

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент

_____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой КиПР
Войтович Н.И.

_____ 2019 г.

Название работы: Разработка узла системы внутрореакторного контроля.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ 11.04.03.2019.177.00.00 ПЗ

КОНСУЛЬТАНТ
Хайло Л.Н.

_____ 2019 г.

Руководитель работы
Хашимов А.Б.

_____ 2019 г.

Работу выполнил
студент гр. КЭ-224
Немцова А.М.

_____ 2019 г.

Нормоконтролер

_____ 2019 г.

Челябинск 2019

АННОТАЦИЯ

Немцова А.М. Разработка узла системы внутриреакторного контроля. – Челябинск: ЮУрГУ, КЭ; 2019, 76 с. 32 ил., библиогр. список – 18 наим., 29 прил., 1 лист чертежей ф. А1, 7 листов формата А2, 6 листов формата А3, 28 листов формата А4.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке узла системы внутриреакторного контроля, а именно разработке токового измерительного канала прецизионного измерения малых токов (далее измеритель).

Во время работы были оформлены электрические принципиальные схемы и разработаны печатные узлы (ПУ) на многослойные печатные платы. Проектирование печатных плат (ПП) выполнено в комплексном пакете сквозного проектирования электронных устройств Altium Designer17.

Конструкторская документация на ПУ разработана в системе автоматизированного проектирования AutoCAD Mechanical в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

В программе КОМПАС 3D разработана трехмерная модель корпуса и конструкторская документация на этот прибор.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Немцова			Разработка системы внутриреакторного контроля	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Хайло					4	76
Рецензент						ЮУрГУ		
Н.контр.		Юнгайтис				Кафедра КиПР		
Утв.		Войтович						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА РАЗРАБОТКУ	10
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	11
2.1 Разработка конструкции печатной платы.....	11
2.1.1 Выбор типа конструкции ПП	11
2.1.2 Выбор класса точности ПП	12
2.1.3 Выбор шага координатной сетки	12
2.1.4 Выбор метода изготовления ПП	12
2.1.5 Выбор размеров и конфигурации ПП	13
2.1.6 Выбор материала основания ПП	13
2.2 Создание схемного документа	14
2.2.1 Создание проекта ПП.....	14
2.2.2 Создание библиотеки символов	15
2.2.3 Оформление схемного документа	17
2.3 Разработка печатного узла	19
2.3.1 Создание библиотеки посадочных мест	19
2.3.2 Создание трехмерной модели	22
2.3.3 Передача информации из схемы на ПП.....	23
2.3.4 Структура печатной платы	24
2.3.5 Резмещение крепежных отверстий	26
2.3.6 Компоновка элементов на ПП.....	26
2.3.7 Размещение компонентов на ПП.....	26
2.3.8 Правила проектирования	27
2.3.9 Полигонная заливка	28
2.4 Разработка конструкции корпуса.....	30
2.5 Выходная конструкторская документация.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	46
ПРИЛОЖЕНИЯ	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень элементов. ИМТ	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	49
Схема электрическая принципиальная и соединений. ИМТ.....	49

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Перечень элементов. ПИТ	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Схема электрическая принципиальная. ПИТ	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Спецификация ПП. ПИТ	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Сборочный чертеж ПП. ПИТ	53
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Спецификация ПУ. ПИТ	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Сборочный чертеж ПУ. ПИТ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Перечень элементов. ППС	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Схема электрическая принципиальная. ППС	57
ПРИЛОЖЕНИЕ 11. Спецификация ПП. ППС	58
ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Сборочный чертеж ПП. ППС	59
ПРИЛОЖЕНИЕ 13. Спецификация ПУ. ППС	60
ПРИЛОЖЕНИЕ 14. Сборочный чертеж ПУ. ППС	61
ПРИЛОЖЕНИЕ 15. Перечень элементов. ПГК	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 16. Схема электрическая принципиальная. ПГК	63
ПРИЛОЖЕНИЕ 17. Спецификация ПП. ПГК	64
ПРИЛОЖЕНИЕ 18. Сборочный чертеж ПП. ПГК	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 19. Спецификация ПУ. ПГК	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 20. Сборочный чертеж ПУ. ПГК	67
ПРИЛОЖЕНИЕ 21. Верхняя планка	68
ПРИЛОЖЕНИЕ 22. Спецификация. Кассета 1	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 23. Сборочный чертеж. Кассета 1	70
ПРИЛОЖЕНИЕ 24. Спецификация. Кассета 2	71
ПРИЛОЖЕНИЕ 25. Сборочный чертеж. Кассета 2	72
ПРИЛОЖЕНИЕ 26. Спецификация. Модуль 1	73
ПРИЛОЖЕНИЕ 27. Сборочный чертеж. Модуль 1	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 28. Спецификация. Модуль 2	75
ПРИЛОЖЕНИЕ 29. Сборочный чертеж. Модуль 2	76

ВВЕДЕНИЕ

Производственное объединение «Маяк» – федеральное государственное унитарное предприятие по производству компонентов ядерного оружия, изотопов, хранению и регенерации отработавшего ядерного топлива, утилизации его и других радиоактивных отходов.

На предприятии приборно-механического завода ПО "Маяк" основным направлением деятельности является разработка и изготовление средств измерения и автоматизации, систем контроля параметров и управление технологическими процессами.

Автоматизация управления и контроля играет важную роль в обеспечении безопасной и экономичной эксплуатации реактора путем сбора, обработки и представления информации оператору.

Настоящая выпускная работа, посвящена разработке узла системы внутриреакторного контроля (СВРК), а именно разработке токового измерительного канала прецизионного измерения малых токов.

СВРК – система контроля ядерного реактора, которая дает сведения о параметрах и характеристиках активной зоны необходимые для безопасного режима эксплуатации.

Для эксплуатации ядерных реакторов необходим контроль их мощности. Задача контроля мощности может быть решена путем анализа выходных теплотехнических параметров реактора, однако измерения мощности по теплотехническим параметрам очень инерционные и не могут быть использованы для ряда задач управления, например для аварийной защиты.

Наряду с контролем теплотехнических параметров реактора, состояние реактора контролируется по нейтронной составляющей реакторного излучения.

Реакторное излучение, сопровождающее протекание цепной ядерной реакции, представляет собой многокомпонентный поток, состоящий из осколков делящихся ядер, нейтронов, гамма-квантов, α - и β -частиц и нейтрино.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

Единственной компонентой реакторного излучения, которая может быть использована для характеристики текущего состояния реактора в целом, являются нейтроны.

Измерение потока нейтронов обладает следующими преимуществами:

1. Тепловыделение в реакторе, работающем в энергетическом диапазоне, пропорционально среднему потоку нейтронов в активной зоне, т.е. его мощность, может быть приближенно определена по величине потока;

2. Измерение коэффициента размножения, как в критическом, так и в предкритическом состоянии практически мгновенно сказывается на изменении нейтронного потока, что может быть определено системой контроля.

В настоящее время достаточно развита техника детектирования заряженных частиц по их ионизирующему действию.

При этом согласно закону Фика ток пропорционален плотности нейтронного потока ядерного реактора.

Измеритель, разрабатываемый в данной ВКР, контролирует плотность нейтронного потока с помощью детекторов прямого заряда и передает измеренные значения тока на устройства накопления и обработки информации.

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является разработка комплекта конструкторской документации на измеритель малых токов в составе системы внутрореакторного контроля.

При этом согласно закону Фика ток пропорционален плотности нейтронного потока ядерного реактора.

Измеритель, разрабатываемый в данной ВКР, контролирует плотность нейтронного потока с помощью детекторов прямого заряда и передает измеренные значения тока на устройства накопления и обработки информации.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является разработка комплекта конструкторской документации на измеритель малых токов в составе системы внутривреакторного контроля.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА РАЗРАБОТКУ

Согласно техническому заданию ВКР необходимо разработать комплект конструкторской документации на измеритель малых токов.

Разрабатываемый прибор состоит из четырех видов ПУ, комбинации которых будут формировать всю схему прибора.

В соответствии с электрической принципиальной схемой на "Измеритель малых токов", используются следующие ПП, это

1. Плата измерения тока, в количестве 18 штук;
2. Плата преобразования сигналов, в количестве 9 штук;
3. Интерфейсная плата, в количестве 2 штуки;
4. Плата главного контроллера, в количестве 1 штука.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать ПУ, ПП в которых выполнены в многослойном исполнении. Размещение элементов должно находиться на одной стороне платы, при недостатке места чип элементы можно расположить на второй стороне платы;

2. Разработать конструкцию измерителя с использованием в качестве защитного корпуса компактный распределительный шкаф компании ПРОВЕНТО - MES 40.30.15, размеры которого 400x300x155 мм;

Для того, чтобы все узлы измерителя были разборными, т.е имели доступ к замене вышедших из строя элементов, принято решение использовать модульную структуру расположения ПУ.

3. Разработать конструкторскую документацию на ПУ и конструкцию измерителя при помощи программ автоматизированного проектирования.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Разработка конструкции печатной платы

Приборно-механический завод, заказывает изготовление печатных узлов на внешнем предприятии, поэтому конструкторские требования будут формироваться с учетом их возможностями изготовления.

Этапы разработки ПП взяты из [15].

2.1.1 Выбор типа конструкции ПП

Согласно ГОСТ Р 53429-2005 [11] предусмотрены следующие типы печатных плат, такие как односторонние, двусторонние, многослойные, гибкие и проводные ПП.

По техническому заданию для разрабатываемых печатных узлов будет использована многослойная конструкция.

Ключевыми преимуществами многослойных печатных плат (МПП) являются:

- Использование современной элементной базы;
- Длительный срок службы и пониженная чувствительность к условиям эксплуатации прибора;
- Возможность использования отдельных слоёв для земли и питания, что позволяет уменьшить площадь токовых петель и снижает импеданс;
- Улучшенные показатели электромагнитной совместимости с выделенными слоями земли и питания, чем у двухслойной ПП;
- Увеличенная удельная плотность элементов, дорожек и контактных площадок на единицу площади по сравнению с односторонней печатной платой (ОПП) и двусторонней печатной платой (ДПП);
- Снижение средней длины проводников, которое положительно сказывается на быстродействии оборудования.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

Помимо преимуществ МПП, так-же есть и недостатки:

- Изготовление МПП требует большого контроля и больших затрат по сравнению с ОПП;
- Уходит много времени и ресурсов на проектирование МПП;
- Дорогое оборудование для производства;
- Жесткие нормы выходного контроля.

2.1.2 Выбор класса точности ПП

По ГОСТ Р 53429-2005 [11] существует 7 классов точности. Каждый класс точности определяет минимальные размеры параметров печатного рисунка.

Печатные узлы для прибора "Измеритель малых токов", будут изготовлены по 4 классу точности. Для этого класса необходимы особые условия при изготовлении ПП, прецизионное оборудование и специальные материалы, что соответствует уровню технологии оснащенности на предприятии-изготовителе.

2.1.3 Выбор шага координатной сетки

В качестве элементной базы на разрабатываемые печатные узлы применяются в основном импортные электрорадиоэлементы. Шаг расположения выводов, которых, кратен 0,635 мм, поэтому в соответствии с ГОСТ Р 51040-97 [10], принято решение использовать координатную сетку с шагом 0,635 мм.

2.1.4 Выбор метода изготовления ПП

В качестве технологии изготовления МПП на предприятии-изготовителе используют метод металлизации сквозных отверстий [1].

Метод заключается в изготовлении внутренних слоев химическим методом, сборки и прессовании в многослойную заготовку, состоящую из отдельных слоев (экранов) и склеивающих прокладок между ними, сверлении сквозных отверстий.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

Изготовление внешних слоев происходит комбинированным позитивным методом с одновременной металлизацией отверстий [15].

Метод позволяет изготавливать ПП с большой плотностью компоновки интегральных микросхем, большой коммутационной способностью. Дает возможность применять одностороннюю установку компонентов со штыревыми выводами.

2.1.5 Выбор размеров и конфигурации ПП

Согласно техническому заданию, конфигурация печатных плат – прямоугольной формы, размеры которых:

- Плата измерения тока 100×70 мм;
- Плата преобразования сигналов 100×60 мм;
- Плата главного контроллера 100×60 мм;
- Плата интерфейсная 45×45 мм.

2.1.6 Выбор материала основания ПП

При субтрактивном методе изготовления используется фольгированные диэлектрики. В качестве диэлектрика применяют стеклотекстолит, гетинакс, полиимид и другие материалы.

Для изготовления печатных плат будет использован стеклотекстолит МИ1222-2-35-08, который обладает хорошими механическими и электрическими характеристиками, имеет меньшее влагопоглощение и выше нагревостойкость по сравнению с гетинаксом [2].

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

2.2 Создание схемного документа

Все примеры в программе сквозного проектирования Altium Designer показаны на примере платы измерения тока (ПИТ).

2.2.1 Создание проекта ПП

Работа в среде Altium Designer начинается с создания проекта ПП (PCB Project), который имеет расширение <*.PrjPcb>. Проект ПП содержит совокупность документов необходимых для проектирования ПП, такие как схема электрическая принципиальная, документ ПП, задание для формирования выходной документации. Документы, включенные в проект, имеют иерархическую структуру (рис. 1).

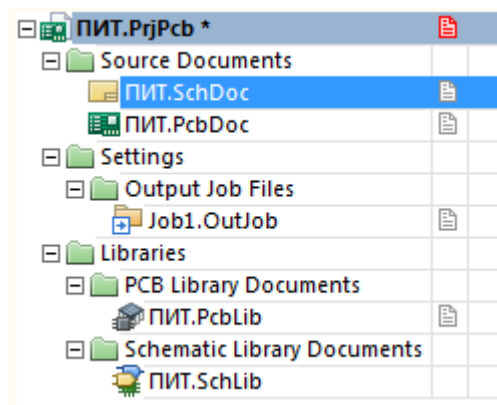


Рисунок 1 – Рабочая панель Projects, отражающая документы проекта

В состав созданного проекта ПИТ.PrjPcb включена схема электрическая принципиальная разрабатываемого изделия ПИТ.SchDoc.

Схемный документ предназначен для определения состава используемых радиоэлементов (РЭ) и задания электрических связей между их выводами.

2.2.2 Создание библиотеки символов

В библиотеке символов рисуются условные графические обозначения (УГО), размещаемые на схемах. УГО состоит из графики компонента и контактов, которые необходимы для электрических связей, места привязки символа, атрибутов (название компонента) (рис. 2, рис. 3).

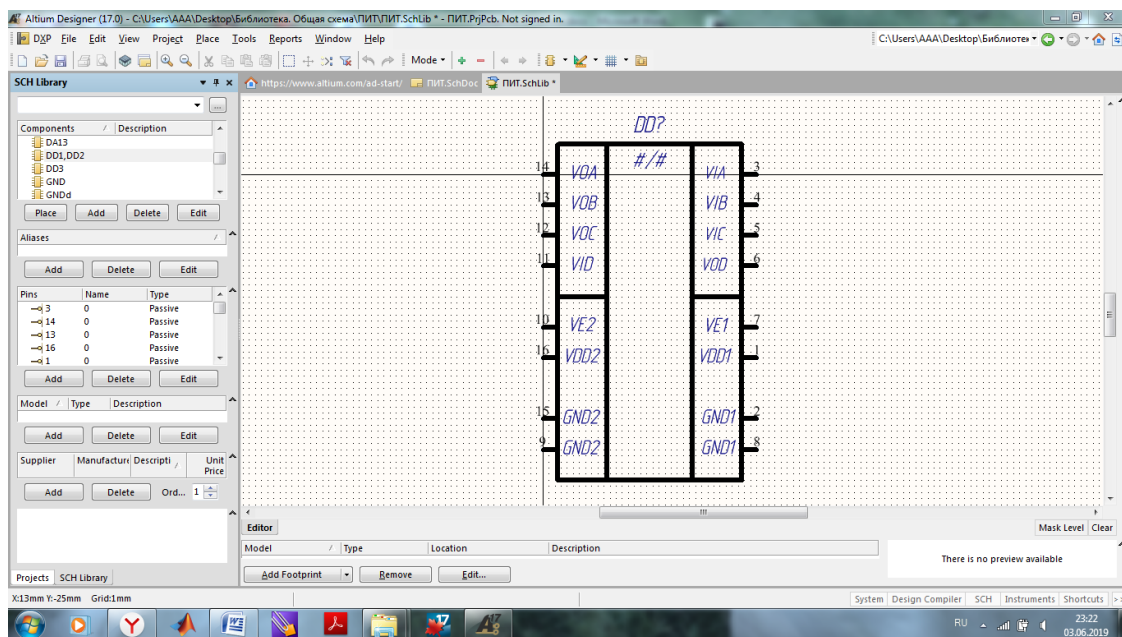


Рисунок 2 – УГО для микросхемы

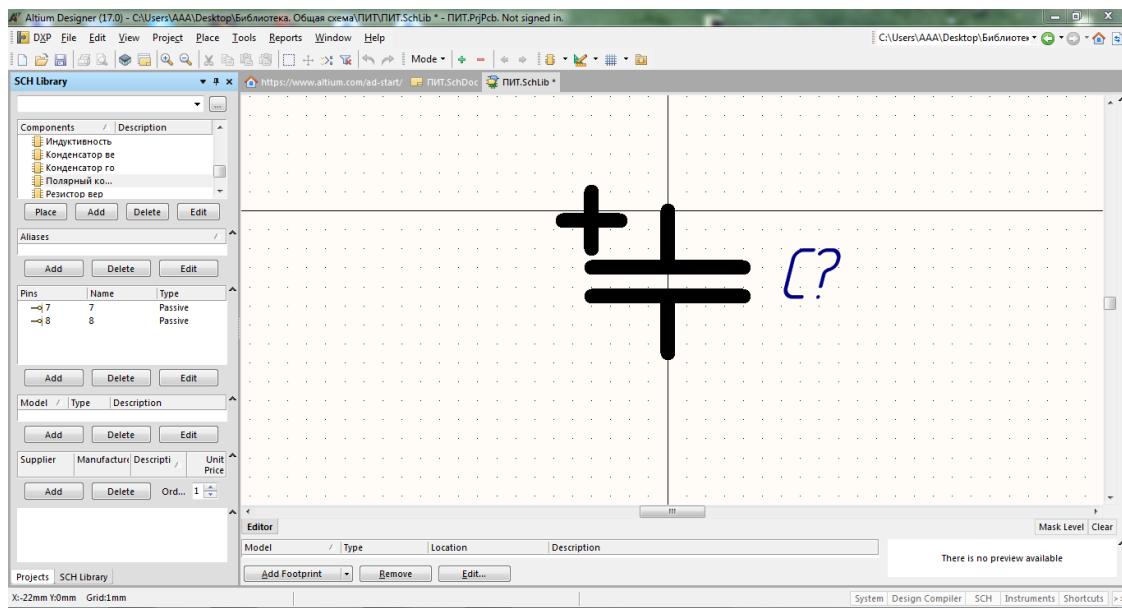


Рисунок 3 – УГО для полярного конденсатора

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

11.04.03.2019.177.00 ПЗ

Лист

15

Для обеспечения единообразия при оформлении электрических принципиальных схем, создана библиотека компонентов элементной базы, отвечающая заданным требованиям:

1. Шаг модульной сетки, в которой рисуется УГО, равен 1 мм;
2. Графика УГО выполняется основной линией, цвет - черный. Ширина линий контура - Medium, что соответствует толщине 0,762 мм;
3. Для контактов (Pin) необходимо использовать темно-синий цвет, чтобы отличить их от линий. При необходимости скрытые выводы, для отличительного признака от других частей чертежа выполняются в красном цвете.
4. Длина контактов, должна быть такой, чтобы при расположении компонента на схеме, точки подключения проводников к выводу лежали в узле сетки с шагом 2,5 мм;
5. Для обозначения элемента используется шрифт GOST type A синего цвета, в курсивном начертании, высотой 16 пунктов, что соответствует 3,5 мм;
6. Левый вывод УГО (левый верхний у многовыводных символов) предназначенный для подключения проводников, должен располагаться в начале координат окна редактирования УГО. Это необходимо для удобства вставки компонентов на принципиальную схему в узлы сетки (рис. 2). Каждый контакт элемента имеет свой порядковый номер в корпусе и имя.

Для создания условных графических обозначений (УГО) используемых элементов на электрических принципиальных схемах, был использован межгосударственный стандарт 2.721-74 [5]. В нем подробно указаны размеры и графическое начертание УГО.

Для подключения библиотеки символов – ПИТ.Schlib к схеме электрической принципиальной – ПИТ.SchDoc, она была сохранена в проекте разрабатываемой ПП – ПИТ.PrjPcb.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

2.3 Разработка печатного узла

В состав созданного проекта ПИТ.PrjPcb включается файл разработки ПП ПИТ.PcbDoc.

2.3.1 Создание библиотеки посадочных мест

Компонент, размещаемый на ПП, имеет посадочное место (ПМ) для припайки выводов к контактным площадкам. Посадочное место представляет собой контур элемента с набором соответствующего числа контактных площадок или монтажных отверстий, расположенных нужным образом. При создании посадочных мест были использованы стандартные размеры определенных видов корпусов.

В выполняемой выпускной квалификационной работе для установки элементов на печатные платы используются две технологии монтажа и, следовательно, два вида компонентов. Это компоненты, монтируемые в отверстия, и компоненты для поверхностного монтажа. Посадочные места для них принципиально отличаются.

Компоненты, имеющие штыревые выводы, используют монтажные отверстия с контактными площадками (КП), а для посадочного места планарного компонента используется набор контактных площадок. На рис.6 приведены примеры ПМ для резисторов со штыревыми выводами и планарных резисторов (рис.7)

Для удобства размещения в состав ПМ включаются дополнительные элементы, которые представляют собой очертания монтируемых элементов на ПП

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

или другие фигуры, несущие информацию о месте, необходимом для размещения компонента, реперные знаки для его точного позиционирования и т.д.

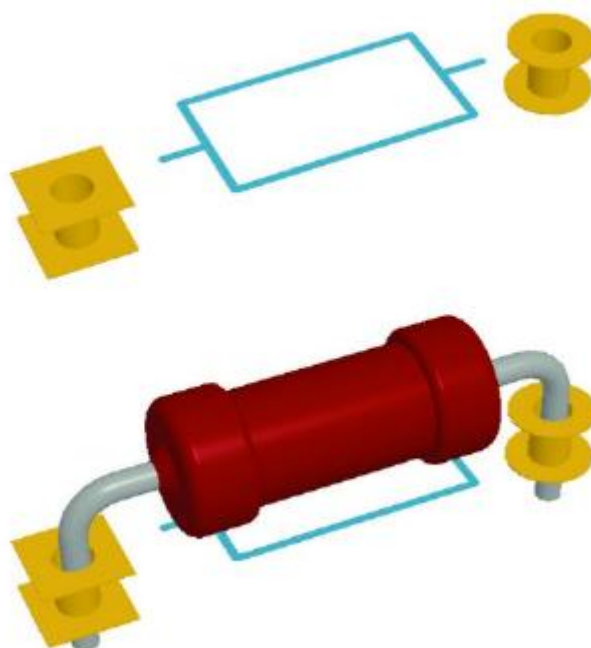


Рисунок 6 – трехмерный вид посадочного места и твердотельная модель резистора

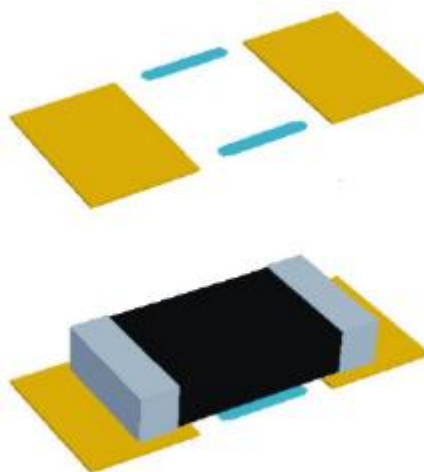


Рисунок 7 – трехмерный вид посадочного места и твердотельная модель
ЧИП-резистора

В окне свойств КП (Pad) выбрана форма и размер отверстия и КП (рис. 8).

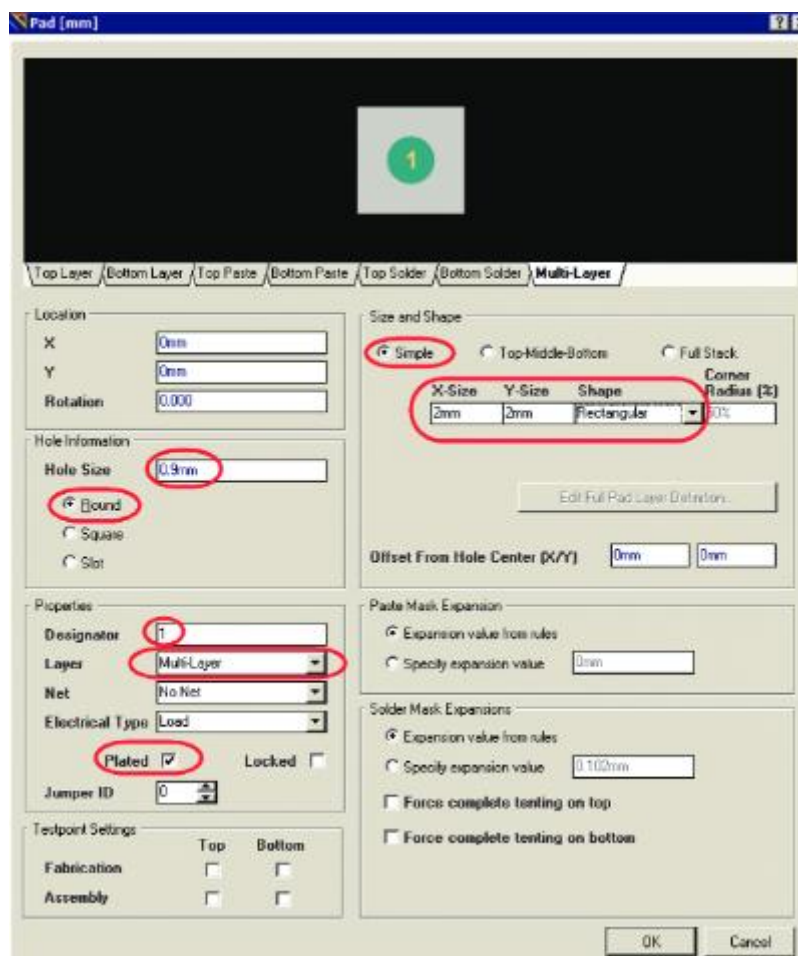


Рисунок 8 – Окно свойств контактных площадок

В работе разрабатываются МПП, поэтому для штыревых компонентов создана контактная площадка на каждом слое металлизации, номер которой совпадает с номером вывода в корпусе компонента.

В Altium есть возможность определять структуру стека (группа площадок), для выполняемой работы выбран простой вариант, когда на всех слоях платы размеры и форма контактных площадок одинакова. Структура контактных площадок на разных слоях четырехслойной платы представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 – Простейший стек контактных площадок

Следующим этапом является подключение посадочных мест к компонентам библиотеки символов. Для этого в библиотеке символов выбрана команда Add Footprint (Добавить ПМ), выбрано в списке нужное посадочное место для подключаемого компонента.

Следующим важным этапом является компиляция библиотечного проекта, которая проверяет наличие ошибок и нарушений. Так как ошибок после проведения компиляции не обнаружено, то происходит объединение файлов всех моделей, подключенных к элементу в единый файл интегрированной библиотеки.

2.3.2 Создание трехмерной модели

Для более качественного выполнения компоновки используются 3D модели элементов разрабатываемой ПП, они наглядно дают представление о форме и габаритах. Для разрабатываемой платы использованы упрощенные внутренние твердотельные модели (рис. 10), созданные в Altium Designer.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

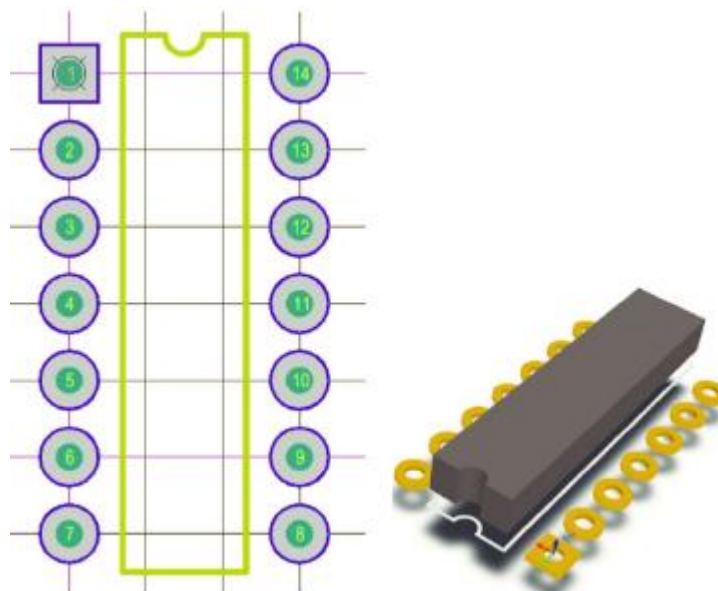


Рисунок 10 – Добавление посадочного места к трехмерной модели

2.3.3 Передача информации из схемы на ПП

Наличие созданного документа ПП и скомпилированной схемы в составе проекта позволило выполнить передачу информации из схемного редактора в редактор ПП. Для этого был использован механизм ECO-Engineering Change Order. Данный механизм запускается как из схемного редактора, так и из редактора ПП с помощью команды Design-Update PCB Document <Имя документа> (рис.11).

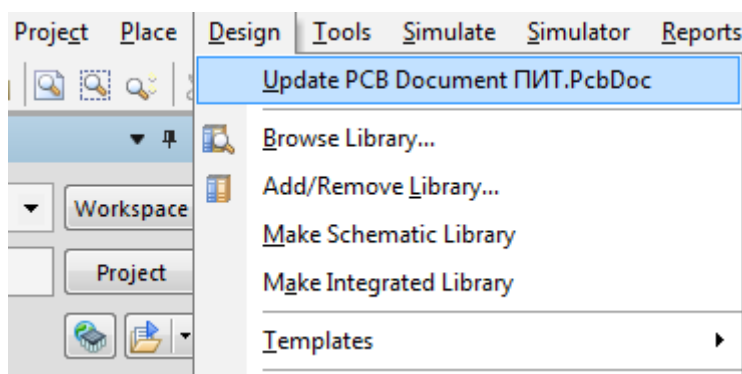


Рисунок 11 – Активация команды передачи данных из схемного редактора в редактор ПП

2.3.4 Структура печатной платы

ПП – это совокупность металлических (электрических) и изолирующих (диэлектрических) слоев определенной толщины.

Формирование проводящего рисунка и соединение его с выводами компонентов происходит на металлических слоях, которые являются основой структуры платы.

Механическое скрепление металлических слоев друг с другом, обеспечивают диэлектрические слои, которые разделяют их электрически и выполняют несущие функции.

В конструкции МПП выделяют два вида металлических слоя, это сигнальные (Signal Layers) и экранные (Plane Layers). Сигнальные слои могут располагаться, как внутри структуры МПП, так и на ее внешних сторонах. Сигнальные слои используются для формирования проводящего рисунка, часто имеющих большие многоугольные участки меди (полигоны).

Экранные слои, они же слои внутренней металлизации располагаются только внутри МПП, они представляют сплошную плоскость из меди, которая используется в качестве заземления или питания компонентов, что упрощает подключение элементов схемы.

В процессе изготовления ПП на внешних поверхностях платы создается защитная припойная маска (Solder Mask), и через специальные трафареты формируется маркировка специальной краской (Overlay).

Под физической структурой платы понимают совокупность электрических, диэлектрических, защитных и маркировочных слоев.

В работе разрабатывается 4 многослойные платы, одинаковые по своей структуре, каждая из которых состоит из четырех сигнальных слоев.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

Параметры МПП заданы в окне Layer Stack Manager (Управление стеком слоев), которое наглядно представляет структуру ПП в графическом и табличном виде (рис.12).

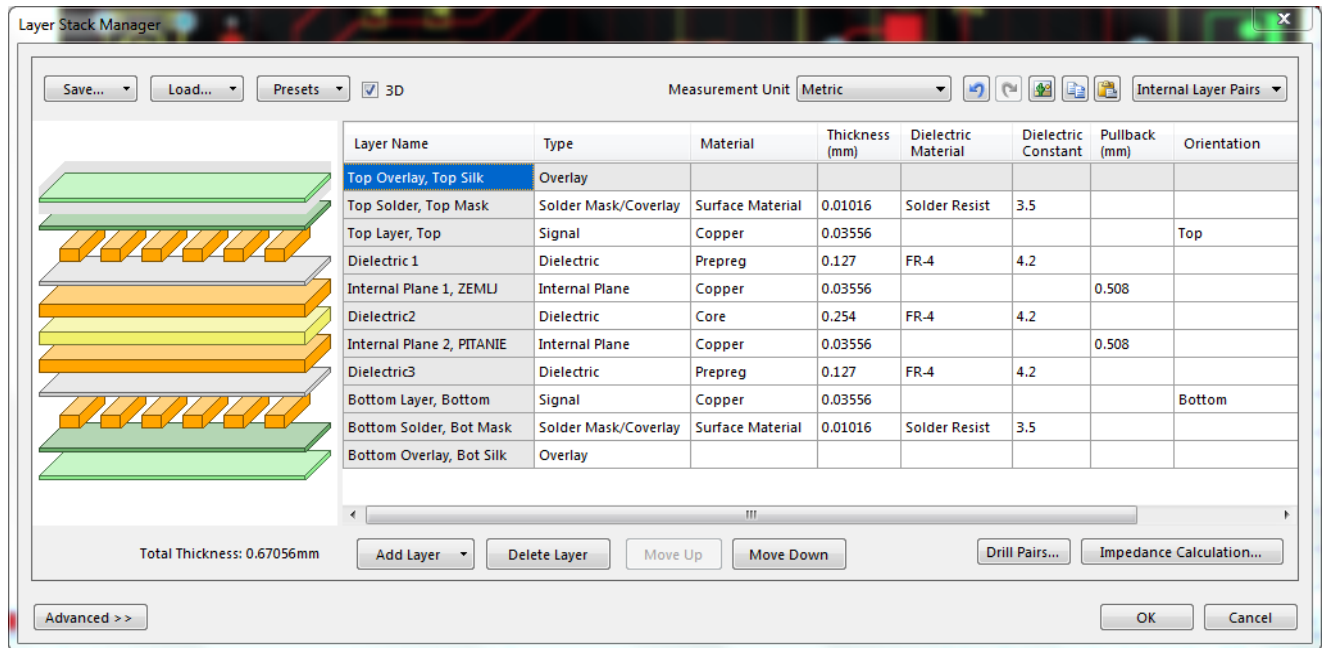


Рисунок 12 – Структура четырехслойной платы

Под названием Top Overlay, Top Silk и Bottom Overlay, Bot Silk, подразумеваются слои шелкографии (маркировки), соответственно с верхней и нижней сторон печатной платы. Top Solder, Top Mask и Bottom Solder, Bot Mask – это слои верхней и нижней защитных припойных масок, а Top Layer и Bottom Layer – верхний и нижний сигнальные слои металлизации. Диэлектрические основания платы представлены слоями Basis Dielectric 1, Basis Dielectric 2, Basis Dielectric 3.

2.3.5 Размещение крепежных отверстий

Для закрепления плат в корпусе изделия "Измеритель малых токов", используется 4 крепежных отверстия на каждом разрабатываемом ПУ. Крепежные отверстия имеют круглую форму, диаметром 3,2 мм и располагаются по углам заготовок ПП на расстоянии 5 мм с каждой из сторон платы.

В Altium Designer крепежные отверстия представляют собой контактные площадки, расположенные на слое Multi-Layer.

2.3.6 Компоновка элементов на ПП

Компоновка элементов произведена с учетом тепловых, механических, электрических и электромагнитных связей для избежания паразитных наводок, влияющих на технические характеристики соседних элементов и в целом на изделие.

Фильтрующие конденсаторы по питанию для микросхем установлены максимально близко к соответствующим выводам микросхем.

2.3.7 Размещение компонентов на ПП

Следующим значительным этапом разработки ПП, является размещение компонентов с учетом выбранного критерия оптимальности, который должен стремиться к минимуму. Размещение компонентов на ПП должно быть таким, чтобы создать наилучшие условия для трассировки, во избежание неразведенных цепей.

При размещении рассматривались критерии, которые лишь качественно способствовали решению главной задачи размещения.

Для размещения компонентов на поле платы в Altium Designer использован ручной метод, т.к. от расположения компонентов зависит работоспособность устройства, что не учитывает инструмент автоматического размещения.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

Используемая элементная база для разрабатываемой ПП является импортной, поэтому шаг координатной сетки был выбран 0,635, что соответствует стандарту ГОСТ Р 51040-97 [10].

2.3.8 Правила проектирования

Следующим заключительным этапом является трассировка платы.

Разрабатываемая ПП должна соответствовать требованиям четвертого класса точности по ГОСТ Р 53429-2009 [11], в соответствии с этим были установлены правила проектирования.

Параметры печатного рисунка по 4 классу точности приведены в табл.1.

Таблица 1 – Параметры печатного рисунка

Наименование параметра элемента печатного рисунка	Наименьшее номинальное значение размеров для 4 класса точности, мм
Ширина проводника	0,15
Расстояние между проводниками	0,15
Гарантийный поясок контактной площадки	0,05

Если на ПП есть свободное место, то значение параметров допускается устанавливать по-любому более низкому классу точности.

2.3.9 Полигонная заливка

Полигонная заливка – это большая область металлизации на сигнальных слоях. Для разрабатываемых ПП выполнены полигоны на двух экранных слоях (питание рис.13 и земля рис.14), представленные только своими границами (Outline Only).

Подключение полигонной заливки к контактным площадкам происходит через прямое и термальное подключение.

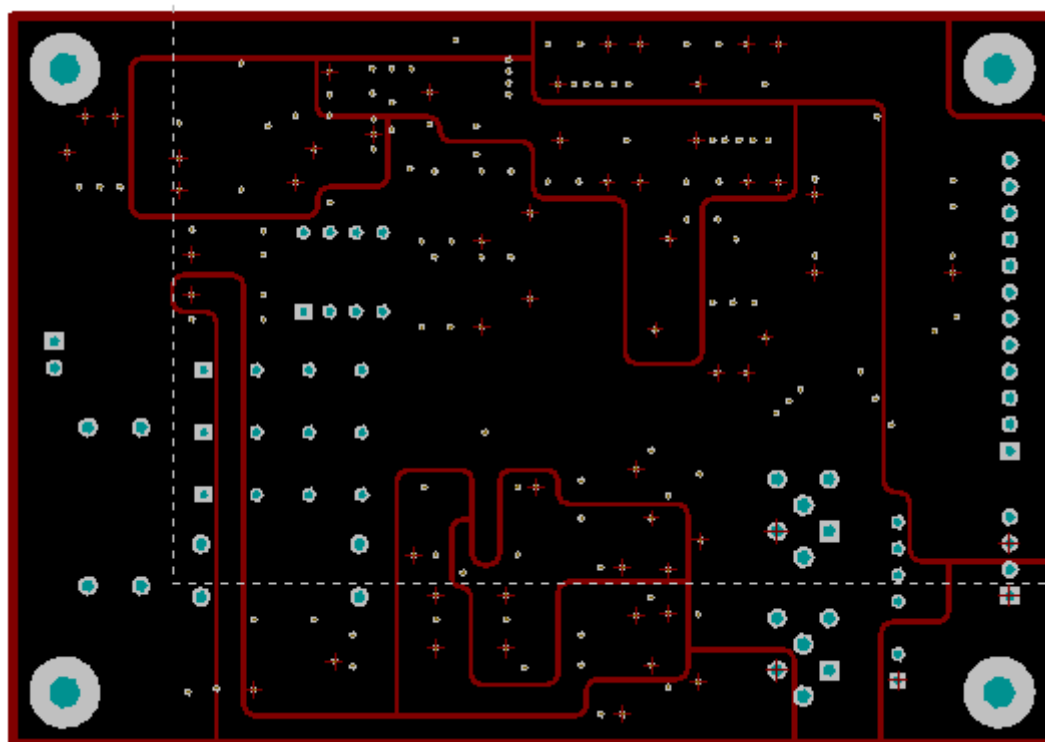


Рисунок 13 – Слой питания МПП

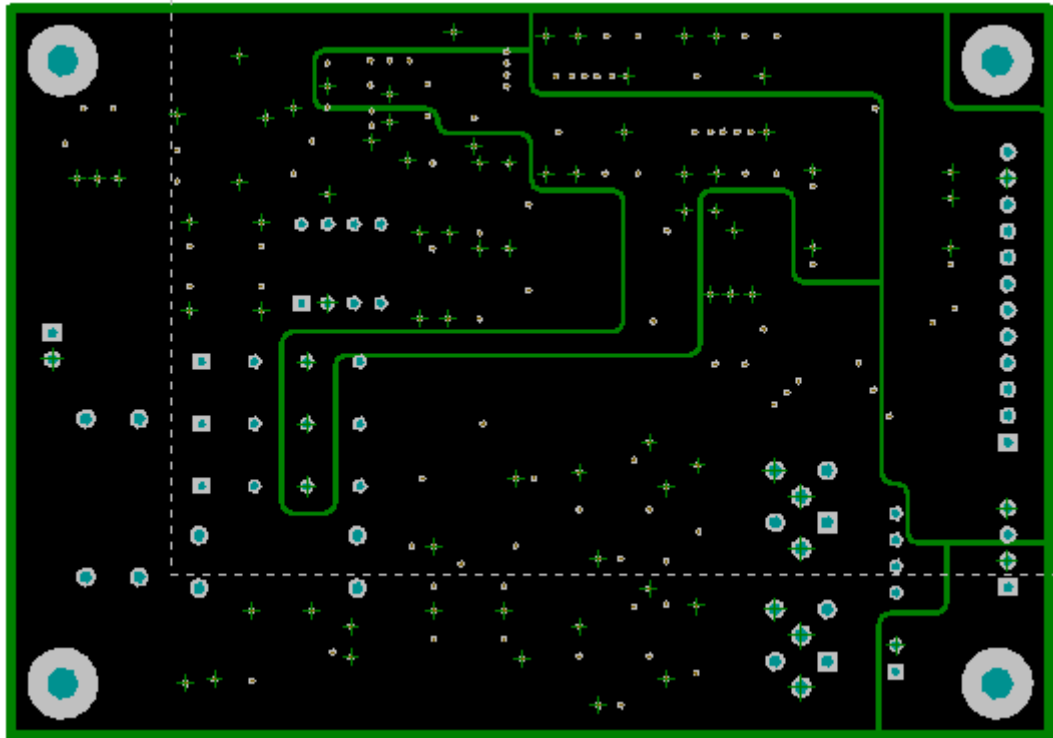


Рисунок 14 – Слой земли МПП

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

2.4 Разработка конструкции корпуса

Измеритель малых токов является стационарным прибором важным для безопасности, он относится к элементам нормальной эксплуатации и имеет классификационное обозначение ЗН по НП-016-05 и НП-001-15.

Конструктивно прибор "Измеритель малых токов", необходимо выполнить в виде отдельного блока для настенного исполнения.

В качестве защитного корпуса по заданию необходимо использовать компактный распределительный шкаф компании ПРОВЕНТО - MES 40.30.15.

Узлы измерителя должны быть разборными, т.е иметь полный доступ к их элементам и возможность замены в случае выхода из строя, поэтому было принято решение использовать модульную структуру расположения.

Согласно схеме электрической принципиальной и соединений 11.04.03.2019.01 Э0 – Измеритель малых токов (ПРИЛОЖЕНИЕ 1) в состав прибора входят четыре вида ПУ:

- плата измерения тока 11.04.03.2019.177.03 СБ;
- плата преобразования сигналов 11.04.03.2019.177.05 СБ;
- плата главного контроллера 11.04.03.2019.177.07 СБ;
- плата интерфейсная 11.04.03.2019.177.09 СБ.

Измеритель преобразует плотность нейтронного потока с помощью детекторов прямого заряда (ДПЗ) в ток. В состав разрабатываемого прибора входит 9 каналов подключения «полезного» сигнала ДПЗ и девять каналов подключения «фоновый» сигнала ДПЗ (рис.15). Комплектация подключения одного датчика (сигнал 1 + фон 1) содержит 3 ПУ, две платы измерения тока и одна плата преобразования сигналов.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

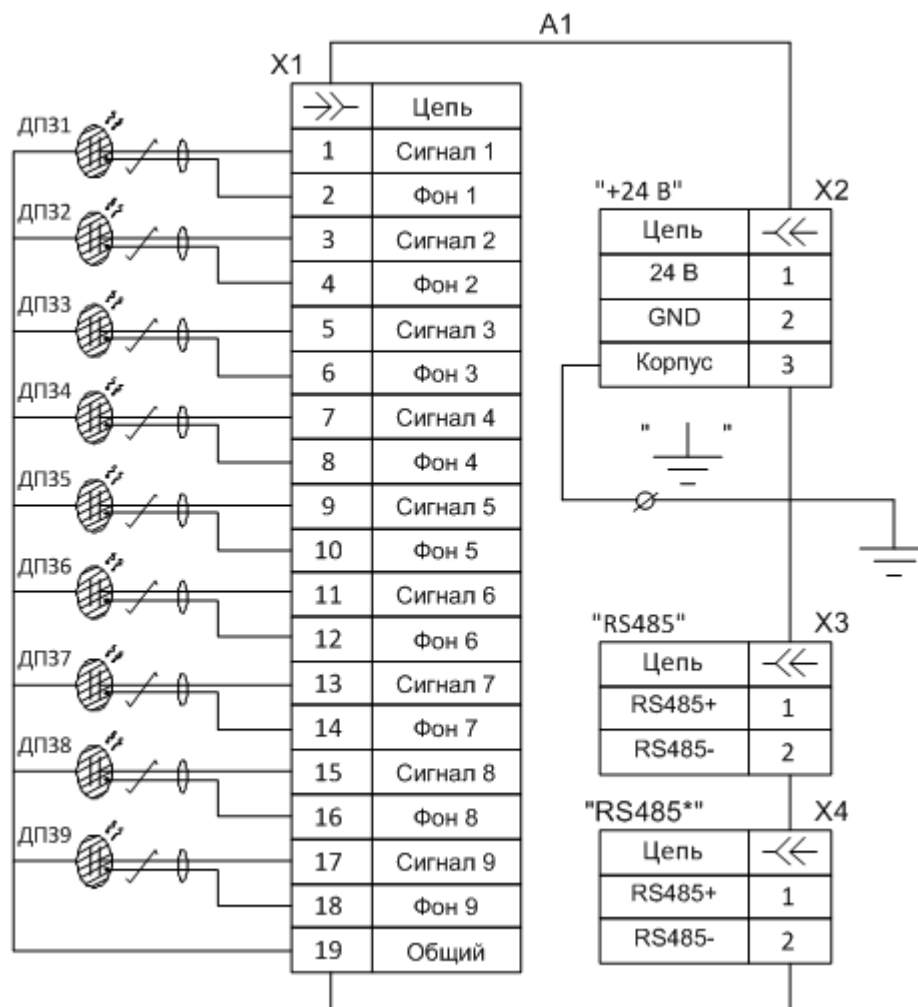


Рисунок 15 – Схема электрическая подключений ДПЗ к измерителю малых токов

A1 – измеритель малых токов;

ДПЗ1-ДПЗ9 – датчик прямого заряда;

X1 – розетка ШЦ23-19/22P-6-B;

X2 – вилка ODU S22K0C-P03LSN0-500S;

X3, X4 – вилка ODU S22K0C-P04LPN0-500S.

Передача измеренных значений тока на устройства накопления и обработки информации осуществляется с помощью других ПУ, двух интерфейсных плат и одной платы главного контроллера.

ПУ, предназначенные для измерения плотности нейтронного потока, монтируются на кассету (рис.16), состоящую из основного корпуса (рис.17) и верхней планки (рис.18).

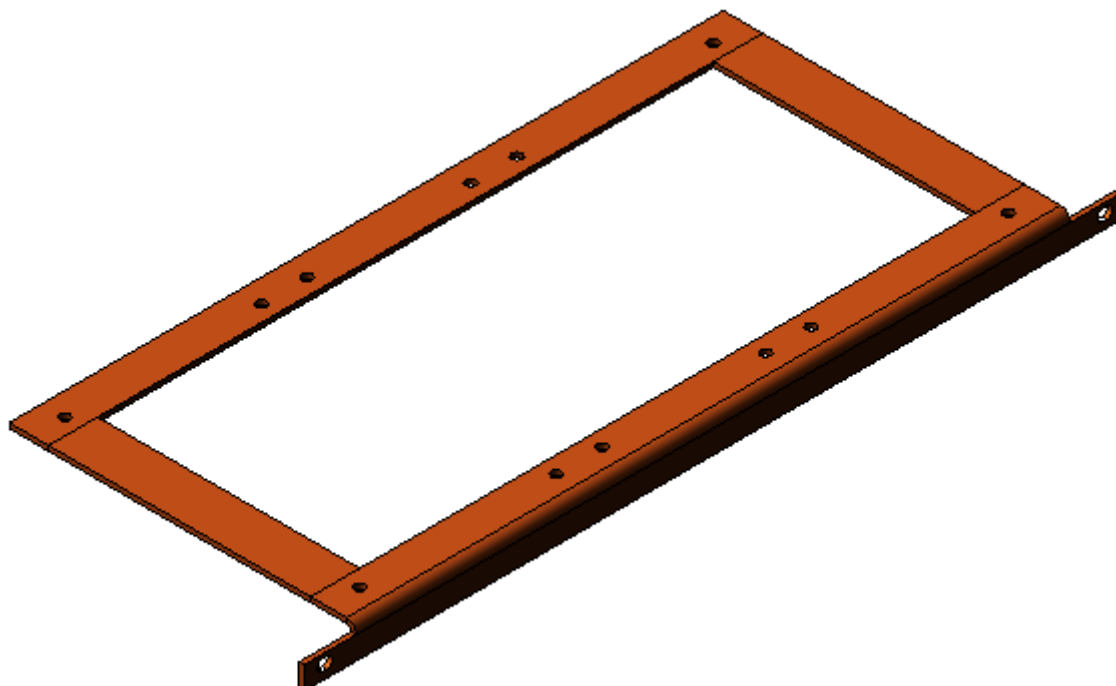


Рисунок 16 – Кассета для крепления печатных узлов, измеряющих плотность нейтронного потока

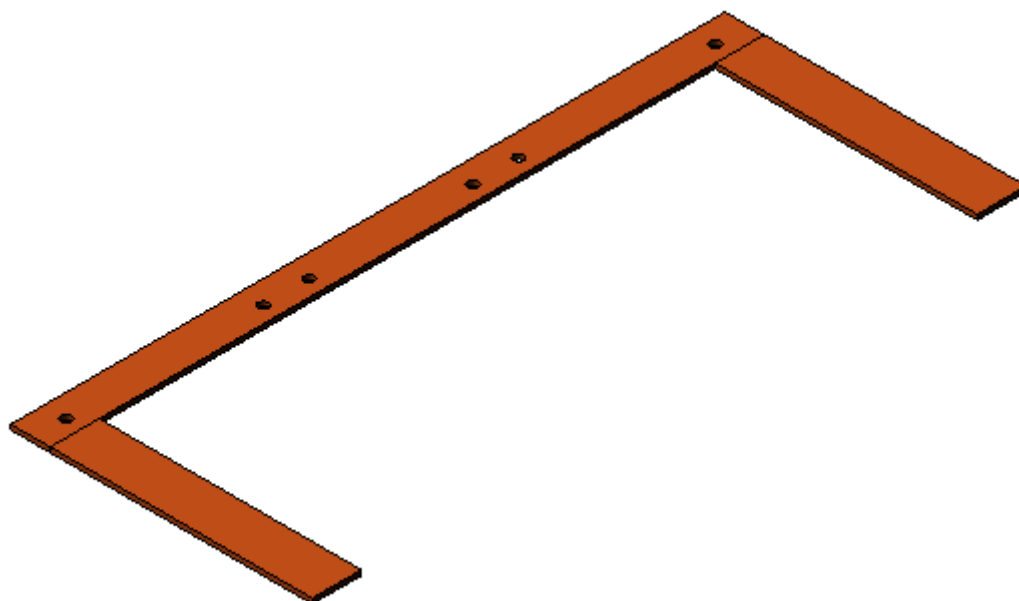


Рисунок 17 – Основной корпус кассеты для крепления печатных узлов, измеряющих плотность нейтронного потока

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

11.04.03.2019.177.00 ПЗ

Лист

32

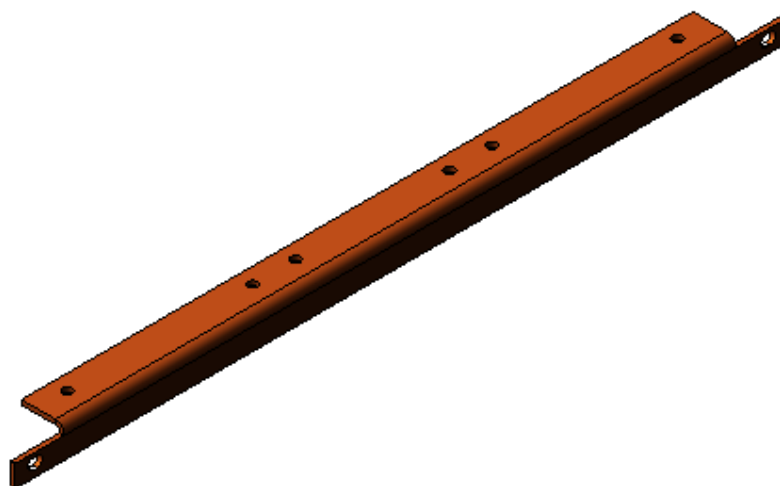


Рисунок 18 – Верхняя планка кассеты для крепления печатных узлов измеряющих плотность нейтронного потока

Кассета, предназначенная для монтажа ПУ, которые передают измеренные значения тока на устройства накопления (рис. 19), также состоит из основного корпуса (рис. 20) и верхней планки (рис. 21). В основной корпус кассеты добавлена планка, которая предназначена для крепления интерфейсных плат.



Рисунок 19 – Кассета для крепления печатных узлов, предназначенных для передачи измеренных значений тока

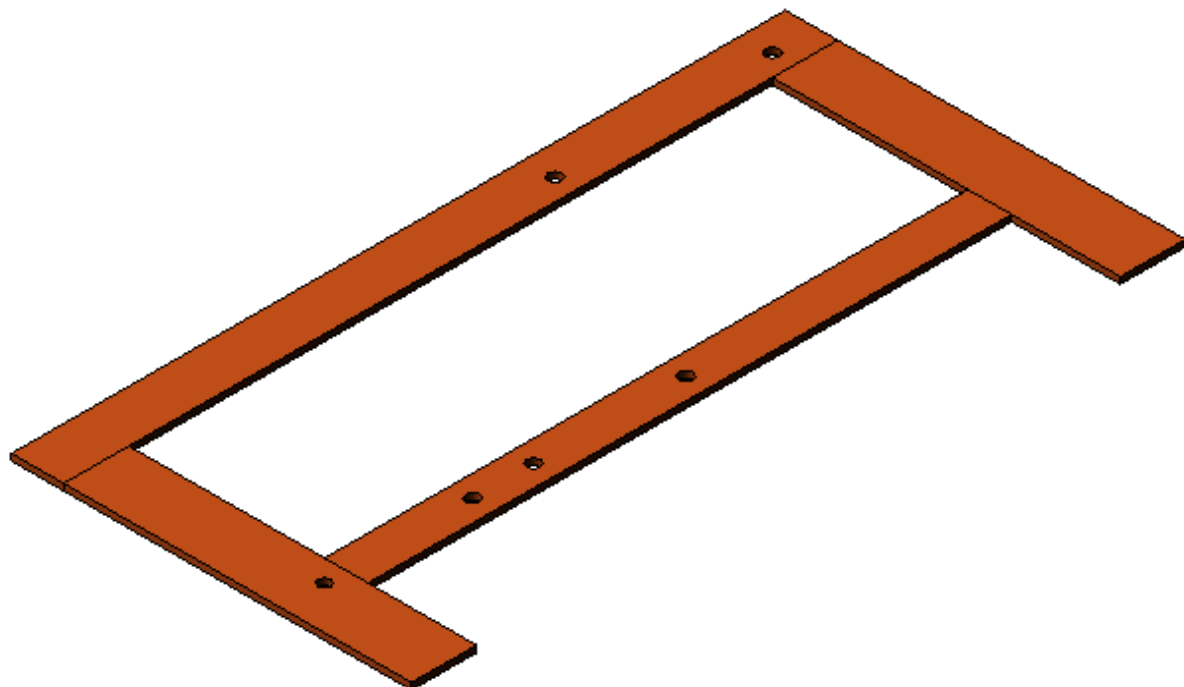


Рисунок 20 – Основной корпус кассеты печатных узлов, предназначенных для передачи измеренных значений тока

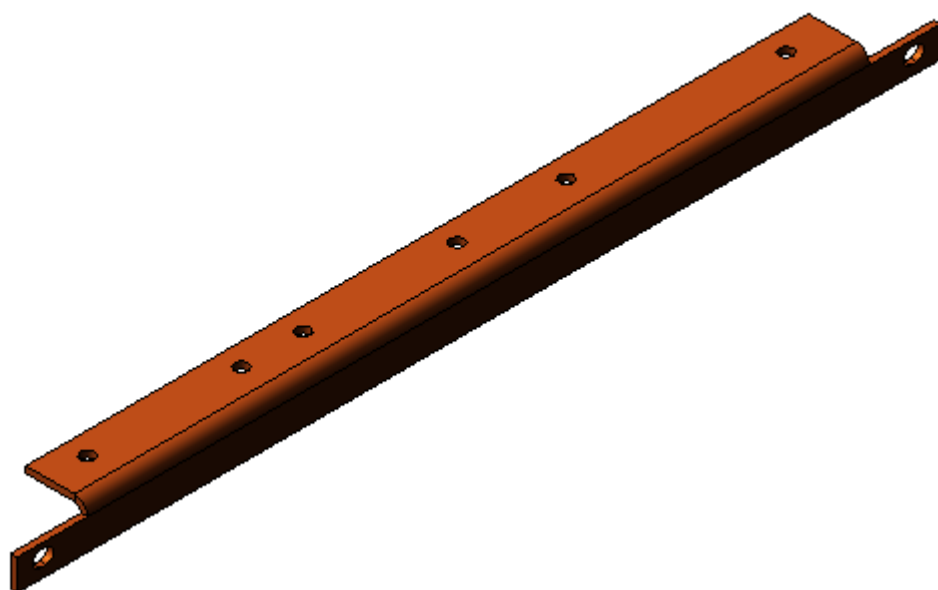


Рисунок 21 – Верхняя планка кассеты печатных узлов, предназначенных для передачи измеренных значений тока

Крепление печатных узлов на кассету производится с помощью крепежных винтов, шайб, гаек и амортизационных втулок. За счет амортизационных втулок не происходит соприкосновение ПУ. Крепеж каждого печатного узла осуществляется в 4 точках (рис. 22).

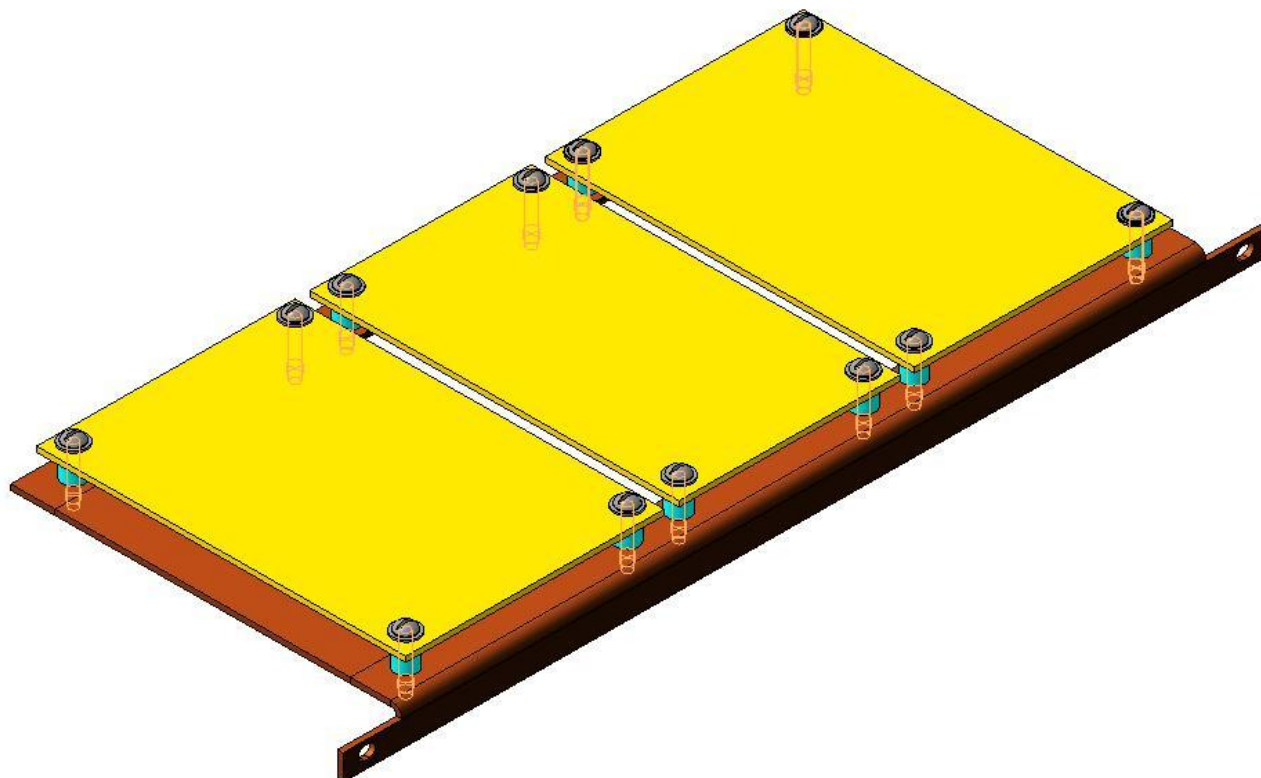


Рисунок 22 – Модуль, отвечающий за подключение ДПЗ

Т.о в комплектацию прибора "Измеритель малых токов" входит 10 модулей, один из которых отвечает за передачу данных на устройства накопления и обработки информации (рис. 23), а девять остальных за подключение ДПЗ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

11.04.03.2019.177.00 ПЗ

Лист

35

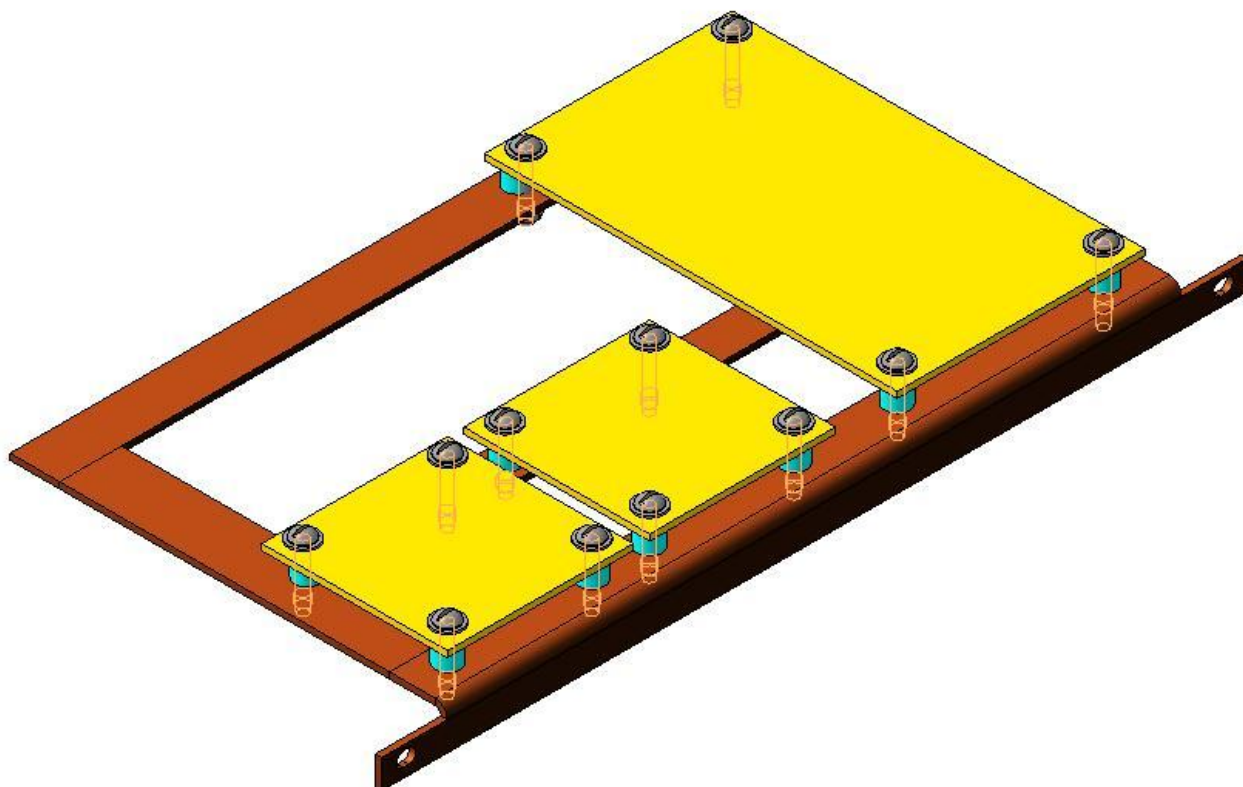
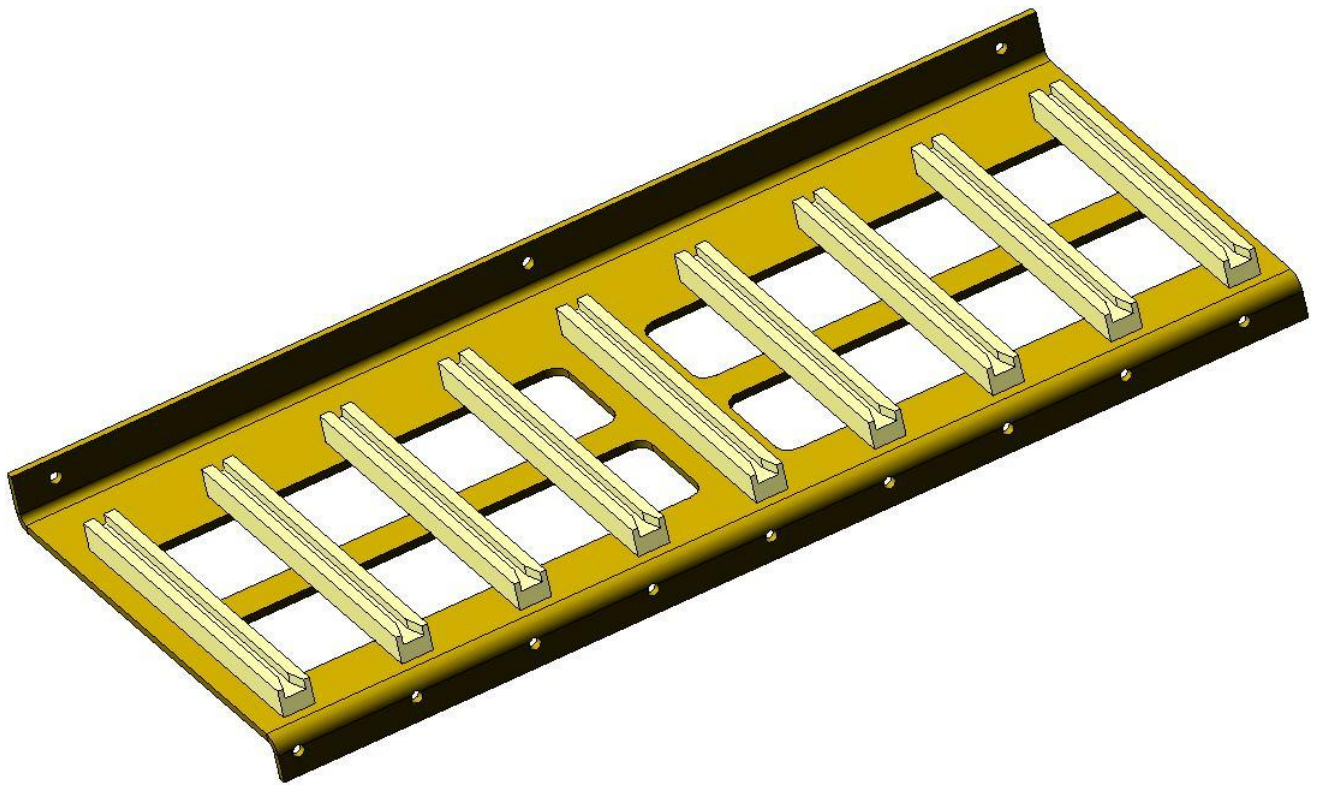
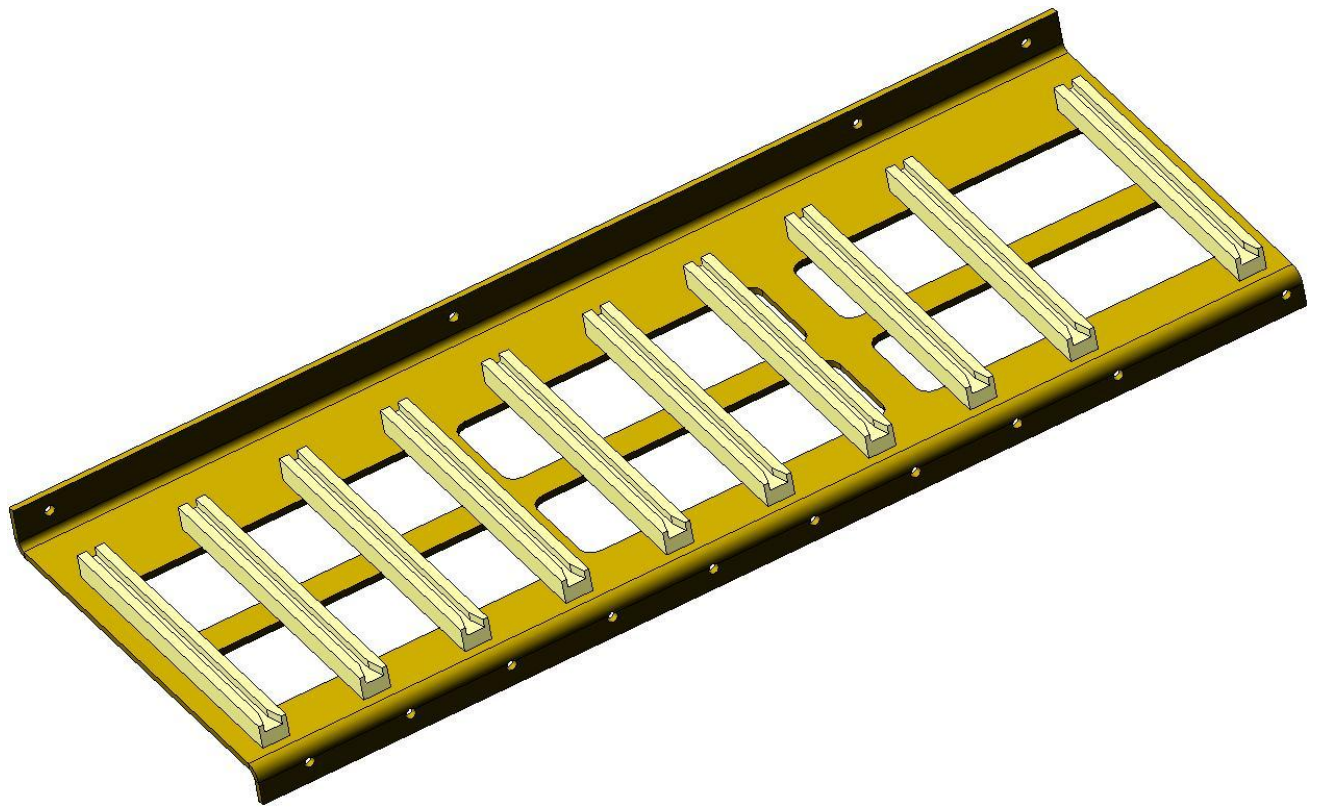


Рисунок 23 – Модуль, отвечающий за передачу данных на устройства накопления и обработки информации

Каркас крепления модулей состоит из уголка и направляющих, которые в свою очередь предназначены для того, чтобы модули находились в определенной плоскости (рис. 24). Направляющие расположены так, чтобы исключить соприкосновения между платами. Модули крепятся на каркасе крепежными винтами за счет скобы на верхней планке. Крепление кассеты предназначено для быстрого съема и ограничения.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

11.04.03.2019.177.00 ПЗ

Лист

37



Рисунок 24 – Каркасы для крепления модулей

Каркасы крепятся с помощью гаек, шайб и винтов к монтажной панели, которая в свою очередь крепится к корпусу с помощью гаек и шпилек (рис. 25).

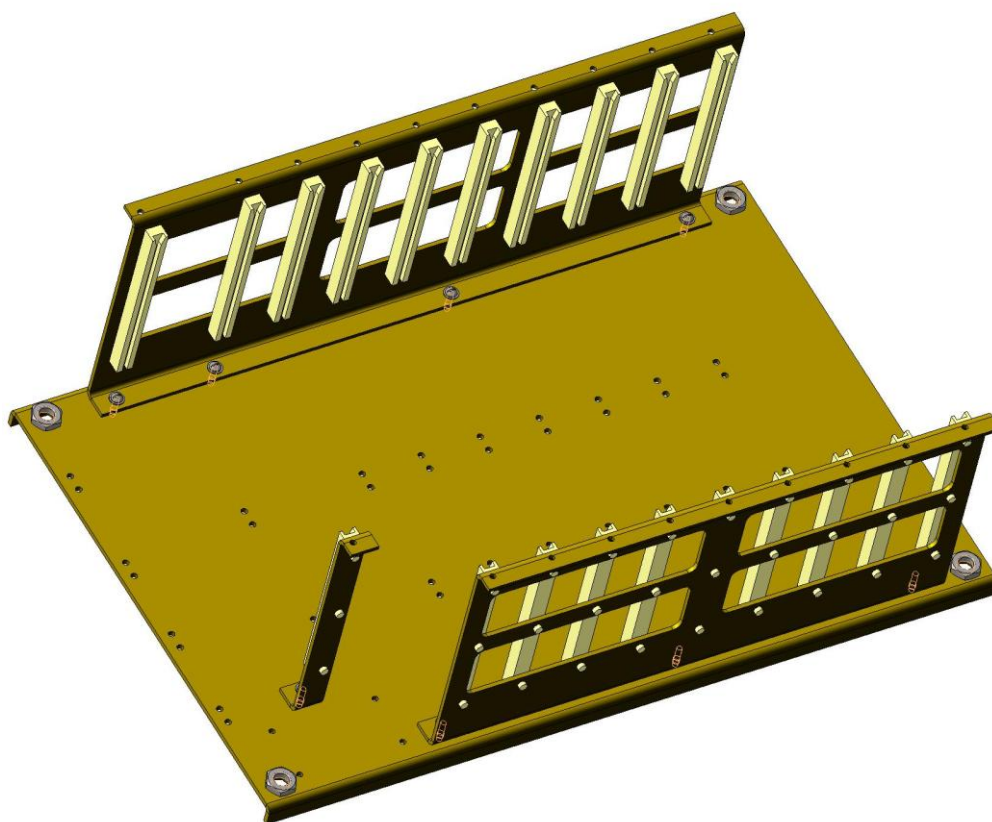


Рисунок 25 – Сборка монтажной панели с каркасами крепления ПУ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

11.04.03.2019.177.00 ПЗ

Лист

38

Так-же к монтажной панели крепится модуль фильтра (рис.26), который предназначен для защиты от электромагнитных полей.

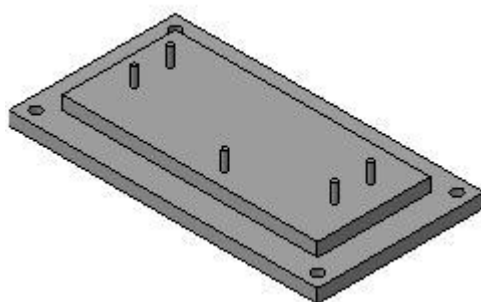


Рисунок 26 – Модуль фильтра

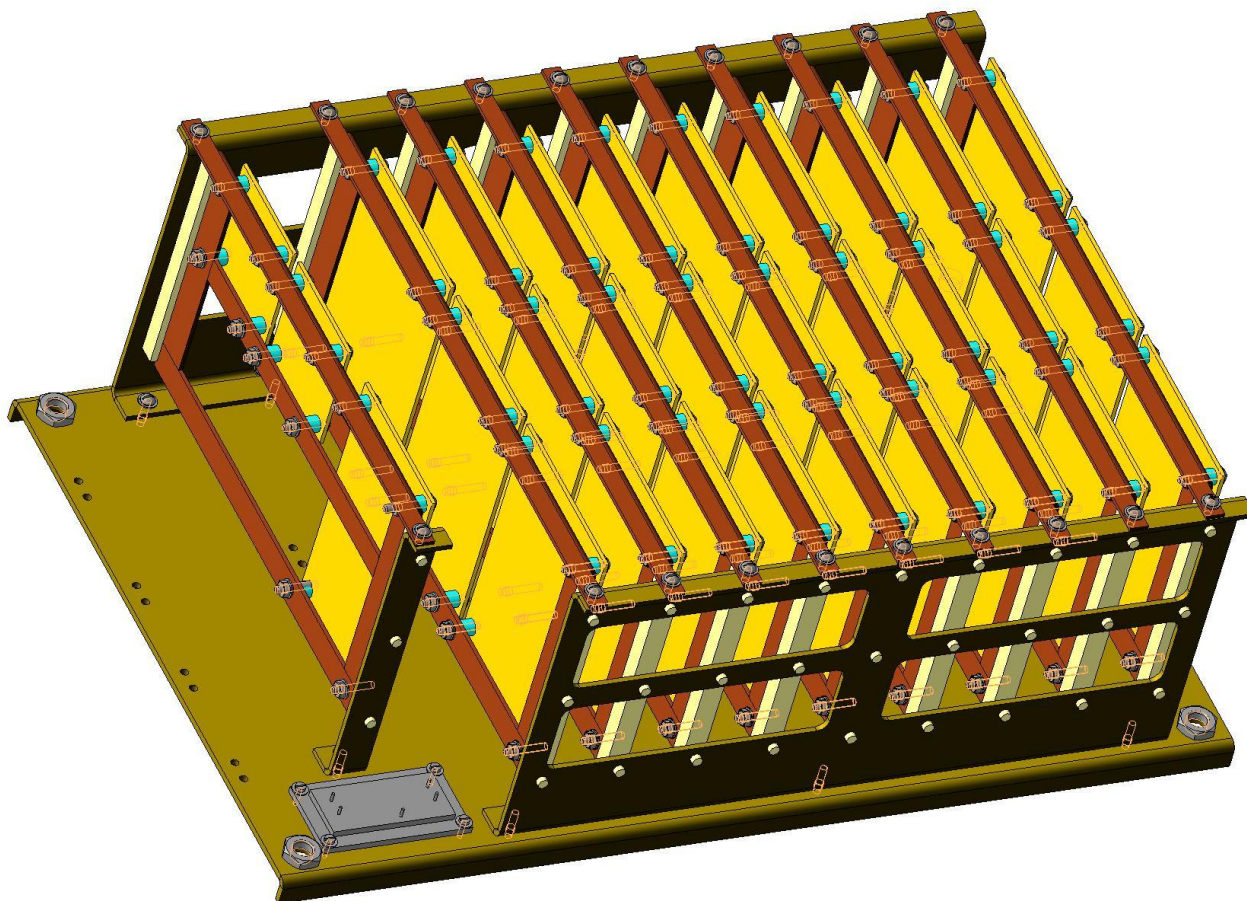


Рисунок 27 – Сборка монтажной панели с модулями

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

11.04.03.2019.177.00 ПЗ

Лист

39

Для подключения прибора "Измеритель малых токов" к внешним техническим средствам, на корпусе предусмотрены соединители, которые расположены на панели разъемов (рис. 28). Вилка СНЦ23-19/22 В-1-В, предназначена для подключения сигналов с ДПЗ; розетка G12K0C-P04MPH0-0000 («RS485» и «RS485*») для подключения линии связи с верхним уровнем; розетка G12K0C-P03MSN0-0000 («24 В») для подключения внешнего источника электропитания.

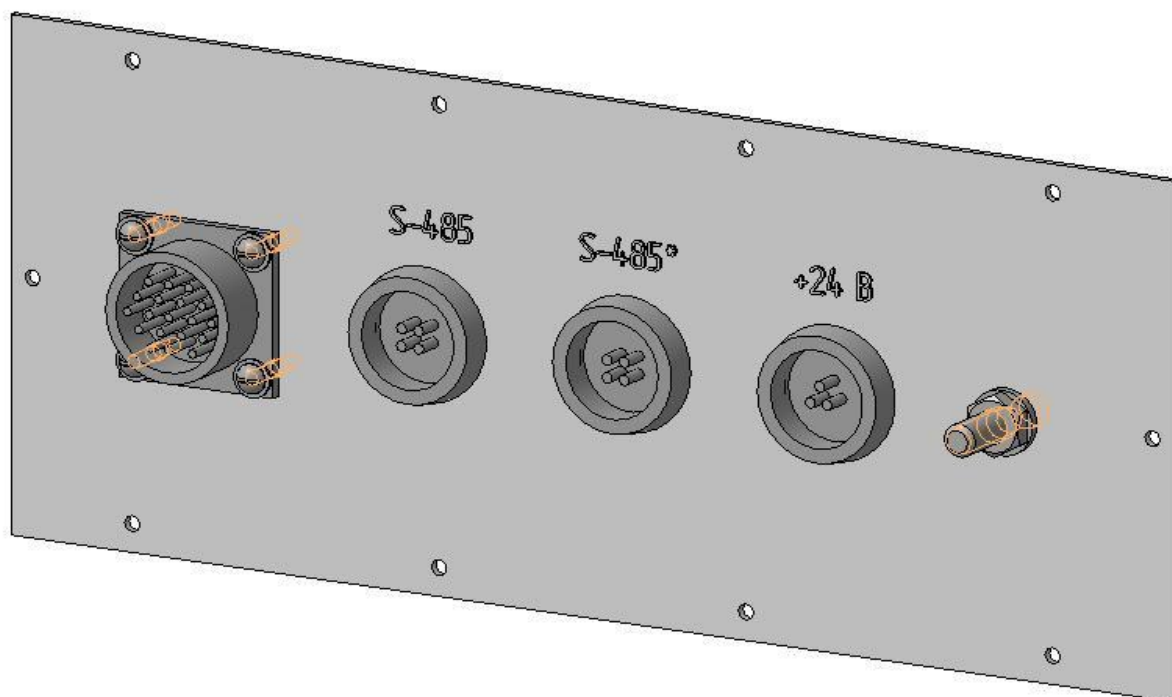


Рисунок 28 – Панель разъемов с соединителями

Корпус прибора крепится к стене при помощи скоб (рис. 29). (ПРИЛОЖЕНИЕ 2)

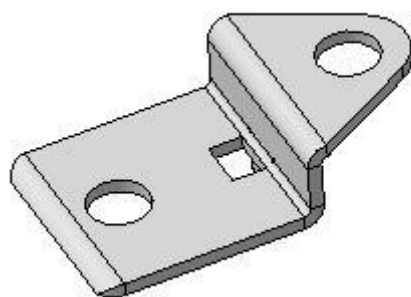


Рисунок 29 – Скоба для крепления корпуса измерителя

На корпусе измерителя нанесена маркировка следующего содержания (рис. 30):

- тип;
- наименование и товарный знак предприятия-изготовителя;
- заводской номер;
- год изготовления;
- классификационное обозначение ЗН;
- степень защиты по ГОСТ 14254-2015.

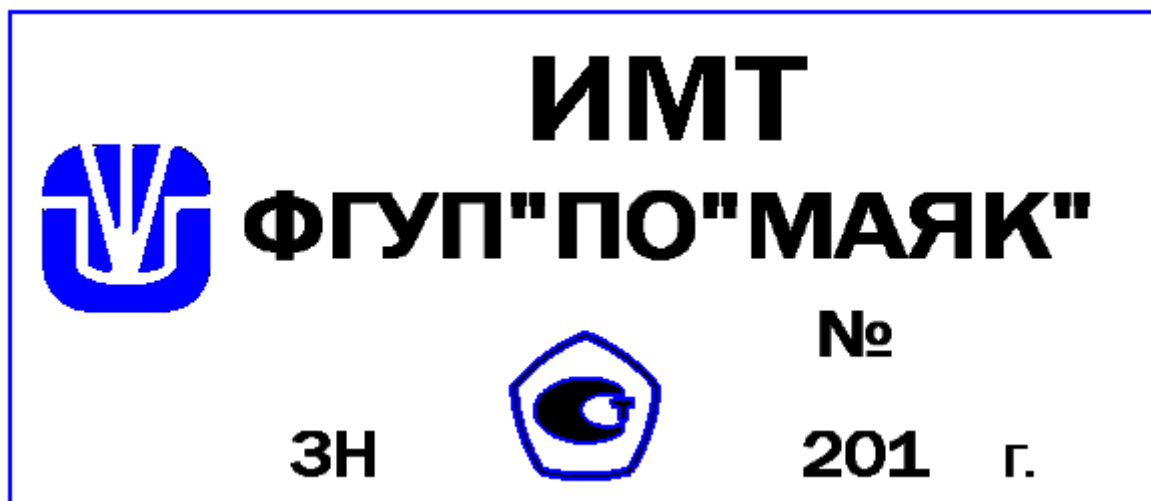


Рисунок 30 – Табличка нанесенная на корпус измерителя

Корпус измерителя пломбируется путем установки специальной гарантийной этикетки с надписью «Не вскрывать», разрушающейся при попытке вскрытия

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

11.04.03.2019.177.00 ПЗ

Лист

41

измерителя. Внешний вид измерителя малых токов представлен на рисунке 31 и рисунке 32.

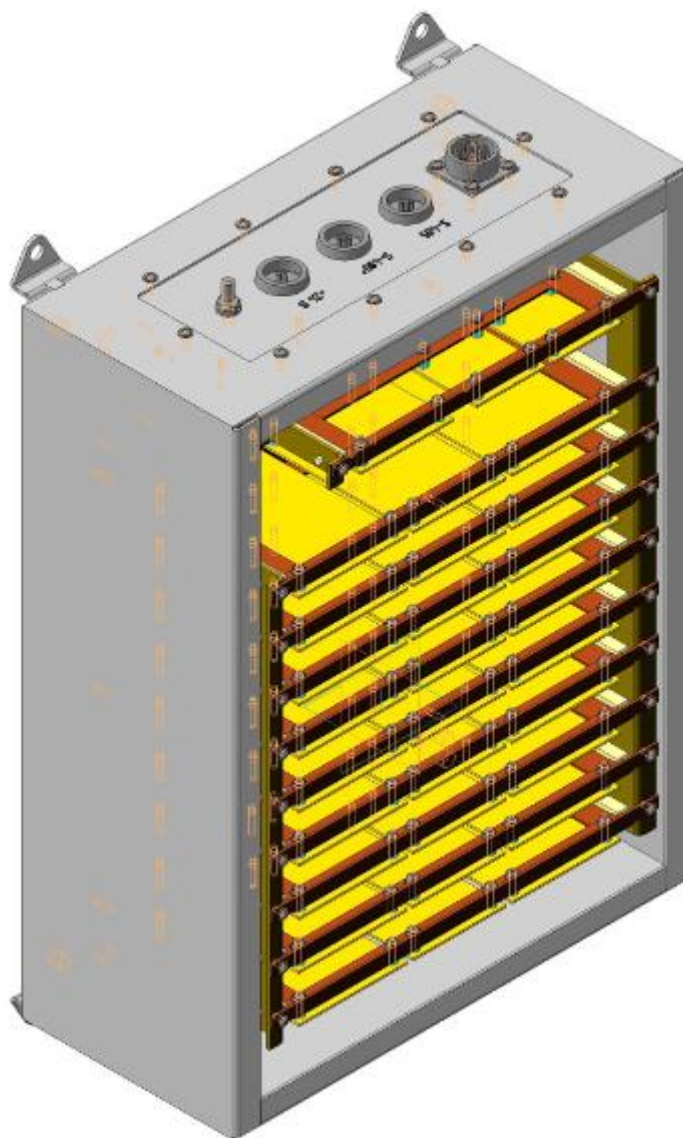


Рисунок 31 – Внешний вид "Измеритель малых токов"

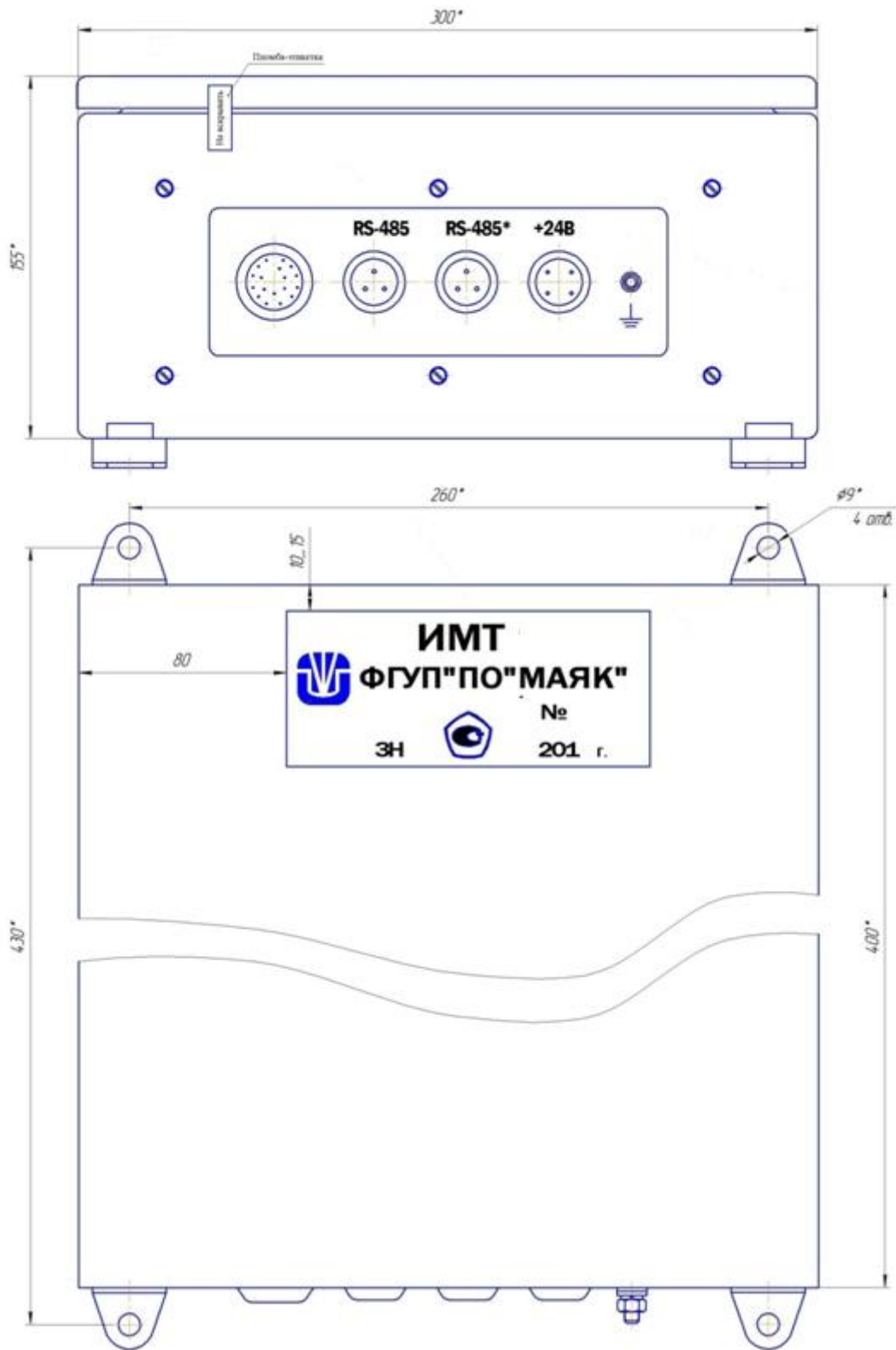


Рисунок 32 – Внешний вид "Измеритель малых токов"

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

11.04.03.2019.177.00 ПЗ

Лист

43

2.5 Выходная конструкторская документация

Формирование комплекта конструкторской документации является важной частью процесса проектирования ПУ.

Оформление электрических принципиальных схем выполнено в программе сквозного проектирования Altium Designer в соответствии с действующим межгосударственным стандартом 2.702-2011 [4] – Правила выполнения электрических схем.

Оформление чертежей платы и печатных узлов, которые является результатом работы в Altium Designer выполнены в системе автоматизированного проектирования AutoCAD Mechanical.

Моделирование деталей и сборок, используемых для разработки измерителя малых токов выполнено в системе КОМПАС-3D.

Оформление сборочных чертежей и спецификаций на них, выполнены также в программе КОМПАС-3D.

Вся выходная конструкторская документация выполнена в соответствии с ЕСКД.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе показан процесс проектирования печатных узлов с учетом выбора и обоснования используемых параметров.

Выбрана модульная конструкция изготовления корпуса прибора, которая приводит к полному доступу элементов используемых на разработанных ПУ.

Для разработки ПУ и конструкции прибора использованы такие программные продукты, как Altium Designer, КОМПАС 3D.

Для оформления конструкторской документации использованы такие системы автоматизированного проектирования, как КОМПАС 3D и AutoCAD Mechanical.

Задачи, поставленные вначале работы для достижения цели – выполнены в полном объеме. По итогу выполнения ВКР разработан комплект конструкторской документации на «Измеритель малых токов».

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Белянин, Л.Н. Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчет надежности: учебно-методическое пособие / Л.Н. Белянин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 77с.

2 Брусницына, Л.А. Технология изготовления печатных плат: учебное пособие / Л.А. Брусницына, Е.И. Степановских. – М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 200 с.

3 ГОСТ 2.417–91. Платы печатные. Правила выполнения чертежей. – Введен 1.07.1992. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 7 с. – (Единая система конструкторской документации).

4 ГОСТ 2.702–2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем. М.: Изд-во стандартов, 2011 – 23 с.

5 ГОСТ 2.721–74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 35 с.

6 ГОСТ 2.743–91 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники. М.: Изд-во стандартов, 1992 – 23 с.

7 ГОСТ 2.751–73 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Электрические связи, провода, кабели и шины. М.: Изд-во стандартов, 1973 – 9 с.

8 ГОСТ 10317–79. Платы печатные. Основные размеры. М.: Изд-во стандартов, 1985 – 2 с.

9 ГОСТ 23752–79. Платы печатные. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1991 – 13 с.

10ГОСТ Р 51040–97. Платы печатные. Шаги координатной сетки. М.: ИПК Издательство стандартов, 1997 – 3 с.

11ГОСТ Р 53429–2005. Платы печатные. Основные параметры конструкции. – М.: Стандартиформ, 2010 – 13 с.

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

12 Лопаткин, А.В. Проектирование печатных плат в Altium Designer: учебное пособие для практических занятий / А.В. Лопаткин. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 554 с.

13 Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г.Ф. Баканов, С.С. Соколов, В.Ю. Суходольский; под ред. И.Г. Мироненко. – М.: Издательский центр "Академия", 2007. – 368 с.

14 ОСТ4.010.030–81. Установка навесных элементов на печатные платы. В 2 ч. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1992. – Ч. 1. – 165 с.; Ч.2. – 189 с.

15 Пирогова, Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник / Е.В. Пирогова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.

16 СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

17 Суходольский Ю.В. Altium Designer: Проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах: учебное пособие / Ю.В. Суходольский. – СПб: БХВ-Петербург, 2010. – 480 с.

18 Сабунин А.Е. Altium Designer: Новые решения в проектировании электронных устройств: учебное пособие / А.Е. Сабуниню – М: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 432 с.

19 Плютинский, В.И. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок АЭС / В.И. Плютинский, В.И. Погорелов // Общие требования к системам контроля нейтронного потока. – <http://leg.co.ua/arhiv/generaciya/avtomaticheskoe-upravlenie-i-zaschita-teploenergeticheskikh-ustanovok-aes-11.html>

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень элементов. ИМТ

11.04.03.2019.177.01 ПЭО

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Схема электрическая принципиальная и соединений. ИМТ

11.04.03.2019.177.01 Э0

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Перечень элементов. ПИТ

11.04.03.2019.177.02 ПЭЗ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Схема электрическая принципиальная. ПИТ

11.04.03.2019.382.02 ЭЗ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Спецификация ПП. ПИТ

11.03.03.2017.382.02

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Сборочный чертеж ПП. ПИТ

11.04.03.2019.177.02 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Спецификация ПУ. ПИТ

11.04.03.2019.177.03

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Сборочный чертеж ПУ. ПИТ

11.04.03.2019.177.03 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Перечень элементов. ППС

11.04.03.2019.177.04 ПЭЗ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Схема электрическая принципиальная. ППС

11.04.03.2019.177.04 ЭЗ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. Спецификация ПП. ППС

11.04.03.2019.177.04

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Сборочный чертеж ПП. ППС

11.04.03.2019.177.04 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

ПРИЛОЖЕНИЕ 13. Спецификация ПУ. ППС

11.04.03.2019.177.05

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

ПРИЛОЖЕНИЕ 14. Сборочный чертеж ПУ. ППС

11.04.03.2019.177.05 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

ПРИЛОЖЕНИЕ 15. Перечень элементов. ПГК

11.04.03.2019.177.06 ПЭЗ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

ПРИЛОЖЕНИЕ 16. Схема электрическая принципиальная. ПГК
11.04.03.2019.177.06 ЭЗ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

ПРИЛОЖЕНИЕ 17. Спецификация ПП. ПГК

11.04.03.2019.177.06

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

ПРИЛОЖЕНИЕ 18. Сборочный чертеж ПП. ПГК

11.04.03.2019.177.06 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

ПРИЛОЖЕНИЕ 19. Спецификация ПУ. ПГК

11.04.03.2019.177.07

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

ПРИЛОЖЕНИЕ 20. Сборочный чертеж ПУ. ПГК

11.04.03.2019.177.07 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67

ПРИЛОЖЕНИЕ 21. Верхняя планка

11.04.03.2019.177.10

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		68

ПРИЛОЖЕНИЕ 22. Спецификация. Кассета 1

11.04.03.2019.177.11

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

ПРИЛОЖЕНИЕ 23. Сборочный чертеж. Кассета 1

11.04.03.2019.177.11 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

ПРИЛОЖЕНИЕ 24. Спецификация. Кассета 2

11.04.03.2019.177.12

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		71

ПРИЛОЖЕНИЕ 25. Сборочный чертеж. Кассета 2

11.04.03.2019.177.12 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

ПРИЛОЖЕНИЕ 26. Спецификация. Модуль 1

11.04.03.2019.177.14

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

ПРИЛОЖЕНИЕ 27. Сборочный чертеж. Модуль 1

11.04.03.2019.177.14 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

ПРИЛОЖЕНИЕ 28. Спецификация. Модуль 2

11.04.03.2019.177.15

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75

ПРИЛОЖЕНИЕ 29. Сборочный чертеж. Модуль 2

11.04.03.2019.177.15 СБ

					11.04.03.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76