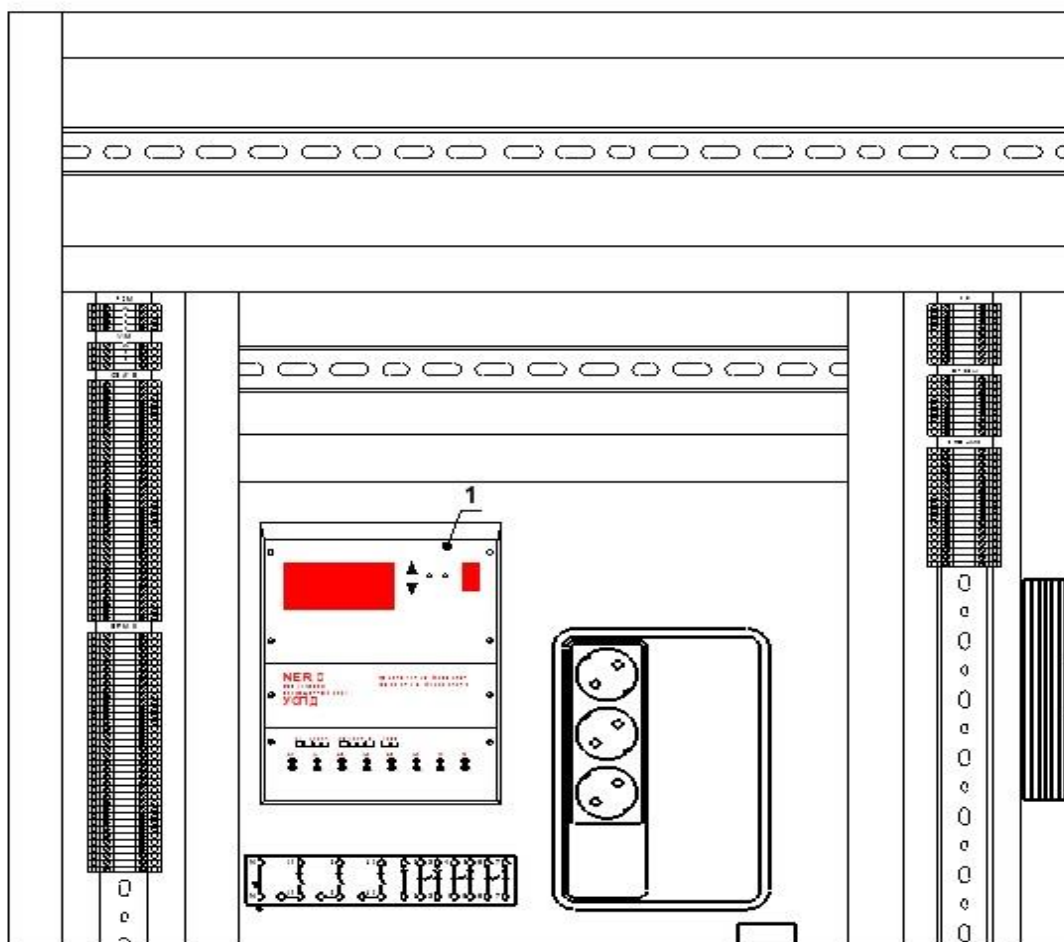


Рисунок 31-Установка I-SM 302

4.2 Подключение счетчика электрической энергии I-SM 302

Подключение прибора учёта I-SM 302 выполняется к испытательной коробке с помощью многожильных проводов, соответствующих номинальному току. Подключение осуществляется строго по принципиальной схеме, с соблюдением порядка фаз и направлений тока.

Клеммные соединения затягиваются с контролем усилия, чтобы обеспечить надёжный контакт и исключить риск нагрева. Все проводники маркируются по месту для упрощения технического обслуживания и исключения ошибок при проверке.

При подключении важно тщательно соблюдать правильность подключения фаз и токовых цепей, чтобы гарантировать точность измерений. Перед началом работ проверяют отсутствие напряжения на контактных клеммах для обеспечения безопасности. После выполнения подключения проводится

проверка работоспособности счётчика, включая контроль корректности показаний и отсутствие неисправностей.

4.3 Установка оборудования

В этом этапе производится размещение вспомогательных элементов системы:

- двух автоматических выключателей на 10 А для защиты питающих цепей,
- одного четырёхполюсного автомата, обеспечивающего общее отключение питания,
- термостата КТО 011 для управления нагревателем,
- двух розеток DIN-220, установленных на DIN-рейку.

Все компоненты закрепляются на заранее установленных рейках с учётом требований к зазорам и доступу. Расположение подбирается таким образом, чтобы исключить пересечения кабелей, упростить монтаж и обеспечить быстрый доступ при обслуживании.

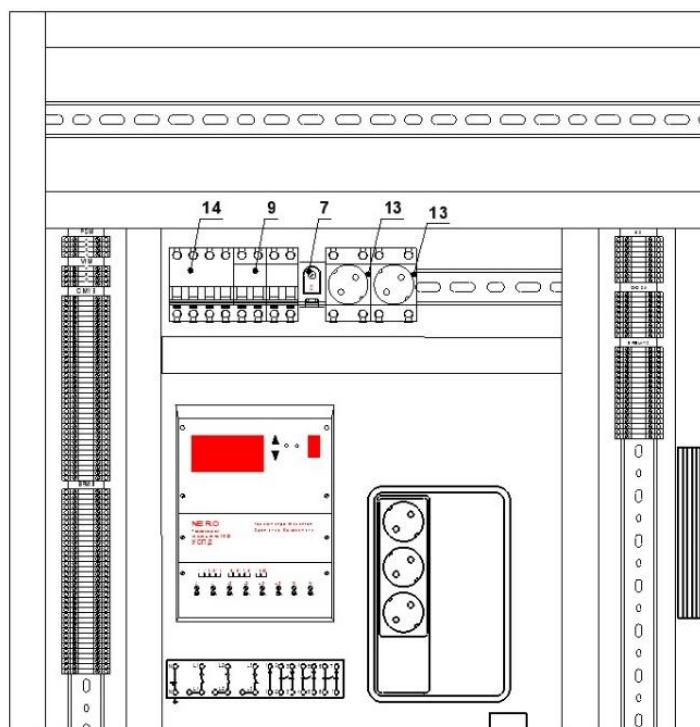


Рисунок 32-Схема размещения вспомогательных элементов

4.4 Подключение оборудования (автоматов, термостата с датчиком температуры, розеток, нагревательного элемента.)

Подключение вспомогательных компонентов выполняется в соответствии с проектной схемой. Необходимо объединить автоматы, термостат, розетки и

нагревательный элемент в единую электрическую цепь, обеспечив питание и температурный контроль внутри шкафа.

Автоматы питания соединяются с вводными клеммами, розетки DIN-220 с защитной линией через один из автоматов. Термостат КТО 011 подводится к питающим контактам и подключается к нагревателю так, чтобы обеспечивалась его автоматическая активация при понижении температуры.

Все соединения выполняются по обозначениям на схеме (рис.33), с обязательной укладкой проводов в кабельные каналы и фиксацией в клеммах. Такое решение повышает надёжность, упрощает диагностику и соответствует требованиям безопасности.

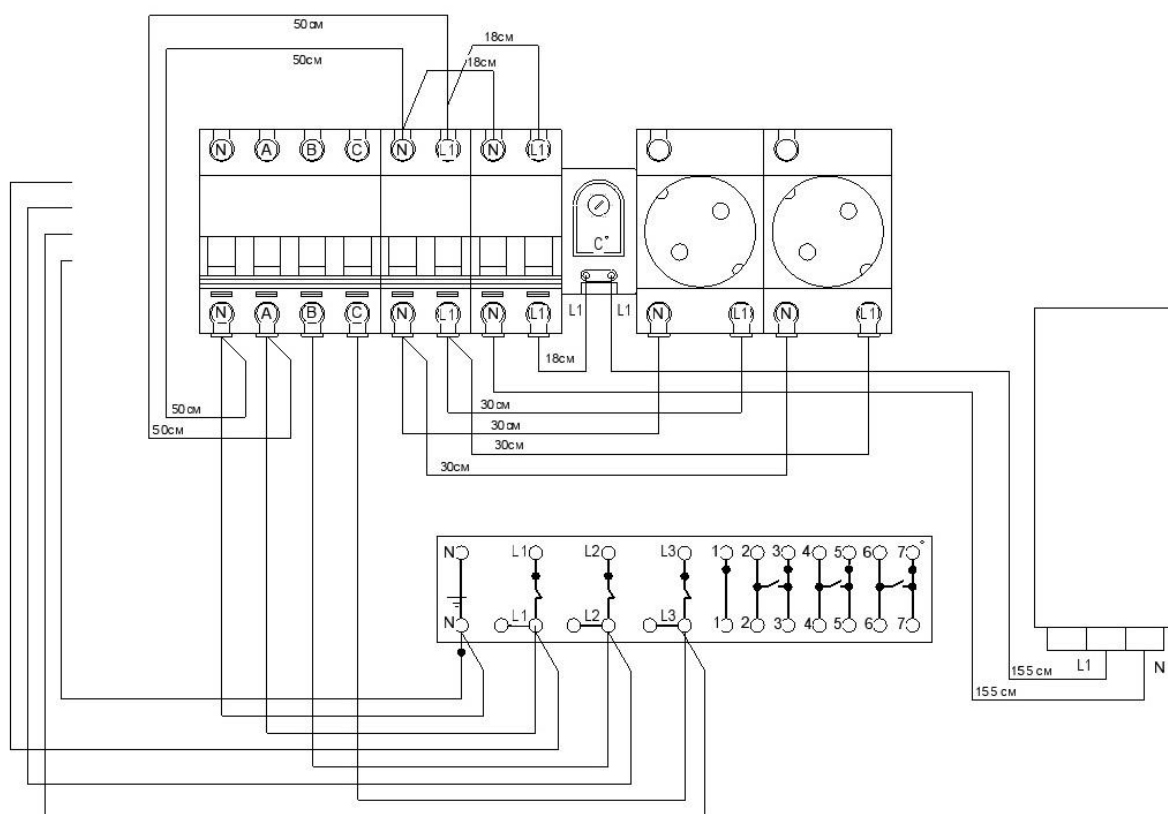


Рисунок 33-Схема подключения вспомогательных компонентов

4.5 Подключение концевого выключателя.

Концевой выключатель служит элементом контроля доступа и устанавливается на дверце шкафа. Его задача — размыкание цепи при открытии, что позволяет передавать сигнал тревоги или отключать питание.

Подключение осуществляется двумя проводами к выводам выключателя. Провода укладываются в кабельный канал и фиксируются в клеммах по схеме, исключая натяжение и перегибы.

Перед установкой концевого выключателя выполняется разметка на внутренней стороне дверцы и рамы шкафа для точного позиционирования, обеспечивающего корректное срабатывание при каждом открытии. Выключатель фиксируется с помощью винтов или на защёлкивающейся панели, в зависимости от его конструкции. проверка работоспособности —

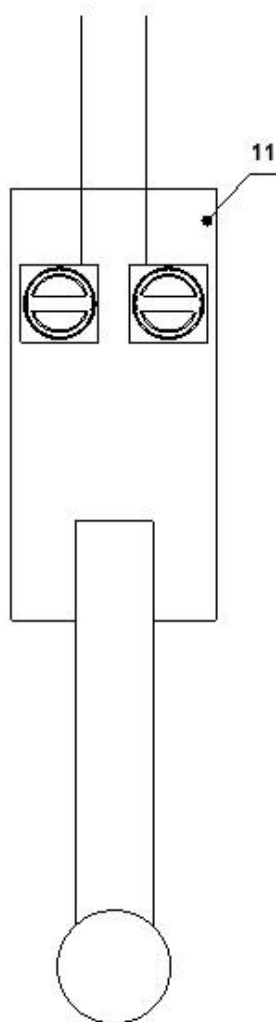


Рисунок 34- Подключение проводов к выключателю

4.6 Установка маркировочной ленты

Для обеспечения читаемости и упрощения обслуживания кабелей и модулей используется система маркировки. Этикетки печатаются на самоклеящейся фотобумаге с высоким уровнем контрастности. Готовые ленты наклеиваются на клеммы, модули и кабельные каналы в соответствии с проектной схемой (рис.35). Это повышает удобство в работе с системой и предотвращает ошибки при подключении и диагностике.

Маркировочная лента обеспечивает быстрое визуальное определение назначений проводов и компонентов, что значительно ускоряет техническое обслуживание и ремонт.

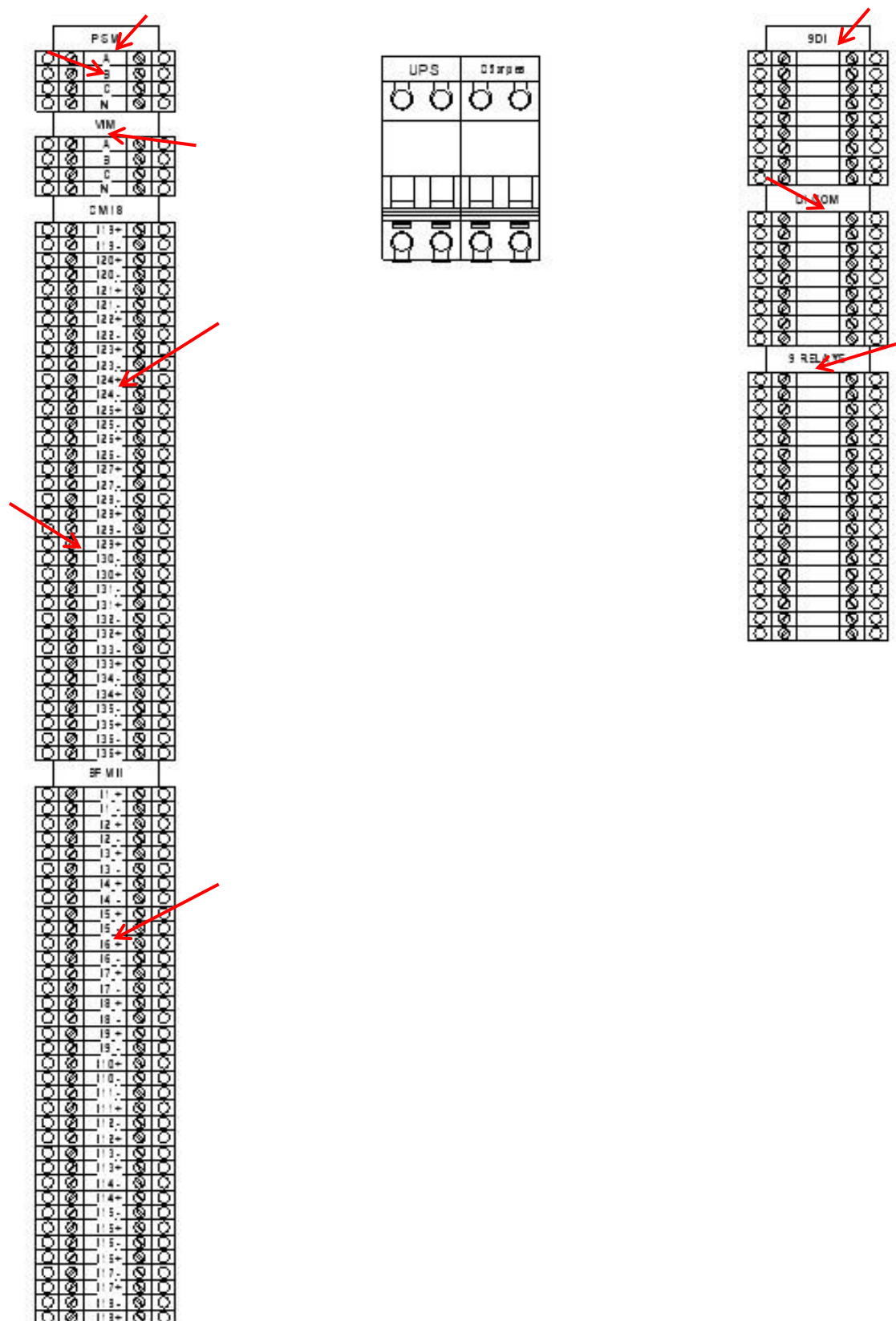


Рисунок 35-Схема маркировки перед подключением проводов

5.Последовательность сборки – III этап

Заключительный этап сборки включает прокладку сигнальной и измерительной проводки, а также установку модулей мониторинга BFM-II. Эти устройства служат для извлечения показаний с токовых цепей и интеграции их в общую информационную систему.

Прокладка проводов осуществляется по заранее размеченным трассам, с использованием кабель-каналов и маркировки каждого провода. Это обеспечивает читаемость схем и упрощает последующее обслуживание.

После установки модули фиксируются на DIN-рейках и подключаются к соответствующим точкам измерения. На завершающем этапе выполняется:

- тестирование связи между модулями и управляющим устройством;
- контроль надёжности всех подключений.

Финал этого этапа означает полную готовность системы к настройке и пуско-наладочным работам

5.1 Установка модулей BFM- II

Установка модулей BFM-II выполняется по заданной последовательности, что обеспечивает корректное распределение токовых каналов внутри шкафа. Каждый модуль монтируется на DIN-рейку с учётом плотности компоновки и удобства подключения.

В состав устанавливаемых компонентов входят:

- базовый модуль BFM-II PSM на 18 измерительных каналов;
- дополнительный модуль VIM50HZ для измерения напряжения;
- модуль CIM18 на 18 каналов;
- базовый модуль BFM-II MCM;
- модуль дискретного вывода RL9 на 9 реле;
- модуль дискретного ввода D19-DRC на 9 каналов;
- модуль питания AUX-ACDC.

Перед установкой проводится проверка комплектации и целостности всех модулей, а также подготовка маркированных проводов для подключения согласно проектной схеме. Модули последовательно фиксируются на DIN-рейке с соблюдением зазоров для вентиляции и безопасного отвода тепла. После монтажа осуществляется подключение сигнальных и силовых цепей, с особым вниманием к соблюдению полярности и нумерации каналов. Кабельные соединения укладываются в каналы с минимальными изгибами и фиксируются стяжками для предотвращения вибрационного ослабления.

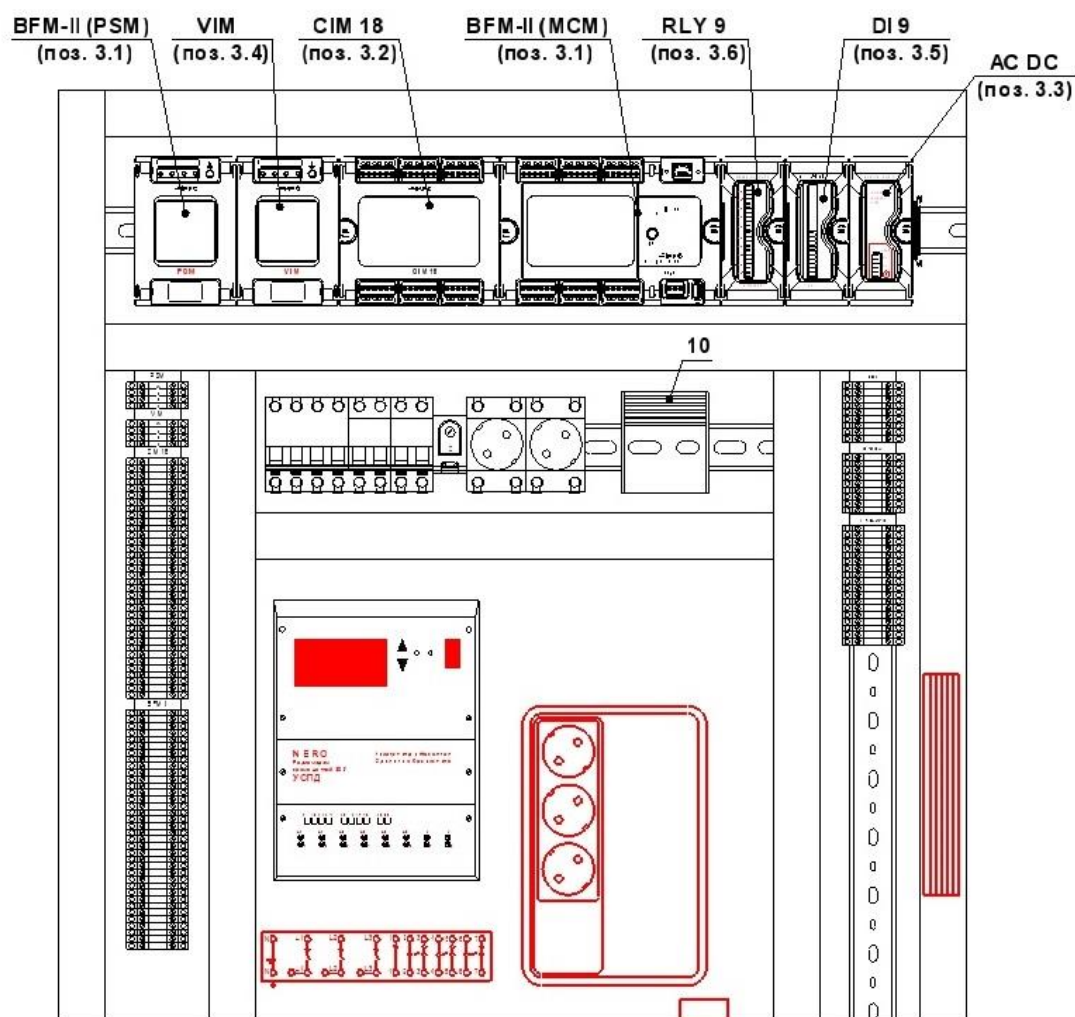


Рис 36-Установка модулей BFM-II

5.2 Подключение модулей BFM- II (PSM) И VIM к клеммам

После установки модулей производится их электрическое подключение согласно заранее подготовленным схемам. Модуль PSM соединяется с измерительными цепями через соответствующую клеммную колодку. Подключение выполняется строго по обозначенным точкам, чтобы обеспечить точность измерений и избежать ошибок в считывании данных.

Модуль VIM подключается к фазным проводам сети, отвечающим за измерение напряжений. При этом соблюдаются требования по фазировке, заземлению и сечению проводов. Все соединения проверяются на надёжность и отсутствие механических зазоров.

Подключение завершается маркировкой проводов и визуальной проверкой схемы.

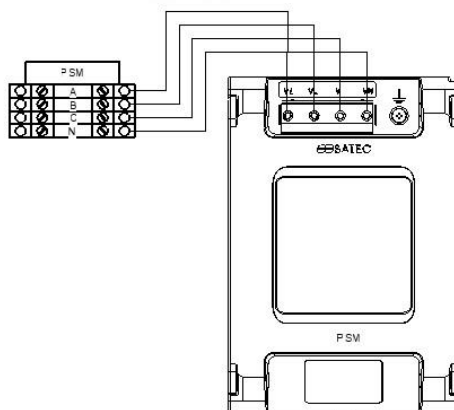


Рисунок 36- Подключение PSM к клеммному ряду

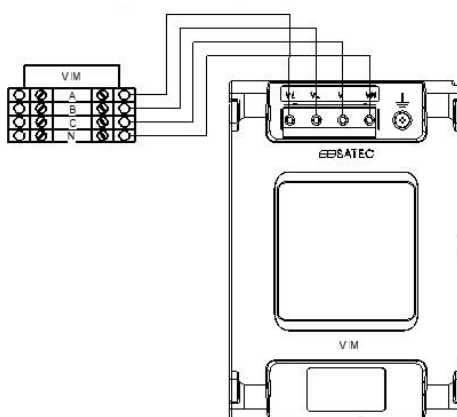


Рисунок 37-Подключение VIM к клеммному ряду

5.3 Подключение модулей СИМ 18 к клеммам

Модули СИМ-18 предназначены для подключения токовых цепей измерения. Каждый модуль имеет 18 каналов и обеспечивает считывание тока с трансформаторов через клеммные соединения.

Подключение осуществляется в соответствии с проектной схемой: каждый канал соединяется с соответствующей токовой петлёй через клеммы, что позволяет точно передавать данные на модуль ВФМ-II.

Особое внимание уделяется:

- соблюдению чередования фаз (А, В, С),
- правильной полярности подключения трансформаторов тока,
- надёжной затяжке винтовых соединений для исключения потерь сигнала.

Перед завершением этапа выполняется тестирование — проверяется корректность отображения токовых значений в программном обеспечении, а также стабильность связи с УСПД.

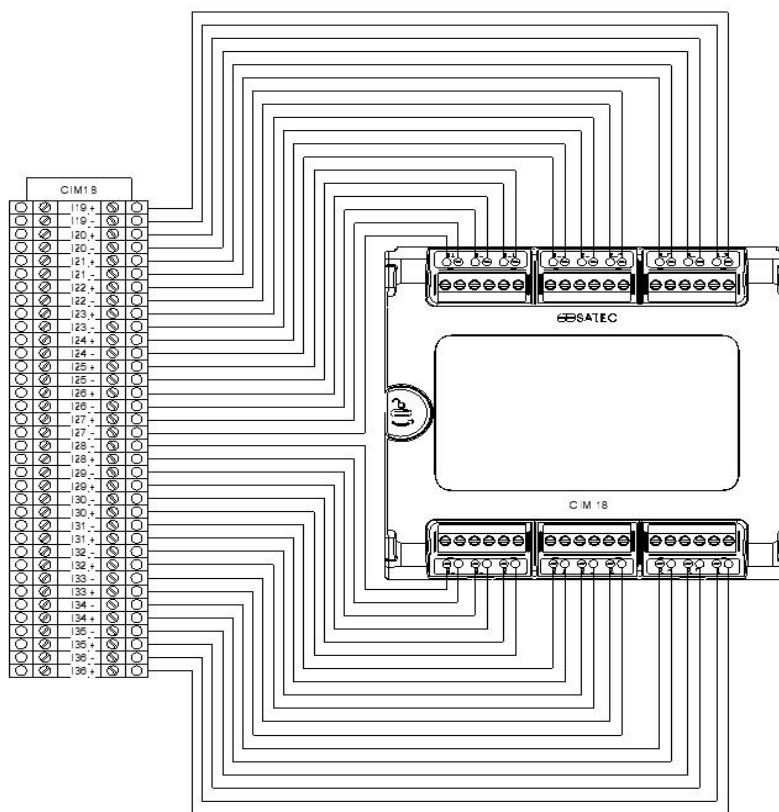


Рисунок 38-Подключение CIM-18 к клеммному ряду

5.4 Подключение модулей BFM- II (MCM), DI9 и RLY9 к клеммам

После установки модулей **BFM-II (MCM)**, **CIM-18**, **D19-DRC** и **RL9** производится подключение их входных и выходных цепей к соответствующим клеммам, согласно электрической схеме проекта.

Модуль BFM-II (MCM) является базовым управляющим звеном всей измерительной системы. Он подключается к остальным модулям по интерфейсу связи и обеспечивает сбор, обработку и передачу данных. Подключение выполняется через клеммные ряды, с обязательным соблюдением адресации и разводки сигнальных шин.

CIM-18 соединяется с трансформаторами тока через предварительно установленные клеммные блоки. Важно строго соблюдать соответствие фаз и каналов для обеспечения точности измерений.

DI9-DRC предназначен для приёма дискретных сигналов от внешних устройств — например, датчиков вскрытия дверей или аварийных контактов. Кабели подключения экранируются, а оболочка заземляется на корпус шкафа.

RL9 используется для управления исполнительными механизмами — такими как реле аварийной сигнализации, освещения или вентиляции. Подключение осуществляется с учётом допустимого тока нагрузки, через промежуточные клеммы.

Все соединения маркируются и укладываются в кабельные каналы, а проверка надёжности зажимов и точности адресации выполняется до ввода системы в эксплуатацию. Это обеспечивает читаемость схемы и упрощает дальнейшее обслуживание.

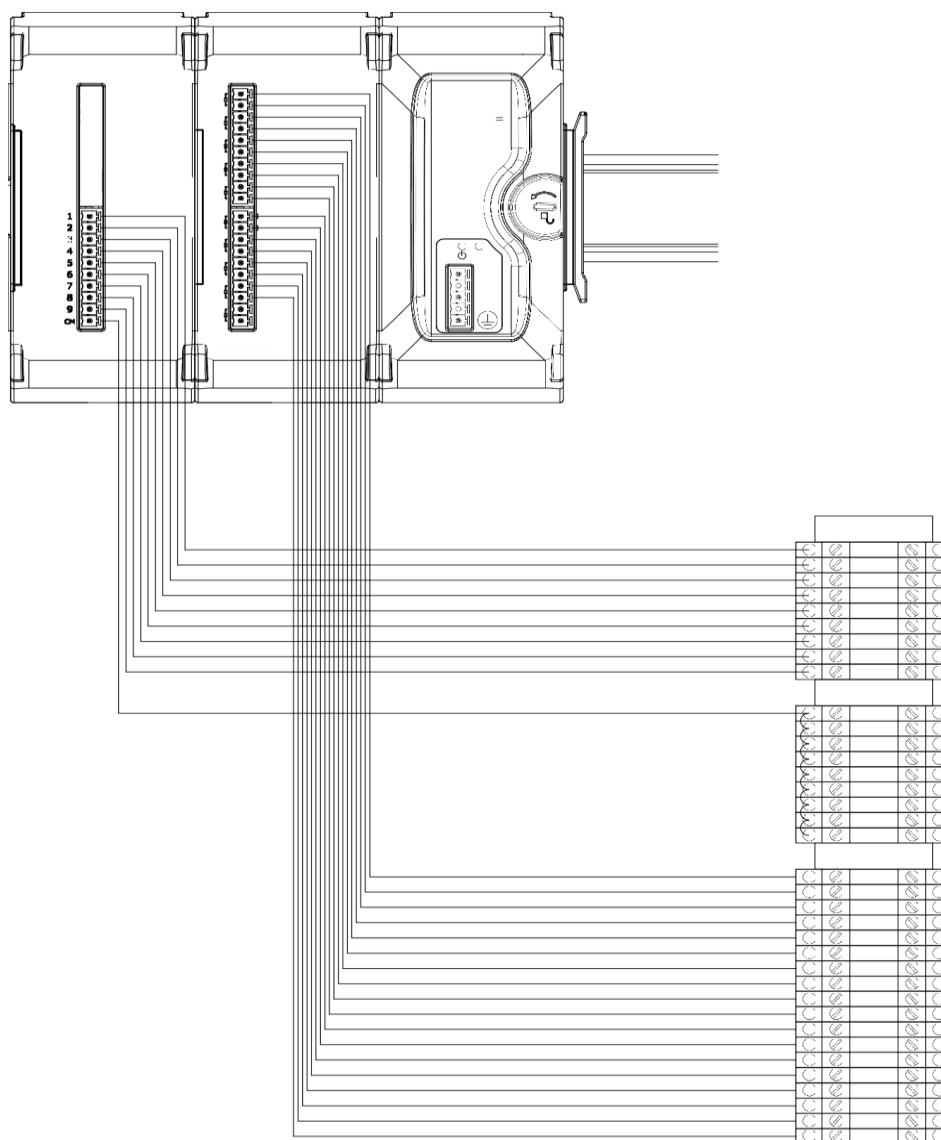


Рисунок 39-Подключение BFM-II (MCM) к клеммному ряду

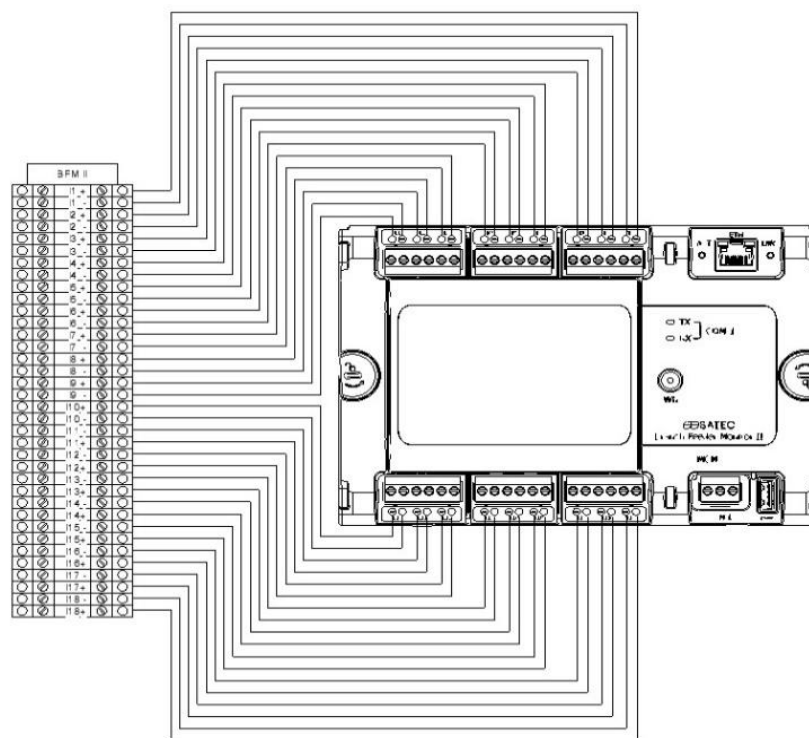


Рисунок 40- Подключение DI9-DRC И RL9 к клеммному ряду

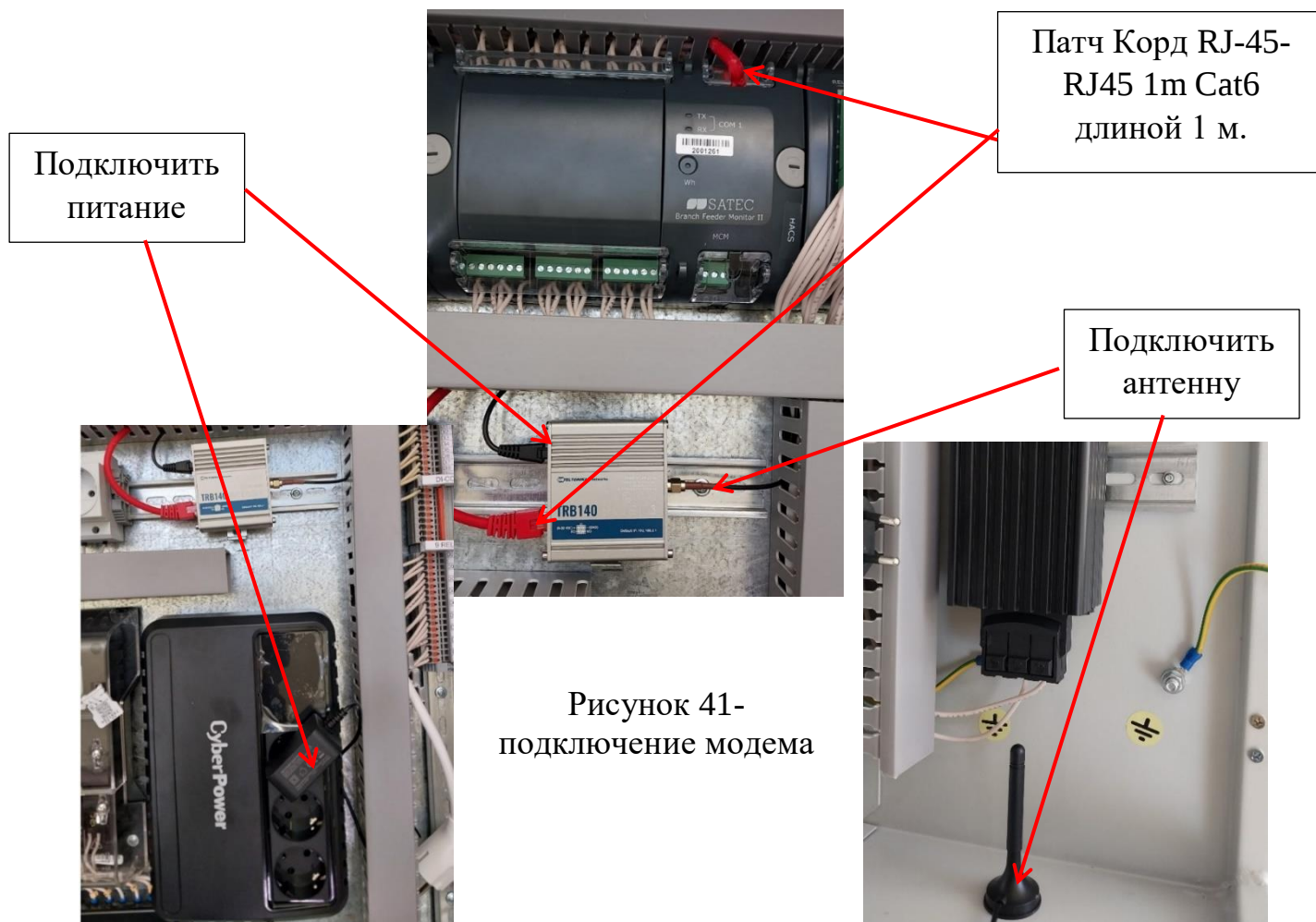
5.5 Подключение модема

GSM-модем **Teltonika TRB140** служит для обеспечения удалённой передачи данных между шкафом АИИС и верхним уровнем диспетчерской системы. Он устанавливается на DIN-рейку и подключается к УСПД через сетевой кабель с разъёмом RJ-45.

Для питания используется отдельная линия, защищённая автоматом на 10 А, с подключением к соответствующей клемме через адаптер питания. Модем заземляется на корпус шкафа, а антенна выведена наружу через гермоввод, обеспечивающий герметичность и устойчивость к погодным условиям.

Подключение выполняется по схеме, с обязательной проверкой целостности сигнального кабеля и уровня сигнала. После монтажа модем проходит тестирование на обмен данными с сервером и проверку корректной регистрации в сети.

Для повышения надёжности связи рекомендуется использовать экранированные кабели и корректно прокладывать линии антенны, избегая близкого расположения к силовым кабелям. Кроме того, регулярно проводить мониторинг состояния модема и уровня сигнала, чтобы заблаговременно выявлять и устранять возможные сбои в работе системы.



5.6 Наклейка информационной таблички и знаков

В завершении сборки на дверцу шкафа наносится информационная табличка с основными сведениями о системе. В неё входят наименование оборудования, дата сборки, заводской номер, номинальные параметры питания и контакты обслуживающей организации.

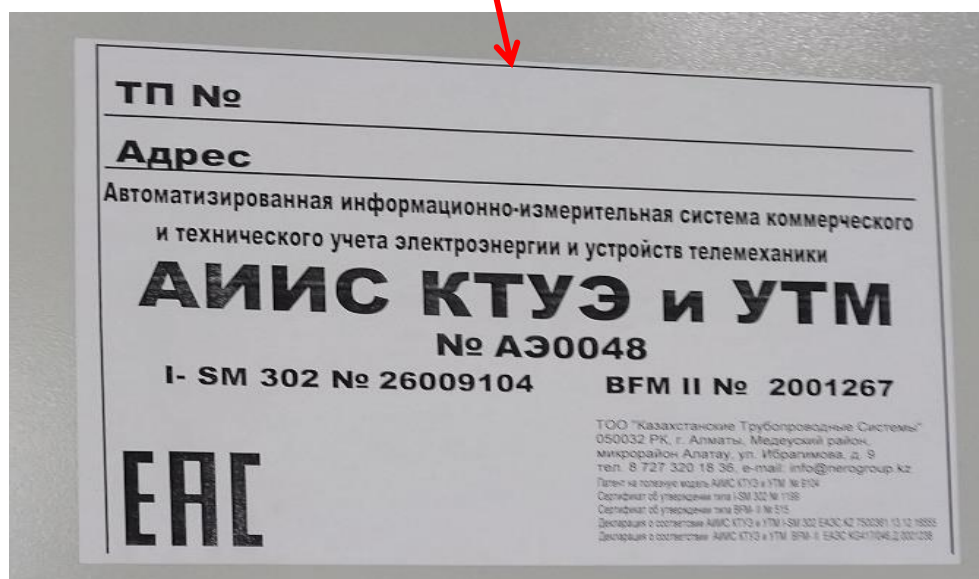
Кроме этого, на корпус шкафа наносятся предупреждающие и информационные знаки:

— «Осторожно! Электрическое напряжение»,
 — «Не вскрывать без отключения питания»,
 и, при необходимости, схема шкафной компоновки в виде ламинированной вставки с внутренней стороны двери.

Табличка и знаки фиксируются на клейкой основе либо при помощи заклёпок, в зависимости от условий эксплуатации. Присутствие маркировки повышает информативность и безопасность при техническом обслуживании.

Правильное размещение табличек и знаков помогает оперативно ориентироваться в характеристиках оборудования и предупреждает о потенциальных рисках при работе с шкафом.

Информационная
табличка



Знак "Опасность поражений
электротоком»

Рисунок 42 (а,б)- маркировки корпуса

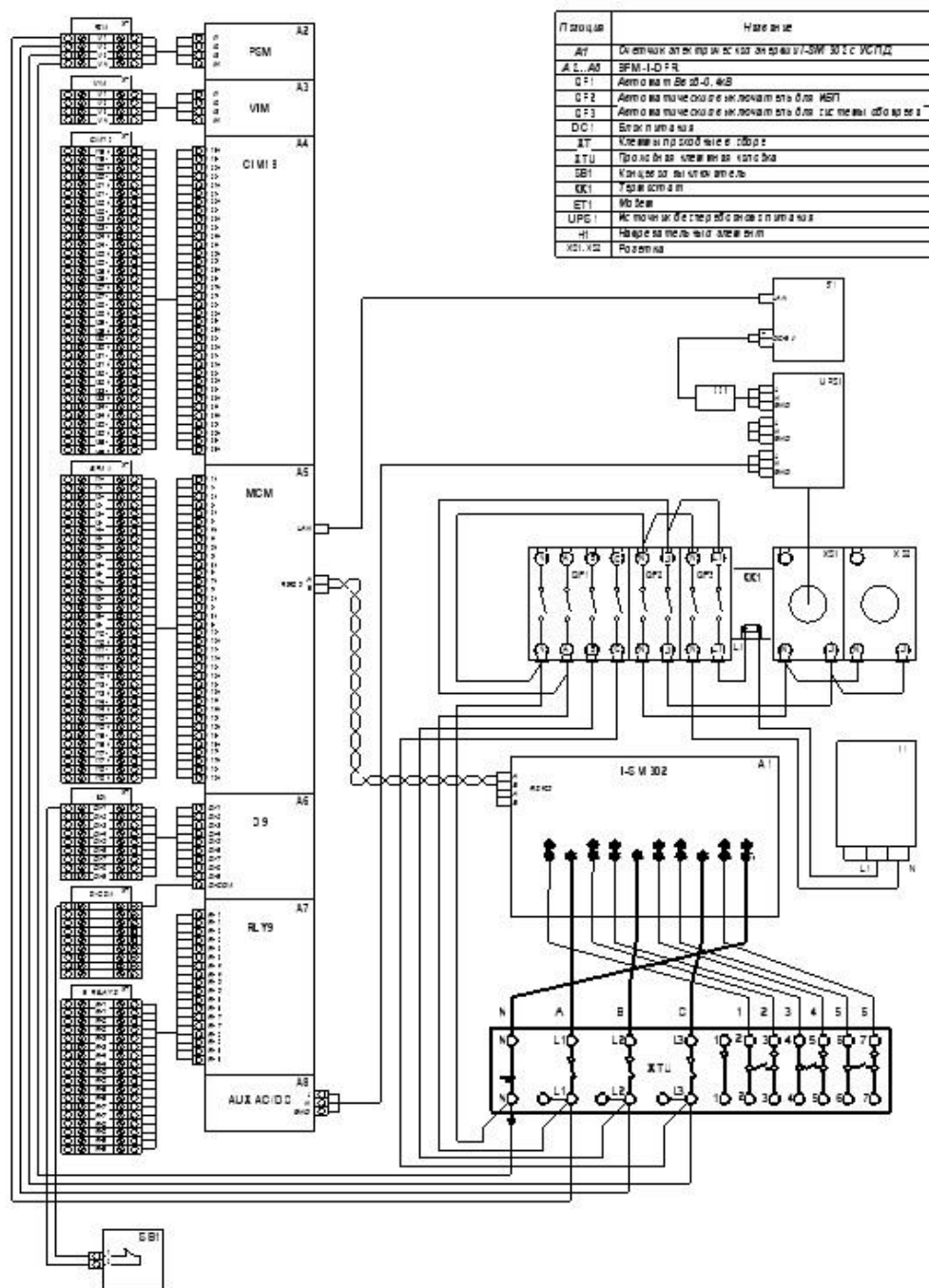


Рисунок 43- Схема электрическая

Сборка автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого и технического учета электроэнергии и устройств телемеханики (АИИС КТУЭ и УТМ) завершена.

После сборки начинают проводиться работы которые подготавливают (АИИС КТУЭ и УТМ) к дальнейшей эксплуатации.

6 Пусконаладочные работы

По завершении сборочных работ, проводится последовательная проверка готовности системы перед вводом в эксплуатацию. В первую очередь проверяются электрические соединения.

Дальше проверяют правильность подключения проводников, надёжность зажимов и наличие защитного заземления.

Затем производится включение оборудования. Питание подаётся поэтапно: от вводного автомата — к счётчику, УСПД, модулям ВФМ-II, источнику бесперебойного питания и розеточным группам. При этом отслеживаются возможные отклонения по напряжению и потреблению.

Окружающая температура изменяется искусственно, путём охлаждения термодатчика, чтобы проверить включение нагревательного элемента через термостат.

Далее проверяется работа канала связи — модем устанавливает соединение с удалённым сервером, данные начинают передаваться, и фиксируется их стабильность. Отдельно тестируется работа телеметрических входов и дискретных выходов.

Завершает проверку, настройка логики работы УСПД, загрузка конфигурации и проведение пробного цикла регистрации данных. Все этапы фиксируются в рабочем журнале, оформляется акт о готовности к вводу в эксплуатацию.

6.1 Проверка подключения электрической схемы.

С помощью мультиметра выполняется прозвонка фазных и нулевых цепей. На автоматах и в розетках проверяется отсутствие короткого замыкания между фазой и нулём — мультиметр должен показывать OL (рис.34-35)

Затем тестируются нулевые соединения — щупы прибора прикладываются к соответствующим гнездам. Исправное соединение отображается на экране значением 0.0, (рис.36-37) это подтверждает наличие непрерывного контакта без сопротивления.

Особое внимание уделяется клеммным зажимам — не допускается их перегрев, ослабление или перекос. При необходимости соединения подтягиваются вручную. Также контролируется отсутствие повреждённых изоляций и совпадение маркировок с монтажной схемой.

Параллельно проверяется правильность подключения индикаторов и сигнализации, а также устойчивость к внешним помехам. Все результаты фиксируются в техническом журнале для дальнейшего анализа и гарантийного обслуживания.



Рисунок 44



Рисунок 45



Рисунок 46



Рисунок 47

6.2 Проверка подключения модулей Sattec к клеммным рядам

Модули Sattec подключаются к клеммным рядам в соответствии с проектной схемой. Для проверки правильности соединений необходимо визуально сопоставить номера клемм, маркировку проводов и расположение подключаемых каналов.

Проводится контроль отсутствия перекрёстных соединений и правильной полярности сигнальных цепей. Нужно обратить внимание на каналы токовых трансформаторов — фаза и направление подключения должны точно соответствовать схеме, иначе возможны искажения данных.

Для подтверждения целостности соединений выполняется прозвонка при отключённом питании, а также визуальная сверка с маркировочной лентой. При обнаружении ошибок соединения пересобираются, после чего повторно проверяются.

6.3 Проверка подачи питания на клеммную колодку

По завершению проверок электрических соединений и корректности монтажа производится подача напряжения на клеммную колодку, от которой питаются устройства системы.

Перед включением питания необходимо убедиться, что все цепи собраны правильно, заземление подключено, а корпус шкафа закрыт. Далее включают вводный автомат, и поэтапно подаётся питание на:

- счётчик и УСПД;
- модули ВФМ-II;
- источник бесперебойного питания;
- термостат и розетки.

В ходе включения наблюдают за поведением оборудования: индикаторы, дисплеи и сигнальные лампы должны активироваться согласно штатной логике работы. Отслеживаются возможные отклонения: перегрев, посторонние запахи, отсутствие индикации или срабатывание защитных устройств.

Если при включении все элементы функционируют нормально, питание оставляется включённым для дальнейших пусконаладочных операций.

В случае выявления неисправностей питание немедленно отключается для предотвращения повреждений оборудования и обеспечения безопасности персонала.

Все обнаруженные дефекты фиксируются, после чего проводится их устранение с последующей повторной проверкой.

По окончании успешного тестирования оформляется акт приёмки, подтверждающий готовность системы к эксплуатации и соответствие техническим требованиям проекта.

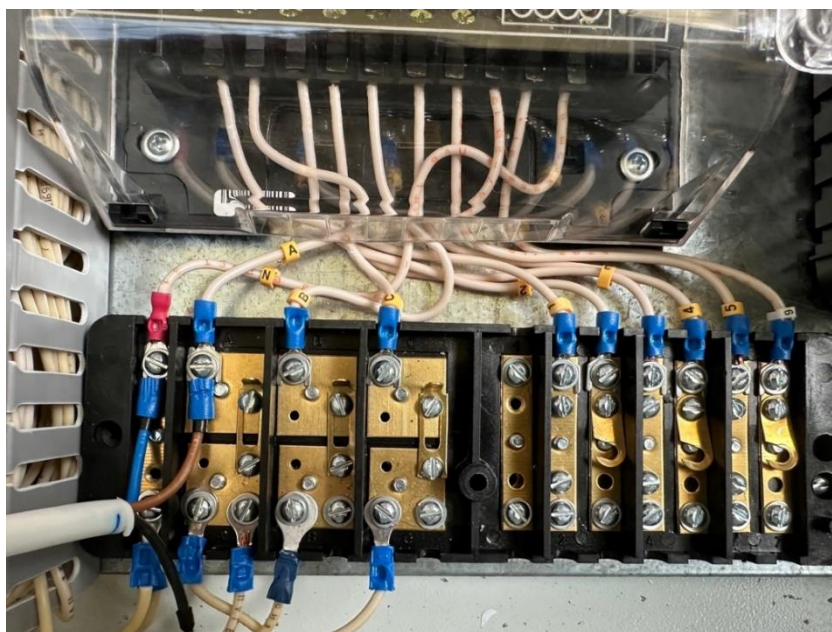


Рисунок 48

При подаче питания на приборе отобразятся показания (Рис.49)



Рисунок 49

При подаче питания на приборе ВФМ- II загорается индикатор Wh (Рис.50)



Рисунок 50

При подаче питания модем начнет моргать индикатором антенны (Рис.51)



Рисунок 51

6.4 Проверка системы обогрева.

Здесь осуществляется оценка работоспособности системы обогрева, встроенной в шкаф, — в частности, проверяется момент срабатывания термостата и подача напряжения на нагревательный элемент при изменении температуры.

Сначала с помощью мультиметра, переведённого в режим измерения переменного напряжения, производится замер между клеммой **N** и контактом **2** на термостате. При выставленной температуре $+10^{\circ}\text{C}$ мультиметр должен показывать **0 В** (Рис. 52), что свидетельствует об отсутствии напряжения на выходе и, соответственно, об отключенном обогреве.

Далее температуру термостата увеличиваем до $+50^{\circ}\text{C}$. При достижении заданного параметра прибор должен включить нагреватель, и на тех же точках измерения мультиметр должен фиксировать напряжение **220-225 В** (Рис.53), подтверждая подачу питания.

После проверки термостат возвращают в штатный режим, выставив температуру срабатывания $+15^{\circ}\text{C}$ (Рис 54). Это значение используется для автоматического включения обогрева при понижении температуры в реальных условиях эксплуатации.

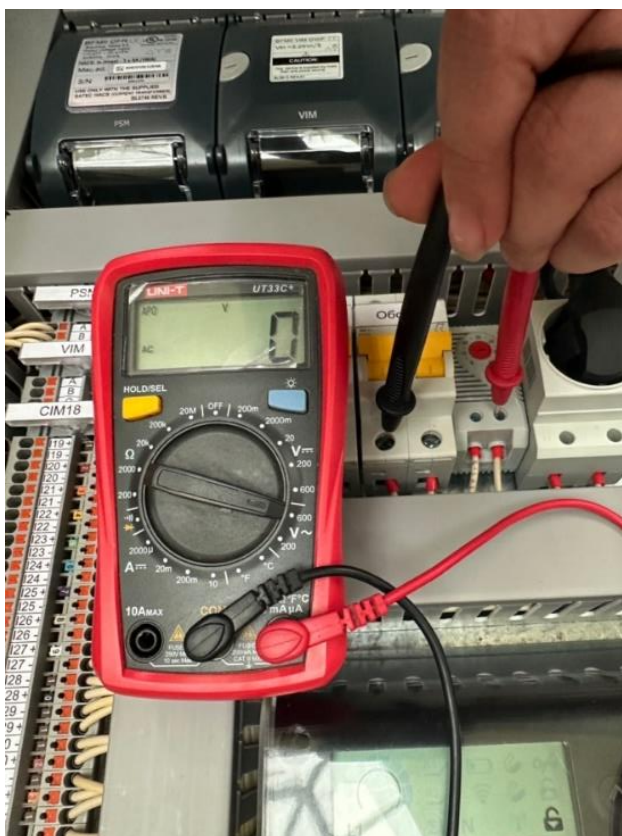


Рисунок 52



Рисунок 53

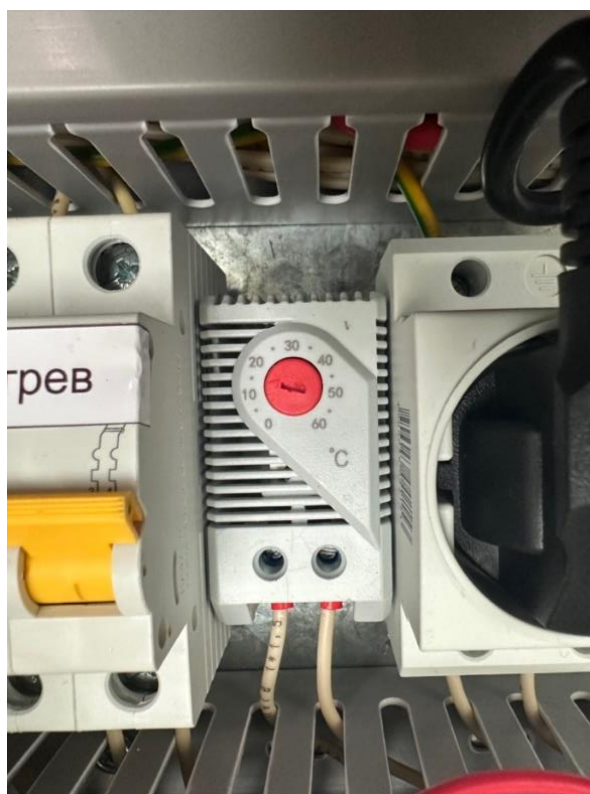


Рисунок 54

6.5 Проверка источника бесперебойного питания.

Этот этап предназначен для оценки работоспособности ИБП при отключении основного питания. Проверка проводится в следующем порядке:

После подачи напряжения модуль BFM-II должен оставаться включённым, индикаторы на модуле AUX.PS. AC/DC продолжают гореть — это подтверждает наличие питания от ИБП (Рис.55).

Далее основной ввод отключается, и визуально контролируется поведение оборудования. На дисплее индикатор Wh тоже должен начать мигать — это говорит о переходе на резервное питание.

По завершении теста источник выключают, удерживая кнопку питания до характерного звукового сигнала (Рис.56). Это гарантирует правильное завершение работы устройства и отсутствие скачков напряжения при повторном включении.



Рисунок 55



Рисунок 56

7 Контроль качества сборки АИИС КТУЭ и УТМ

После завершения сборки АИИС, КТУЭ и УТМ передаются в распоряжение контролера ОТК.

Осуществляет визуальную проверку качества сборки АИИС КТУЭ и УТМ, а также заполняет соответствующий паспорт.

В шестом пункте паспорта указываются заводской номер АИИС КТУЭ и УТМ, а также заводские номера всех составляющих их единиц оборудования. На этом месте также ставится штамп ОТК.

8 Упаковка АИИС КТУЭ и УТМ

Проверенное изделие упаковывается в защитную картонную коробку с учётом транспортных условий. (Рис.57) На упаковку наносится этикетка с наименованием системы, заводским номером, массой и знаками «Хрупкое» и «Верх». Изделие передаётся на склад готовой продукции для дальнейшей отгрузки.

Вся документация, включая паспорт изделия и инструкцию по эксплуатации, укладывается в отдельный конверт и фиксируется внутри коробки для удобства дальнейшего использования.



Рисунок 57-Упаковка АИИС

9 Технологический расчет изготовления ШМП 10Н

Для определения площади металла, необходимого на изготовление шкафа, учитываются все элементы корпуса:

- Передняя и задняя панели — 2 шт.
- Боковые стенки — 2 шт.
- Верх и низ корпуса — 2 шт.
- Монтажная панель — 1 шт.
- Двери — 2 шт.

Рассчитаем площадь по формуле:

$$S = 2 \cdot (H \cdot W) + 2 \cdot (H \times D) + 2 \cdot (W \cdot D), \quad (1)$$

$$S_{\text{общ}} = S \cdot K_{\text{отх}} \quad (1.1)$$

$$H = 0.8 \text{ м}, W = 0.8 \text{ м}, D = 0.25 \text{ м}, K_{\text{отх}} = 1.15$$

$$S = 2 \cdot (0.8 \cdot 0.8) + 2 \cdot (0.8 \cdot 0.25) + 2 \cdot (0.8 \cdot 0.25)$$

$$S = 2 \cdot 0.64 + 2 \cdot 0.20 + 2 \cdot 0.20 = 2.72 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{общ}} = 2.72 \cdot 1.15 = 3.13 \text{ м}^2$$

где H — высота шкафа (м);

W — ширина (м);

D — глубина (м);

$K_{\text{отх}}$ — коэффициент отходов (принимается 1.15).

По формуле вычисления массы узнаем:

$$m = S_{\text{общ}} \cdot \rho \cdot h \quad (2)$$

$$\rho = 7850 \text{ кг/м}^3, h = 0.0015 \text{ м}$$

$$m = 3.13 \cdot 7850 \cdot 0.0015 = 36.83 \text{ кг}$$

где ρ — плотность стали (7850 кг/м³);

h — толщина листа (м).

Вычислим суммарное время всех производственных операций:

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{рез}} + T_{\text{гиб}} + T_{\text{свар}} + T_{\text{зач}} + T_{\text{покр}} + T_{\text{упл}} + T_{\text{сбор}} \quad (3)$$

$$T_{\text{общ}} = 12 + 10 + 15 + 6 + 20 + 5 + 7 = 75 \text{ минут} = 1.15 \text{ ч}$$

Для вычисления расхода энергии возьмем среднюю мощность производственного оборудования по этапам:

$$W = P_{\text{сред}} \cdot T_{\text{общ}} \quad (4)$$

$$P_{\text{сред}} = 3.13 \text{ кВт}$$

$$W = 3.13 \cdot 1.15 = 3.91 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Для нахождения себестоимости изготовления применяем формулу:

$$C = C_{\text{матер}} + C_{\text{энер}} + C_{\text{труд}} + C_{\text{фур}} \quad (5)$$

$$C_{\text{матер}} = 36.83 \text{ кг} \cdot 750 \text{ тг} = 27622 \text{ тг}$$

$$C_{\text{энер}} = 3.91 \cdot 32 \text{ тг} = 125 \text{ тг}$$

$$C_{\text{труд}} = 1.15 \text{ ч} \cdot 1000 \text{ тг} = 1150 \text{ тг}$$

$$C_{\text{фур}} = 3000 \text{ тг}$$

$$C = 27622 + 125 + 1150 + 3000 = 31897 \text{ тг}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения дипломного проекта по сборке автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого и технического учёта электроэнергии и устройств телемеханики (АИИС КТУЭ и УТМ) были проанализированы технические требования, определены ключевые этапы сборки и произведена последовательная интеграция оборудования в состав единой системы.

Особое внимание в рамках проекта было уделено технологическому процессу изготовления корпуса шкафа ШМП 10Н, на базе которого размещаются все функциональные элементы АИИС. Этот этап включал лазерную резку металлических листов, гибку деталей, сварку, зачистку швов, порошковую покраску с полимеризацией и автоматическое нанесение уплотнителя на дверцу шкафа. Чёткая последовательность операций и соблюдение технологических норм позволили обеспечить высокую герметичность, прочность конструкции и соответствие стандарту IP54. Без надёжного корпуса невозможно гарантировать устойчивость работы системы в промышленных условиях.

Работа охватила весь цикл: от изготовления шкафа, выбора и размещения комплектующих до пусконаладочных мероприятий. На всех этапах уделялось внимание логике компоновки, соблюдению правил монтажа и электробезопасности, а также точности выполнения электрических соединений.

Также акцент был сделан на корректной установке счётчиков, модулей телеметрии ВФМ-II, УСПД, источника бесперебойного питания и вспомогательных элементов. По завершении сборки были проведены испытания и тестирование связи с управляющим сервером.

Результатом проекта стало формирование полностью функционирующего узла учёта, соответствующего требованиям надёжности и точности. Все подключения и работы выполнены в соответствии с технической документацией и нормативной базой. В ходе выполнения проекта мной были получены практические навыки работы с промышленными компонентами и системами телемеханики, а также усвоены ключевые принципы построения надёжной системы учёта электроэнергии.

Таким образом, дипломный проект подтвердил мою профессиональную подготовку и способность к решению инженерных задач в сфере промышленной энергетики. Полученные знания и опыт станут прочной основой для дальнейшей работы в технической области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — 7-е издание. — Москва: *Энергоатомиздат*, 2021.
- 2 ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначения документов при создании автоматизированных систем. — М.: *Издательство стандартов*, 1990.
- 3 Паспорт АИИС КТУЭ и УТМ — техническая документация завода-изготовителя.
- 4 Паспорт счётчика электроэнергии I-SM 302. — Справочный материал производителя *SATEC*.
- 5 Паспорт источника бесперебойного питания CyberPower BU600E. — Руководство по эксплуатации.
- 6 Паспорт модулей BFM II (PSM, MCM, CIM-18, VIM, RL9, DI9). — Техническая документация производителя.
- 7 Руководство по эксплуатации термостата КТО 011. — Технический справочник.
- 8 Сборочные чертежи шкафа ШМП 10Н с монтажными схемами. — *Ведомственные документы*.
- 9 Инструкция по технике безопасности при работе с электроустановками до 1000 В. — *Минэнерго РФ*, 2020.
- 10 Электротехника. Учебник для вузов / Под ред. *В.А. Кракова*. — М.: Высшая школа, 2022.
- 11 ГОСТ 21.613–2014. Системы автоматизации. Условные графические обозначения и правила выполнения документов.