**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**

**(национальный исследовательский университет)»**

**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления» («ИУ»)

КАФЕДРА «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры» («ИУ-4»)

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***к курсовой работе на тему:***

***«Разработка, моделирование и экспериментальные***

***исследования перестраиваемого генератора***

***прямоугольных импульсов»***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Наумов И. К. |
|  | (Подпись, дата) |  |
|  |  |  |
| Руководитель курсовой работы | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Семенцов С. Г. |
|  | (Подпись, дата) |  |
|  |  |  |

Москва, 2024

# Аннотация

Работа описывает процесс разработки перестраиваемого генератора прямоугольных импульсов. Данный генератор позволяет регулировать скважность и частоту сигнала.

Работа содержит комплекс документов по разработке устройства: схема электрическая структурная; схема электрическая принципиальная; чертеж печатной платы; сборочный чертеж электронной ячейки; спецификация; перечень элементов; структурная схема измерительного стенда. В заключении представлены выводы о проделанной работе и соответствии разработанного устройства техническому заданию.

*Ключевые слова: генератор, широтно-импульсная модуляция (ШИМ).*

# Abstract

This work describes the development process of a configurable rectangular pulse generator. This generator allows for the adjustment of both the duty cycle and frequency of the output signal.

The work includes a comprehensive set of design documents: a block diagram; a schematic diagram; a printed circuit board (PCB) layout; an assembly drawing of the electronic unit; a bill of materials (BOM); a parts list; and a block diagram of the test bench. The conclusion presents findings on the work performed and the compliance of the developed device with the technical specifications.

*Keywords: generator, pulse-width modulation (PWM).*

# СОДЕРЖАНИЕ

[Список условных обозначений, сокращений и терминов 4](#_Toc184169066)

[Введение 5](#_Toc184169067)

[1 Схемотехническое проектирование изделия «Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов» 6](#_Toc184169068)

[1.1 Разработка электрической структурной схемы (Э1) 6](#_Toc184169069)

[1.2 Разработка электрической принципиальной схемы (Э3) 7](#_Toc184169070)

[1.3 Выбор элементной базы устройства 7](#_Toc184169071)

[1.4 Разработка перечня элементов (ПЭ3) 8](#_Toc184169072)

[1.5 Моделирование в среде “PSpice 16.3” 8](#_Toc184169073)

[Вывод 9](#_Toc184169074)

[2 Конструкторско-технологическое проектирование устройства «Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов» 11](#_Toc184169075)

[2.1 Разработка топологии печатной платы (ПП) 11](#_Toc184169076)

[2.2 Разработка чертежа ПП 12](#_Toc184169077)

[2.3 Разработка сборочного чертежа 13](#_Toc184169078)

[2.4 Разработка спецификации изделия 14](#_Toc184169079)

[2.5 Изготовление ПП и монтаж ЭРЭ 16](#_Toc184169080)

[Выводы 17](#_Toc184169081)

[3 Экспериментальные исследования «Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов» 18](#_Toc184169082)

[3.1 Разработка структурной схемы измерительного стенда 18](#_Toc184169083)

[3.2 Разработка методики проведения измерений характеристик изделия 19](#_Toc184169084)

[3.3 Результаты экспериментального исследования изделия 19](#_Toc184169085)

[Выводы 19](#_Toc184169086)

[Заключение 21](#_Toc184169087)

[Список используемых источников 22](#_Toc184169088)

[Приложение 1 24](#_Toc184169089)

# Список условных обозначений, сокращений и терминов

ГОСТ – Государственный стандарт;

ОПП – Односторонняя печатная плата;

ЕСКД – Единая система конструкторской документации;

ПП – Печатная плата;

РПЗ – Расчётно-пояснительная записка;

РТЗ – Расширенное техническое задание;

ТЗ – Техническое задание;

ЭРЭ – Электрорадиоэлементы;

КМО – Компонент, монтируемый в отверстия

УГО – Условное графическое обозначение

# Введение

Работа посвящена разработке и исследованию устройства «Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов».

**Целью работы** является разработка устройства «перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов», разработка комплекта конструкторской документации, а также экспериментальное исследование устройства для выявления его соответствию техническим требованиям и пригодности к эксплуатации.

**Для достижения поставленной задачи был решен следующий комплекс работ:**

1. Разработка схемы электрической структурной (Э1);

2. Разработка схемы электрической принципиальной (Э3);

3. Моделирование работы устройства с помощью схемотехнической САПР;

4. Разработка конструкции устройства;

5. Сборка опытного образца устройства;

6. Экспериментальные исследования устройства.

**Исходными данными** для работы являются:

* задание на выполнение курсовой работы;
* календарный план выполнения курсовой работы.

**Результатами работы** являются:

1. Схема электрическая структурная (Э1);

2. Схема электрическая принципиальная (Э3);

3. Полнофункциональная модель в САПР “PSPICE 16.3”;

4. Чертеж печатной платы (ПП);

5. Сборочный чертеж (СБ);

6. Разработанный опытный образец;

7. Структурная схема измерительного стенда (Э1);

8. Плакат демонстрационный сравнения результатов моделирования и эксперимента;

# 1 Схемотехническое проектирование изделия «Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов»

Схемотехнический этап курсового проекта включает:

1. Разработка схемы электрической структурной (Э1) устройства;

2. Разработка схемы электрической принципиальной (Э3) устройства;

3. Подбор элементной базы устройства;

4. Разработка перечня элементов ПЭ3 устройства;

5. Моделирование разработанной схемы в САПР “PSPICE 16.3”.

## 1.1 Разработка электрической структурной схемы (Э1)

Разработка схемы электрической структурной (Э1) предполагает первоначальную оценку работы и выделение основных структурных частей. Электрическая структурная схема устройства была разработана согласно ГОСТ 2.701-2008[7]. В качестве среды разработки была выбрана “Altium Designer 23.10.1”. Электрическая структурная схема изделия представлена на рисунке 1.1.

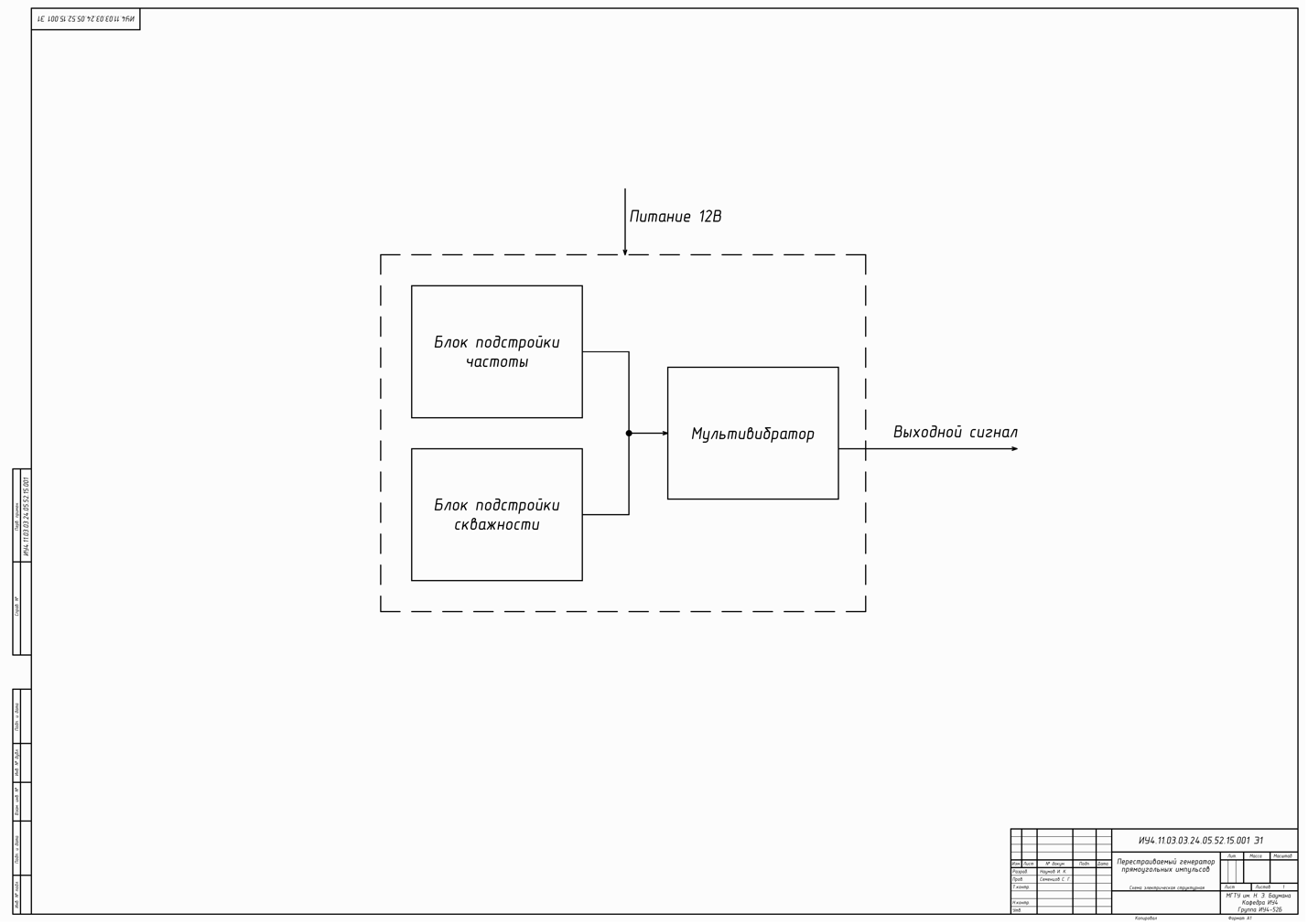


Рис. 1.1 – Электрическая структурная схема (Э1) устройства

Все устройство можно условно разделить на 3 функциональных блоков:

* Блок подстройки частоты – устройство, изменяющее частоту генерируемых импульсов.
* Блок подстройки скважности – устройство, изменяющее скважность генерируемых импульсов.
* Мультивибратор – устройство, генерирующее импульсы с заданной скважностью и частотой.

## 1.2 Разработка электрической принципиальной схемы (Э3)

На основе схемы электрической структурной схемы, была разработана схема электрическая принципиальная. Схема разработана по ГОСТ 2.702-2011[8], и представлена на рисунке 1.2.

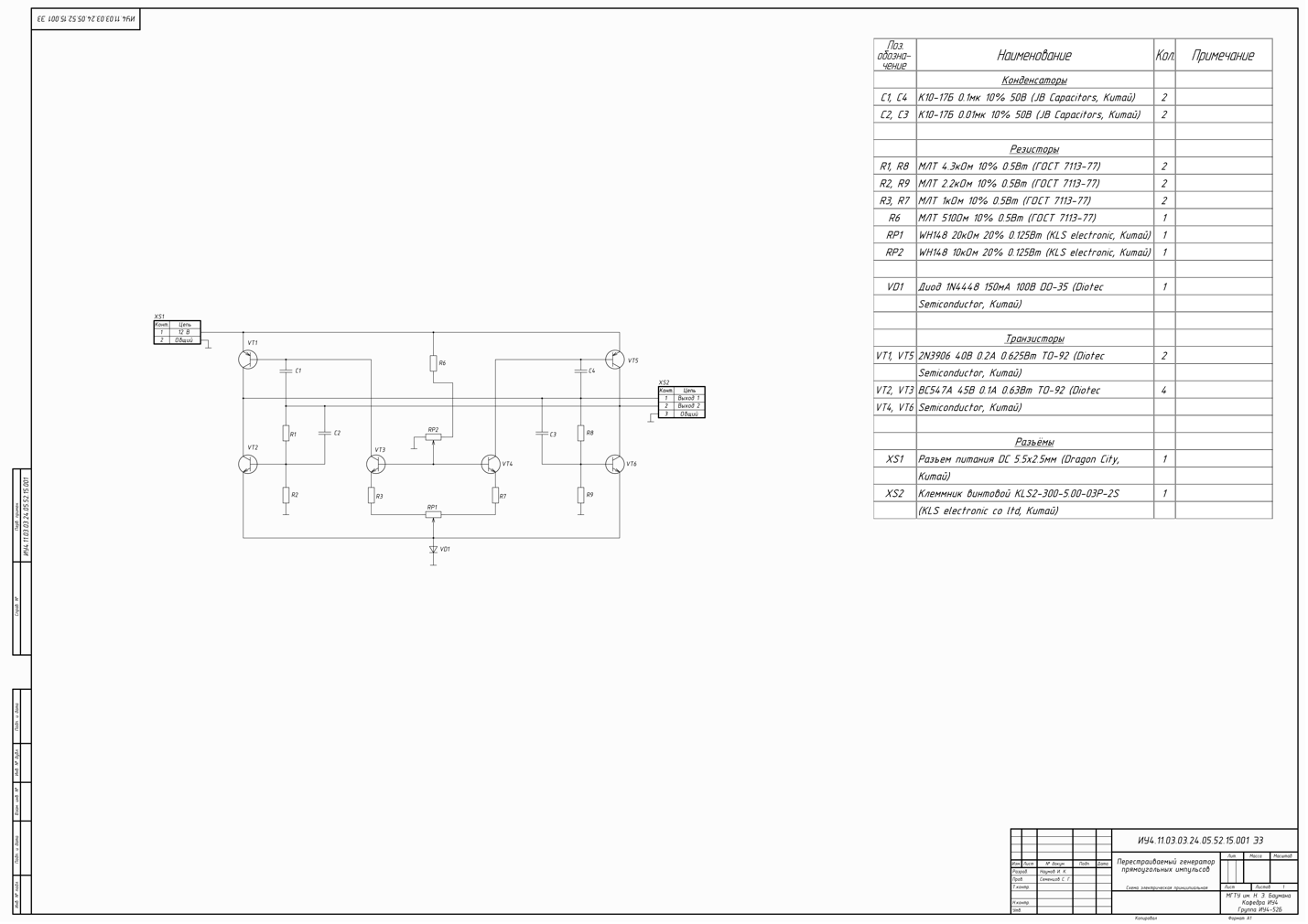


Рис. 1.2 – Электрическая принципиальная схема (Э3) устройства

Для изменения частоты используется потенциометр R5 меняющий напряжение на базах транзисторов VT3 и VT4, регулируя напряжения смещения, меняет коллекторные токи, тем самым увеличивает падения напряжений на резисторах R3, R7. Смещение положение потенциометра R6 увеличивает сопротивление в одном из эмиттеров, нарушая симметрию протекающий токов, изменяя скважность выходного сигнала.

Транзисторы VT1, VT5, конденсаторы C1, C4 и резисторы R1, R8 образуют симметричный мультивибратор, импульсы которого открывают транзисторы VT2, VT6, работающие в ключевом режиме.

Порог срабатывания ключевых каскадов определяется диодом VD1. Резисторы R2 и R9 поднимают уровни баз транзисторов VT2, VT6 для работы транзисторов в режиме “ключа”

## 1.3 Выбор элементной базы устройства

В качестве транзисторов VT2, VT3, VT4, VT6 были выбраны транзисторы BC547A фирмы Diotec Semiconductor, Китай.

В качестве транзисторов VT1, VT5 были выбраны транзисторы 2N3906 фирмы Diotec Semiconductor, Китай.

В качестве резисторов были выбраны металлопленочные лакированные теплостойкие резисторы выполненные по ГОСТ 7113-77, как наиболее доступные.

В качестве потенциометров RP1, RP2 были выбраны потенциометры WH148 фирмы KLS electronic, Китай.

В качестве конденсаторов С1, С2, С3, С4 были выбраны К10-17Б 10% производства JB Capacitors, Китай.

В качестве диода VD1 был выбран 1N4448 производства Diotec Semiconductor, Китай

В качестве разъема питания был выбран DC 3-232 5.5x2.5мм производства Dragon City, Китай.

В качестве клеммы был выбран клеммник винтовой KLS2-300-5.00-03P-2S производства KLS electronic, Китай.

Вся информация выбранных элементов написаны в их datasheet.

## 1.4 Разработка перечня элементов (ПЭ3)

После выбора элементной базы был составлен перечень элементов схемы (ПЭ3) согласно ГОСТ 2.701-2008[7]. Перечень элементов (ПЭ3) представлен в документе ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 ПЭ3 в приложении 1 и на рисунке 1.3. Расположен на схеме электрической принципиальной ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 Э3.

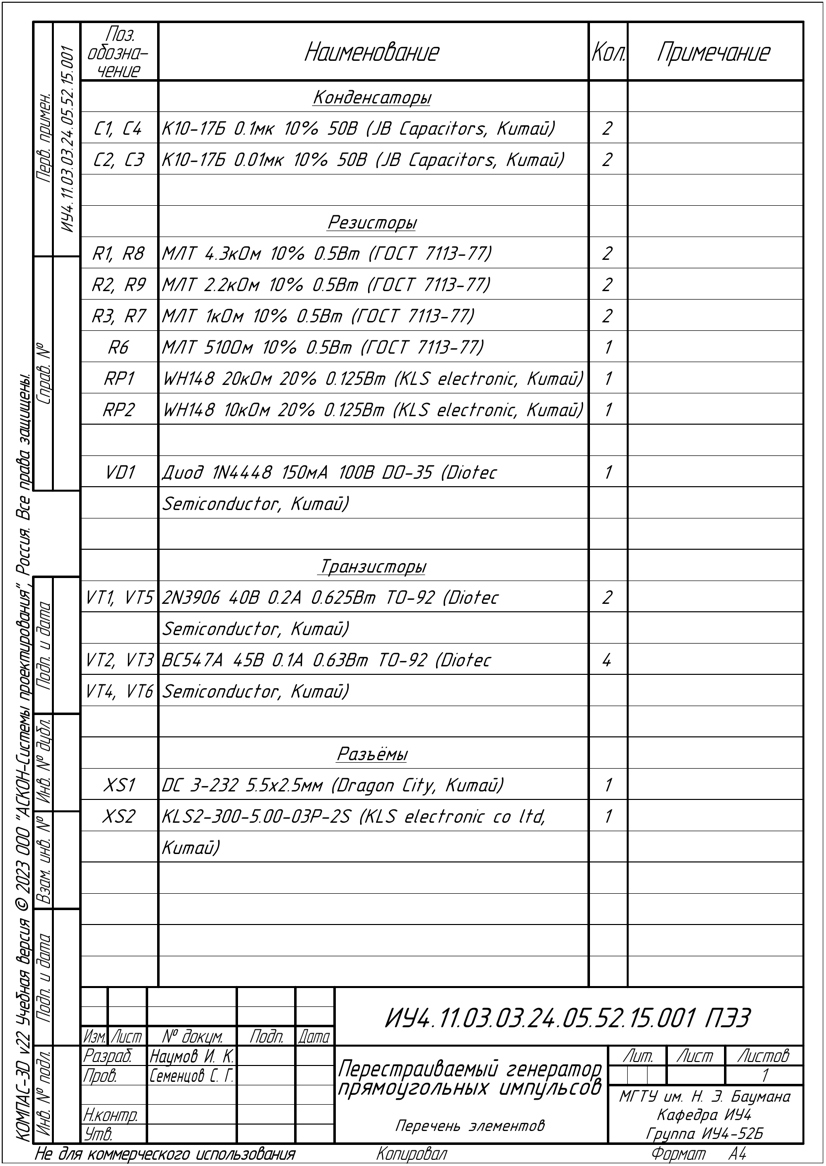


Рис. 1.3 – Перечень элементов (ПЭ3) устройства

## 1.5 Моделирование в среде “PSpice 16.3”

Моделирование работы устройства было проведено в программном пакете «PSPICE 16.3». Модель создавалась на основе схемы электрической принципиальной ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 Э3. Рабочее поле программы со схемой представлено на рисунке 1.4.

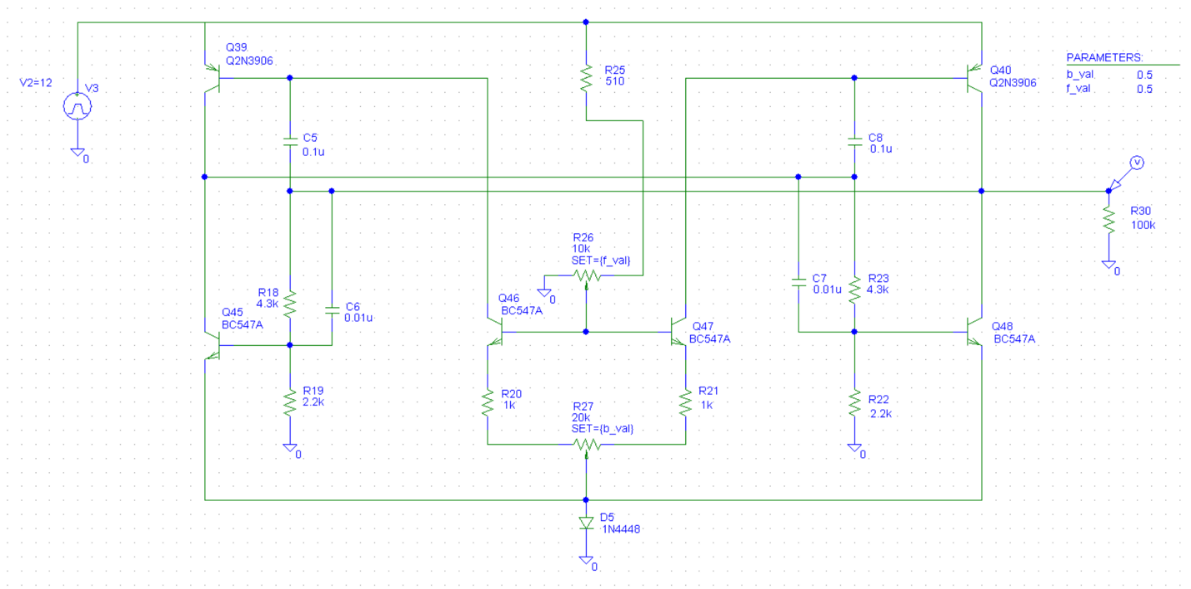


Рис. 1.4 – Электрическая принципиальная схема (Э3) устройства

Частота и скважность сигнала регулируется изменением значений параметров “f\_val” и “b\_val”, соответственно, меняющих положение потенциометра. График выходного сигнала при “f\_val” = 0.1 и “b\_val” = 0.1 представлен на рисунке 1.5.

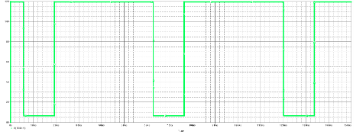


Рис. 1.5 – График выходного сигнала устройства «Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов»

## Вывод

В главе проведено схемотехническое проектирование изделия устройства «Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов». Была разработана схема электрическая структурная (Э1), в которой были выделены основные структурные узлы устройства. Данная схема представлена на чертеже ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 Э1, а также на рисунке 1.1.

После была разработана схема электрическая принципиальная (Э3), в которой подробно описаны соединения всех ИЭТ устройства и благодаря условным графическим обозначениям однозначно определяется функционал каждого ИЭТ, а также обоснован выбор каждого ИЭТ. Данная схема представлена на чертеже ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 Э3, а также на рисунке 1.2.

Заключительным этапом схемотехнической разработки стало моделирование работы устройства для получения теоретических графиков изменения выходного напряжения.

# 2 Конструкторско-технологическое проектирование устройства «Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов»

Конструкторско-технологический этап выполнения курсового проекта включает:

1. разработку топологии печатной платы (ПП);

2. разработку чертежа ПП;

3. разработку сборочного чертежа (СБ);

4. разработку спецификации (СП);

5. изготовление ПП и монтаж ЭРЭ.

## 2.1 Разработка топологии печатной платы (ПП)

В качестве среды разработки была выбрана программа для трассировки печатных плат «Altium Designer 23.10.1», результат работы представлен на рисунках 2.1 и 2.2:

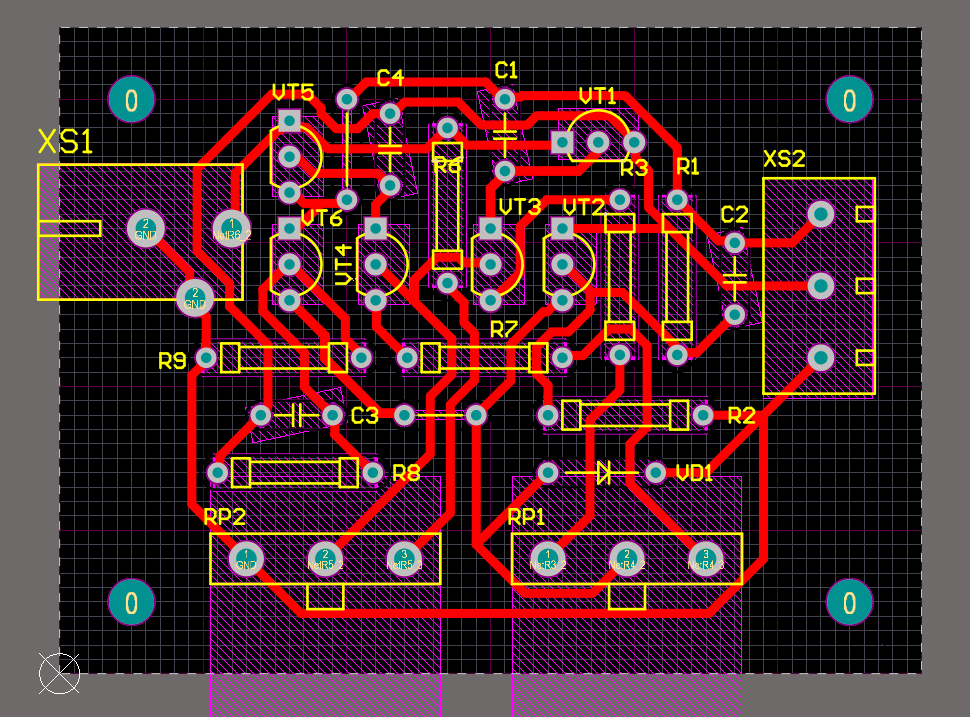


Рис. 2.1 – Трассировка ПП в программе “Altium Designer 23.10.1”

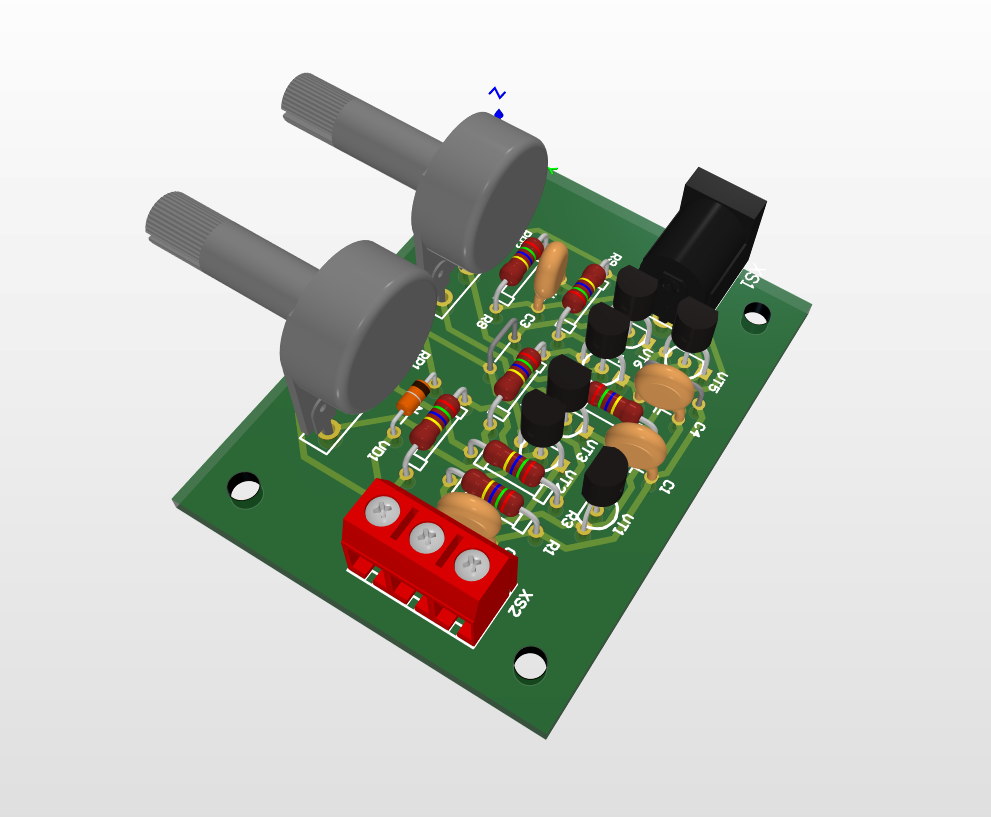
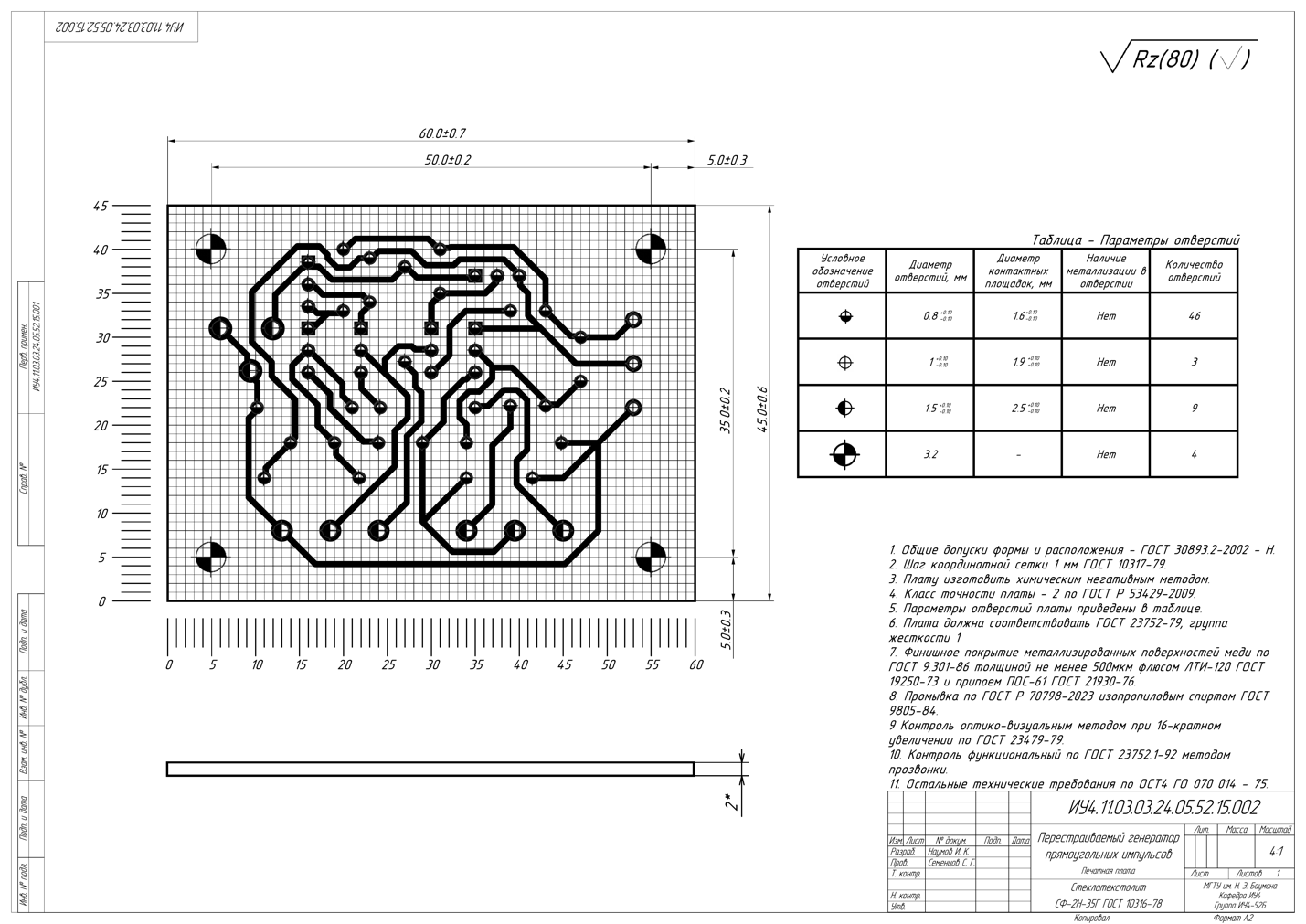


Рис. 2.2 – 3D-модель ПП в программе “Altium Designer 23.10.1”

## 2.2 Разработка чертежа ПП

После трассировки был разработан чертеж ПП, который представлен на рисунке 2.3.

Рис. 2.3 – Чертеж печатной платы (ПП)

Плата представляет собой ОПП с габаритными размерами 60х45 мм. Проводящий рисунок изображен на рисунке 2.3 и на чертеже ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.002.

Шаг координатной сетки 1 мм.

Плата соответствует требованиям ГОСТ 23752-79[9] (группа жёсткости 1).

Плата соответствует требованиям ГОСТ Р 53429-2009[10] (2 класс точности).

Минимальная ширина печатного проводника – 0.7 мм.

Минимальное номинальное расстояние между элементами проводящего рисунка – 0,7 мм.

Минимальный номинальный диаметр отверстия – 0,8 мм.

Материал платы – стеклотекстолит СФ-2Н-35Г ГОСТ 10316-78[11].

В печатной плате имеются отверстия различных типов, характеристика которых приведена в таблице 2.1, а также в таблице на чертеже ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.002.

Таблица 2.2.1 – Таблица отверстий ПП



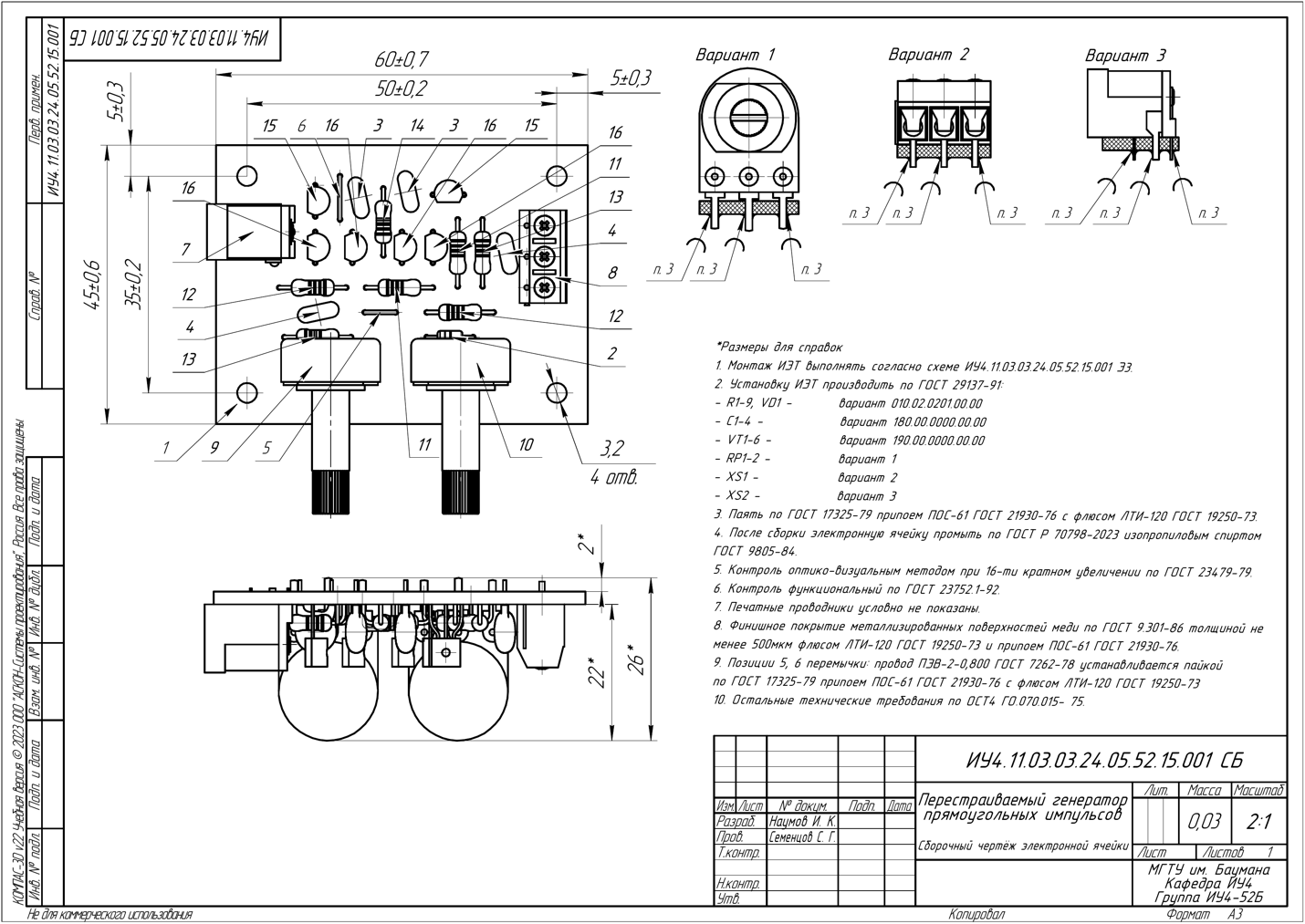
Общее количество отверстий – 62 отверстия.

Отверстия в углах платы с диаметром 3.2 мм являются крепежными отверстиями. Иные отверстия являются монтажными отверстиями для КМО.

Исходя из вышеперечисленных требований печатная плата опытного образца изготавливалась субтрактивным, негативным методом.

## 2.3 Разработка сборочного чертежа

Далее был разработан сборочный чертёж, представленный рисунке 2.4 и на чертеже ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 СБ.

Рис. 2.4 – Сборочный чертеж электронной ячейки

Компоненты группируются по способу установки на плату. Установки формовка ИЭТ осуществляется согласно ГОСТ 29137-91[14]. Вариант установки приведены на чертеже ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 СБ. Обозначения позиций согласно спецификации ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001.

Монтаж ИЭТ производится с одной стороны. Пайка выводов производится припоем ПОС-61 ГОСТ 21930-76[12] согласно ГОСТ 23592- 96[15]. Допускается применение импортного припоя. Габаритные размеры всего изделия составляют 60x45x26 мм. После сборки изделие промывают изопропиловым спиртом ГОСТ 9805-84. Контроль паяных соединений производится визуально-оптическим методом по ГОСТ 23479-79. Исходя из вышеперечисленных требований, при производстве опытного образца рекомендуется производить монтаж КМО припоем и капиллярной пайкой паяльником.

## 2.4 Разработка спецификации изделия

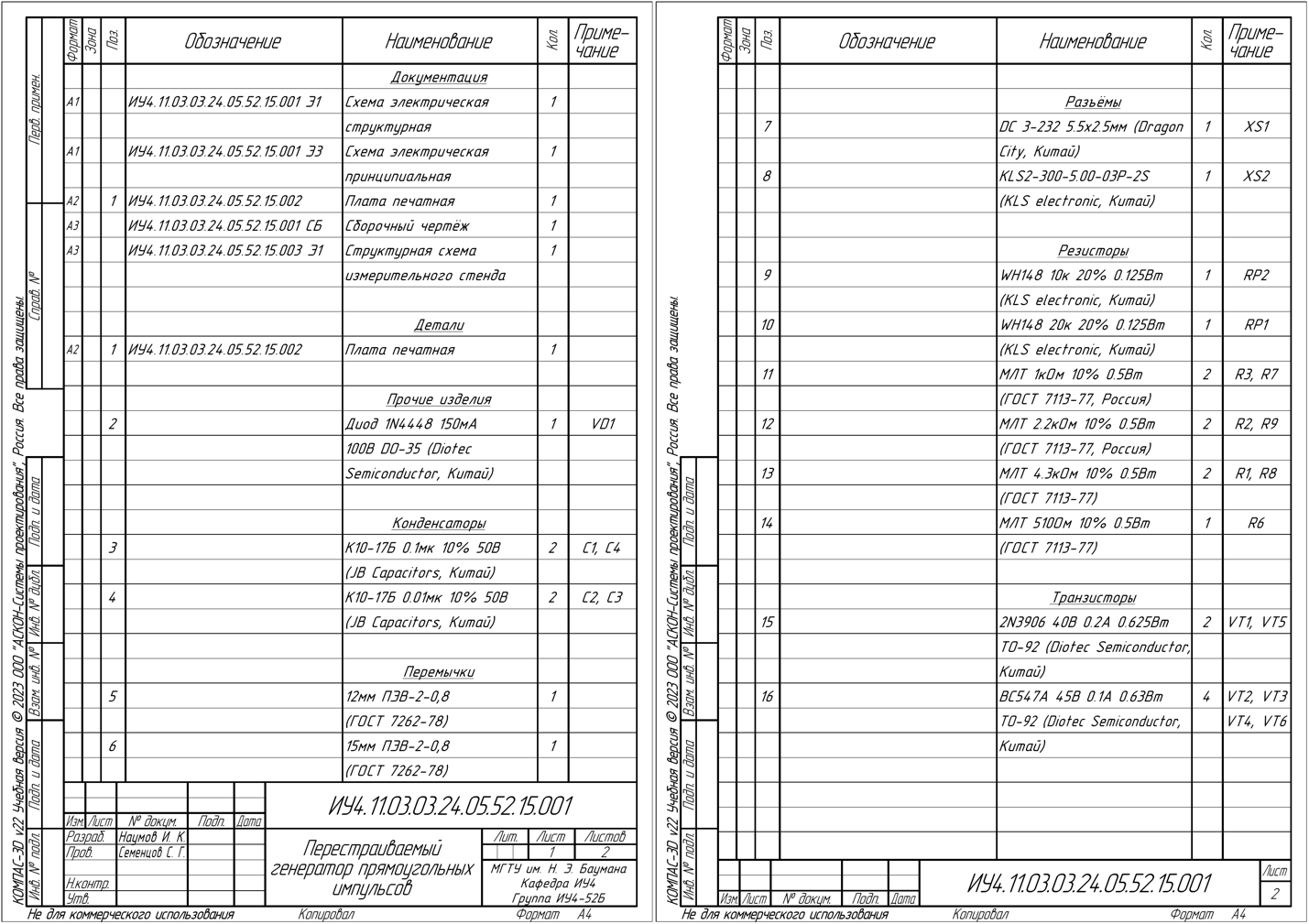
Спецификация – основной документ курсовой работы. В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям.

Спецификация на устройство была разработана согласно ГОСТ 2.106[18] в графическом редакторе «Компас-3D v23», представлена на рисунке 2.5 и состоит из следующих разделов в соответствующей последовательности:

− документация;

− детали;

− прочие изделия.

Рис. 2.5 – Спецификация на устройство

В раздел «Документация» внесены все документы, составляющие основной комплект конструкторских документов специфицируемого изделия, кроме самой спецификации и перечня элементов.

В раздел «Детали» была внесена деталь, непосредственно входящая в специфицируемое изделие – плата печатная.

Раздел «Прочие изделия» схож по наполнению с перечнем элементов (ПЭ3), за исключением того, запись изделий в пределах каждой группы происходит в алфавитном порядке наименований изделий, а обозначение УГО элементов записываются в графу «Примечание».

## 2.5 Изготовление ПП и монтаж ЭРЭ

Печатная плата изготавливалась в лабораторных условиях лазерно-утюжной технологией (химическим негативным методом) в соответствии с указанными выше требованиями. Рисунок был распечатан на глянцевой бумаге с помощью лазерного принтера и перенесен на стеклотекстолит с помощью нагретого утюга. Травление в смеси 3% раствора перекиси водорода (H2O2), лимонной кислоты (C6H8O7) и поваренной соли (NaCl).

*Этапы изготовления*:

1. Разработка топологии в программе “Altium Designer 23.10.1” для дальнейшего переноса проводящего рисунка на глянцевую бумагу с помощью лазерного принтера.

2. Подготовка и очистка текстолита: вырезка текстолита размера 60x45мм, снятие заусенцев напильником, отчистка текстолита наждачной бумагой, обезжиривание очищенного текстолита спиртом.

3. Совмещение проводящего рисунка, перенесённого на глянцевую бумагу, с вырезанным заготовкой текстолита. Перенос маски проводящего рисунка на текстолит путём проглаживания бумаги с помощью нагретого утюга в течении 90-110с. Снятие бумаги путём её отслаивания под струёй воды.

4. Травление меди с помощью смеси 3% раствора перекиси водорода, лимонной кислоты и поваренной соли. Время травления 10-20 мин. Снятие остатков маски с помощью ацетона.

5. Сверление отверстий с помощью сверлильного станка.

6. Лужение платы с помощью припоя ПОС-61 ГОСТ 21930-76[12], т.к. увеличение толщины токопроводящего слоя снижает сопротивление дорожки.

7. Пайка компонентов согласно установленным посадочным местам.

Монтаж компонентов производился согласно схеме ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 Э3. Фотография изготовленного устройства представлена на рисунке 2.6



Рис. 2.6 – Реальный вид ячейки

## Выводы

В данной главе был описан процесс проектирования топологии печатной платы в САПР “Altium Designer 23.10.1” вместе с составлением 3D модели.

Разработанная топология ПП представлена на чертеже ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001. На основе него разработан сборочный чертеж – ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 СБ. Была составлена спецификация устройства “Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов” – ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001. Изготовлена плата, установлены компоненты.

# 3 Экспериментальные исследования «Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов»

Экспериментальный этап выполнения курсового проекта состоит из:

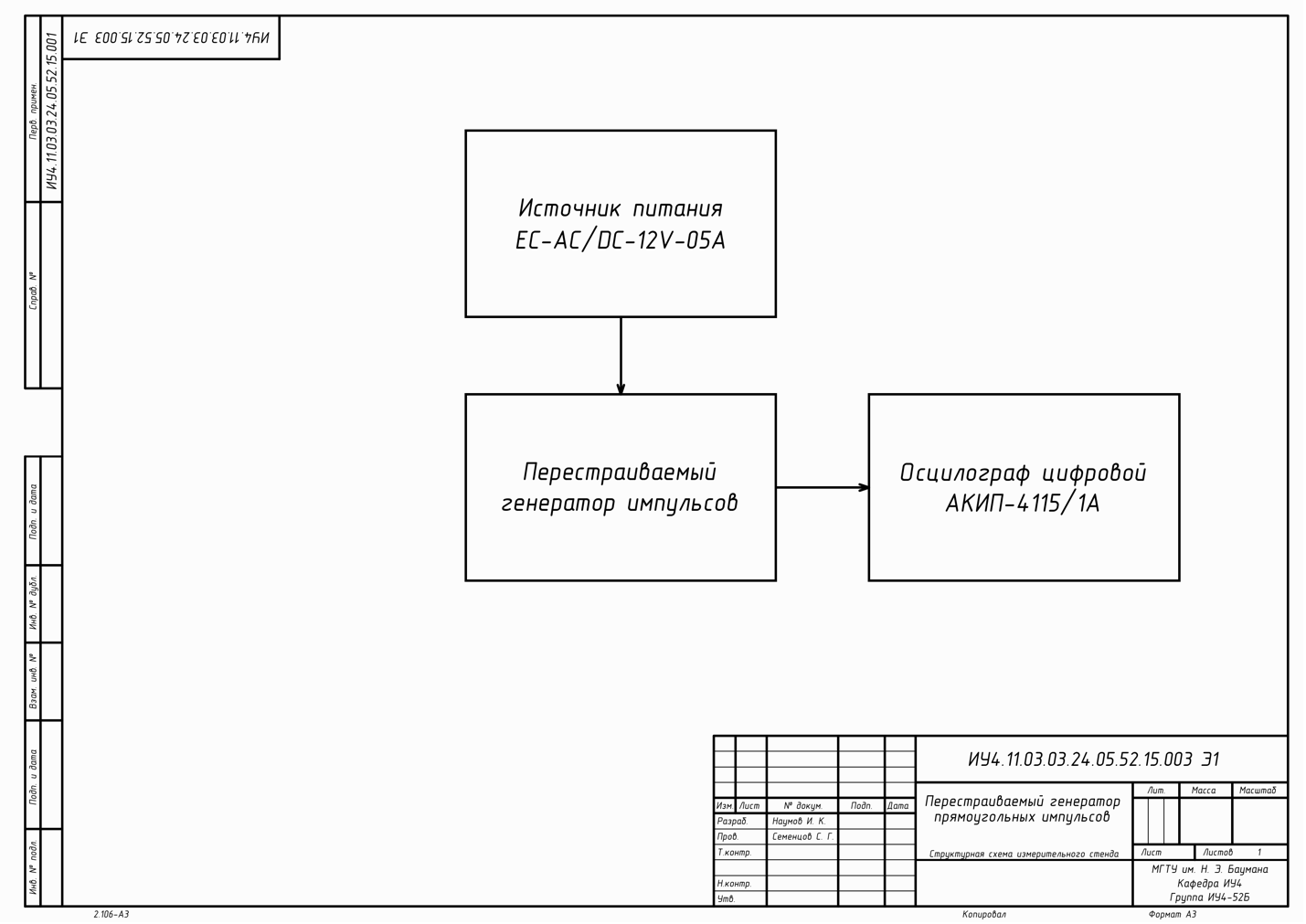
1. Разработка структурной схемы измерительного стенда (Э1);

2. Разработка методики проведения измерений характеристик устройства “Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов”;

3. Экспериментальное исследование характеристик устройства “Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов”.

## 3.1 Разработка структурной схемы измерительного стенда

Для получения характеристик опытного образца пробника был разработан измерительный стенд. Структурная схема измерительного стенда представлена на рисунке 3.1, а также на схеме ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.003 Э1.

Рис. 3.1 – Структурная схема измерительного стенда (Э1)

Для сравнения модели и эксперимента были проведены измерения на стенде. В данном измерительном стенде цифровой осциллограф АКИП-4115/1А применяется для контроля формы выходного напряжения, снимаемого с клеммника XS2 с Выхода 1 или 2.

## 3.2 Разработка методики проведения измерений характеристик изделия

Для проведения измерений необходимо:

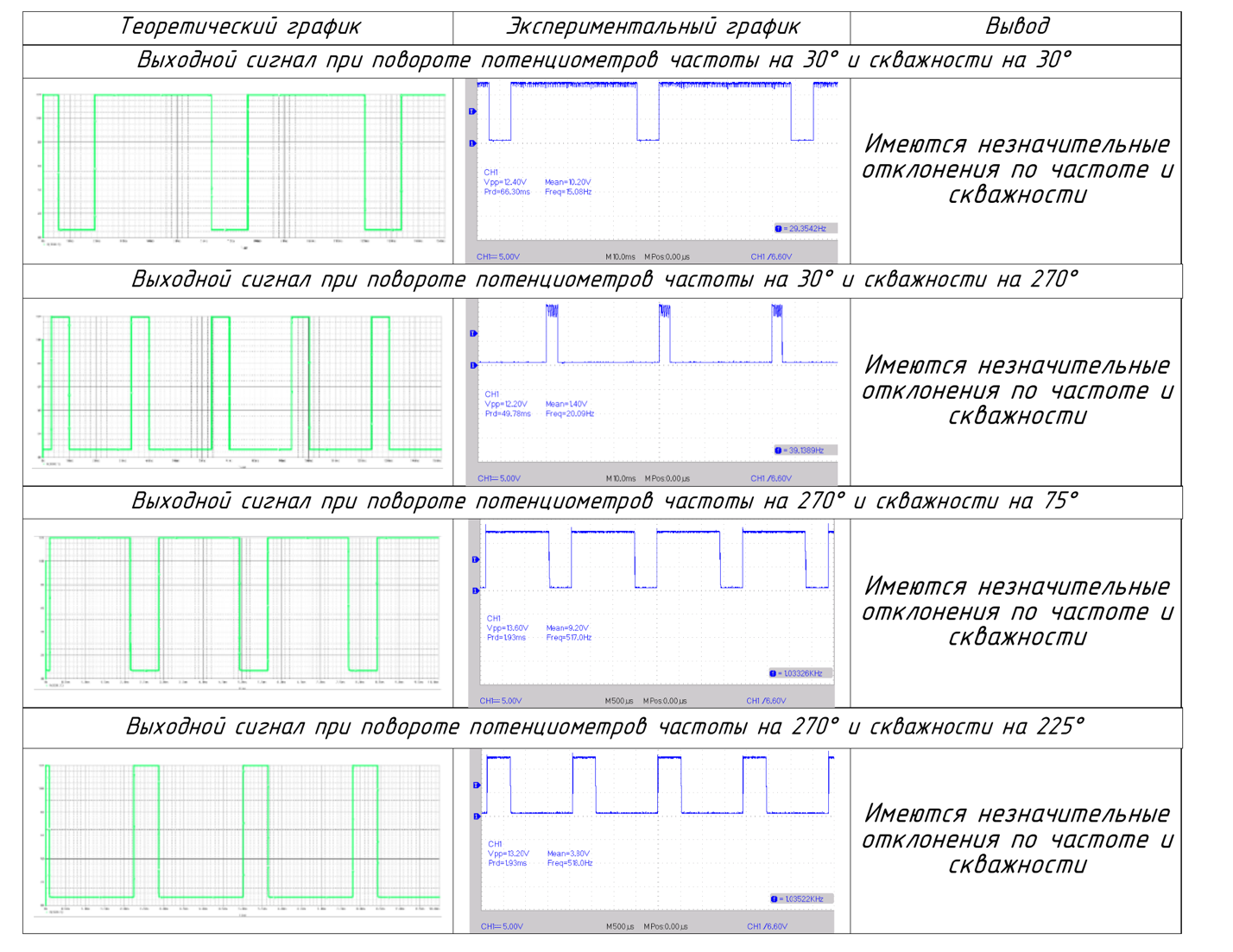
− Обеспечить стабильное питание +12В от источника питания;

− Выставить требуемые положения потенциометров скважности и частоты;

− Подключиться к разъёму XS2 на плате с помощью цифрового осциллографа.

## 3.3 Результаты экспериментального исследования изделия

Результаты экспериментальных исследований – плакат демонстрационный показан на рисунке 3.2.

Рис. 3.2 – Плакат демонстрационный

## Выводы

В заключительной главе курсовой работы был разработан измерительный стенд для снятия характеристик полученного опытного образца, а также разработана структурная схема измерительного стенда изделия ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.003 Э1.

Была разработана методика проведения измерений характеристик изделия “Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов”. Согласно этой методике, были произведены необходимые замеры и сняты соответствующие характеристики, описываемые в виде графиков.

Произведено сравнение графиков, полученных с модели и полученных экспериментально с опытного образца. В результате требования технического задания выполнены.

# Заключение

В результате курсовой работы был проведен общетехнический обзор устройства “Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов”. На схемотехническом этапе разработки изделия “Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов” была разработана схема электрическая структурная (Э1), в которой были выделены основные структурные узлы устройства. После, последовала разработка схемы электрической принципиальной (Э3), в которой подробно описаны соединения всех ИЭТ устройства. Помимо этого, был обоснован выбор элементов изделия и на основе этого составлен перечень элементов ПЭ3. На конструкторско-технологическом этапе разработки изделия “Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов” были выбран тип ПП, расположение печатных проводников, а также базовый материал ПП. В результате разработана топология ПП изделия. На основе разработанной 3D модели устройства был составлен СБ. Были выбраны варианты установки компонентов на плату, а в результате анализа электрических соединений был выбран припой для установки КМО на ПП. На этом этапе также был разработан технологический процесс изготовления печатной платы для опытного образца, а также представлен процесс монтажа компонентов на готовую ПП.

На этапе экспериментального исследования устройства “Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов” был разработан экспериментальный стенд для изделия. В результате получена структурная схема измерительного стенда. Разработана методика проведения эксперимента для выяснения работоспособности устройства. Согласно данной методике произведены экспериментальные измерения и получены графики работы изделия. Сделано сравнение результатов моделирования и экспериментального исследования, сделаны выводы о правильности работы устройства и о соответствии разработанного устройства требованиям технического задания.

В итоге проделанной работы можно сделать вывод, что разработанное изделия “Перестраиваемый генератор прямоугольных импульсов” соответствует требованиям технического задания.

# Список используемых источников

1. Хейс Т. К., Искусство схемотехники. Теория и практика: Пер. с англ. / Т. К. Хейс, П. Хоровиц. — СПб.: БХВ-Петербург, 2022. — 1200 с.: ил.

2. Хоровиц, Х. Искусство схемотехники / Х. Хоровиц, У. Хилл. — 5- е изд. переработанное. — Москва : Мир, 1997. — 704 c.

3. Джонс, М. Х. Электроника - практический курс / М. Х. Джонс. — Москва : Постмаркет, 199. — 528 c.

4. Монк, С. Электроника: теория и практика / С. Монк, П. Шерц. — СПб. : БВХ-Петербург, 2018. — 1168 c.Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат: учебник / Е. В. Пирогова. — М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. — 560 c.

5. Проектирование коммутационных структур электронных средств: учеб. пособие / В.Н. Гриднев, Г. Н. Гриднева – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2014 – 344 с.: ил. (Библиотека “Конструирование и технология электронных средств” в 25 кн. Кн.7).

6. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : учебник для вузов / Билибин К. И., Власов А. И., Журавлева Л. В. [и др.] ; ред. Шахнов В. А. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. - 563 с.

7. ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению (с Поправкой).

8. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документациии (ЕСКД). Правила выполнения электрических схем.

9. ГОСТ 23752-79 Платы печатные. Общие технические условия (С изменениями No1-5).

10. ГОСТ Р 53429-2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции.

11. ГОСТ 10316-78 Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Технические условия (с Изменениями No1-6).

12. ГОСТ 21930-76 Припои оловянно-свинцовые в чушках. Технические условия (с Изменениями No1,2,3,4).

13. ГОСТ 11284-75 Отверстия сквозные под крепежные детали. Размеры (С изменением No1).

14. ГОСТ 29137-91 Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования.

15. ГОСТ 23592-96 Монтаж электрический радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Общие требования к объемному монтажу изделий электронной техники и электротехнических.

16. ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия.

17. ГОСТ 24715-81 Соединения паяные. Методы контроля качества.

18. ГОСТ 2.106 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы (с Изменением No1).

19. ГОСТ 30893.1-2002 Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками.

20. ГОСТ 30893.2-2002 Общие допуски. Допуски формы и расположение поверхностей, не указанные индивидуально.

21. ГОСТ 26246.5-89 Материал электроизоляционный фольгированный нормированной горючести для печатных плат на основе стеклоткани, пропитанной эпоксидным связующим.

# Приложение 1

|  |  |
| --- | --- |
| Децимальный номер | Наименование |
| - | Техническое задание |
| - | Календарный план |
| ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 Э1 | Схема электрическая структурная |
| ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 Э3 | Схема электрическая принципиальная |
| ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 ПЭ3 | Перечень элементов |
| ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.002 | Чертёж печатной платы |
| ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 СБ | Сборочный чертёж |
| ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.001 | Спецификация |
| ИУ4.11.03.03.24.05.52.15.003 Э1 | Структурная схема измерительного стенда |
| - | Плакат демонстрационный |