**Введение**

Целью курсового проекта является разработка конструкций и технологического процесса изготовления печатной платы устройства, а также расчетное обоснование выбора элементной базы и разработанные структуры технологического процесса.

В наше время существуют много разнообразных усилителей начиная (примерно) от 20 Вт и заканчивая тысячами кВТ. Данный курсовой проект позволит радиолюбителю собрать простой и надежный мощный усилитель НЧ на 100 Вт, обладающий малыми габаритами, минимальным числом внешних пассивных элементов обвязки, широким диапазоном питающих напряжений и сопротивлений нагрузки. Усилитель хорошо зарекомендовал себя как Усилитель Низких Частот для сабвуфера. Выходная мощность достигает 100Вт при 8 Ом. Благодаря широкому диапазону питающих напряжений и возможности отдавать ток в нагрузку до 8А, микросхема обеспечивает одинаковую максимальную выходную мощность на нагрузках от 4 Ом до 8 Ом. Конструкция усилителя выполняется на печатной плате из фольгированого стеклотекстолита. Усилитель предусматривает установку в корпус, для этого зарезервированы монтажные отверстия по краям платы. Микросхему усилителя необходимо установить на тепоотвод. В качестве радиатора можно использовать металлический корпус или шасси. При монтаже необходимо использовать теплопроводящую пасту КПТ-8. Между корпусом микросхемы и радиатором необходимо установить диэлектрическую теплопроводящую прокладку. Также существует и аналог этому УНЧ это, УМЗЧ на 2-х микросхемах ТDA 7294 с выходной мощностью 2х70 в режиме стерео или 150 Вт в режиме моно (Журнал «Радио» №7 2002 стр.20).

В текущей пояснительной записке данного курсового проекта будут предоставлены следующие разделы:

* техническое описание устройства – данный раздел содержит обоснование метода изготовления печатной платы, описание этапов типового технологического процесса изготовления печатной платы, маршрутный карты описываемого устройства;
* конструктивное использование устройства – раздел содержит обоснование выбора класса точности печатной платы, расчет конструктивных параметров печатной платы;
* технологическое исполнение устройства
* расчетная часть – содержит расчет надежности представленного устройства и его технологичность;
* заключение – вывод по проделанной работе;

**1. Разработка технического задания**

**1.1 Наименование и область применения изделия**

Усилитель НЧ 100 Вт (TDA7294) изготовлен на одной микросхеме TDA7294. Предназначен для усиления низких частот звука. Область применения данного УНЧ крайне разнообразна. Усилитель можно использовать как на открытом воздухе для проведения различных мероприятий, так и в домашних условиях в составе Вашего музыкального аудиокомплекса. Хорошо подходит как Усилитель Низких Частот для сабвуфера.

**1.2 Основания для разработки**

Устройство Усилитель Низких Частот 100 Вт (TDA7294) разработано на оснований схемы электрической принципиальной КП 230101.36.19.00. ЭЗ и описания устройства.

**1.3 Источники разработки**

Интернет [www.masterkit.ru](http://www.masterkit.ru)

**1.4 Основные технические характеристики**

Таблица 1. Основные технические характеристики.

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжения питания, В | Двуполярное, ±10……±40 |
| Пиковое значение выходного тока, А | 10 |
| Ток в режиме покоя, мА | 20…..60 |
| Ток в режиме MUTE/ST-BY, мА | 3 |
| Долговременная выходная мощность, ВТКоэффициент гармоник=0.5%=±35,=8 Ом=±31,=6 Ом=±27,=4 Ом | 707070 |
| Пиковая музыкальная выходная мощность (1сек.), Вт=±38,=8 Ом=±33,=6 Ом=±29,=4 Ом | 100100100 |
| Коэффициент усиленияпо напряжению , дБ | 30 |
| Диапазон воспроизводимых частот, Гц | 20…..20000 |
| Входное сопротивление, кОм | 22 |
| Размеры печатной платы, мм | 43х33 |

**1.5 Цель и назначение разработки**

Создать не дорогостоящие и надежное в эксплуатаций устройство.

**1.6 Технические требования**

УНЧ выполнен на интегральной микросхеме TDA 7294. Эта ИМС представляет собой УНЧ класса АВ. Благодаря широкому диапазону питающих напряжение и возможности отдавать ток в нагрузку до 10 А, микросхема обеспечивает одинаковую максимальную выходную мощность на нагрузке от 4 ОМ до 8 Ом. Конструктивно выполнен на печатной плате из фольгированого стеклотекстолита.

**1.6.1 Состав изделия**

Таблица 2. Состав изделия.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Позиция | Наименование | Кол-во. | Тип |
| C1 | 0,22 мкФ, 0,47 мкФИли 1 мкФ | 1 | К73-17 |
| C2 | 100 пФ | 1 |  |
| C3,C4.C5,C9 | 10 мкФ/50в22 мкФ/50в | 4 | К50-35 |
| C6,C7 | 220 мкФ/50в | 2 | К50-35 |
| C8,C10 | 0,1 мкФ | 2 | К73-17 |
| DA1 | TDA 7294 | 1 |  |
| R1 | 680 Ом | 1 | МЛТ-0,25 |
| R2…..R4 | 22 кОм | 3 | МЛТ-0,25 |
| R5 | 10 кОм | 1 | МЛТ-0,25 |
| R6 | 47 кОм | 1 | МЛТ-0,25 |
| R7 | 15 кОм | 1 | МЛТ-0,25 |

**1.6.3 Условия эксплуатации**

После сборки усилителя необходимо проверить правильность сборки и пайки. Перед включением проверить полярность питания.

**2. Анализ схемотехнического решения устройства**

**2.1 Выбор и обоснование элементной базы устройства**

Элементной базой называется электрорадио изделия, объединенные между собой электрически и выполняющие полезную функцию по формированию и преобразованию сигналов.

В элементную базу данного устройства входят:

* интегральная микросхема TDA 7294;
* резисторы с постоянным сопротивлением;
* конденсаторы

**2.1.1 Описание ИМС**

Интегральная микросхема – это изделия, выполняющие определенную функцию преобразования, обработку сигнала и хранения информации, и имеющие высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов, которые с точки зрения требований к испытаниям приямки, поставке и эксплуатации, рассматривается как единое целое. Микросхема представляет собой одноканальный усилитель низкой частоты с защитой от короткого замыкания и термозащитой.

Область применения: бытовая звуковоспроизводящая аппаратура.

Корпус: Multiwatt 15

Производитель: SGS-Thomson Microelectronics

Электрические параметры микросхемы:

Постоянное напряжение питания - ± 40 В

Минимальное напряжение питания при котором сохраняются рабочие параметры микросхемы - ± 10 В

Максимамальный выходной ток - 10 А

Потребляемый ток в режиме покоя - 30 мА

Номинальная выходная мощность - 50 Вт

Коэффициент нелинейных искажений (при f = 1 кГц , Pвых = 5 Вт) - 0,05%

Рисунок 1. Микросхема TDA 7294

**2.1.2 Описание резисторов**

Постоянные резисторы - пассивные элементы электрической цепи, в идеале характеризуемые только сопротивлением электрическому току, то есть для идеального резистора в любой момент времени должен выполняться закон Ома: мгновенное значение напряжения на резисторе пропорционально току проходящему через него U(t)= R**\***I(t).

МЛТ резисторы - металлизированные лакированные теплостойкие, состоят из фарфоровых цилиндрических оснований с токопроводящим слоем из специальных сплавов, наружная часть покрыта слоем эмали, защищающей резистор от механических воздействий и влаги.

На практике же резисторы в той или иной степени обладают также паразитной ёмкостью, паразитной индуктивностью и нелинейностью вольтамперной характеристики.

Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,25 Втизображен на рисунке 2

Рисунок 2- УГО МЛТ резистора

Таблица 3

Габаритные размеры МЛТ резисторов в зависимости от наминала мощности

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность, Вт | Сопротивление, Ом | Диаметр, мм | Длина мм | Диаметр монтажного отверстия мм |
| 0,125 | от 1 до 3\*10 | 2 | 6 | 20 |
| 0,25 | от 1 до 5,1\*10 | 3 | 7 | 20 |
| 0,5 | от 1 до 5,1\*10 | 4,2 | 10 | 25 |
| 1 | от 1 до 10\*10 | 6,6 | 13 | 25 |
| 2 | от 1 до 10\*10 | 8,6 | 18 | 25 |

**2.1.3 Описание конденсаторов**

Конденсатор - это элементы электрической цепи, состоящие из проводящих электродов (обкладок), разделенных диэлектриком, и предназначенные для использования их электрической емкости. Емкость конденсатора есть отношение заряда конденсатора к разности потенциалов, которую заряд сообщает конденсатору. Благодаря свойству быстро накапливать и отдавать электрическую энергию конденсаторы нашли широкое применение в качестве накопителей энергии в различных фильтрах и в импульсных устройствах. В устройстве используются резисторы: К50-35, К73-17

Рисунок 1.4 – УГО конденсатора

**2.2. Разработка схемы электрической структурной устройства**

Структурная схема – схема, которая определяет основной состав изделия, и его функциональные части, их назначение и взаимосвязь.

Оформление структурной схемы технологического процесса изготовления устройства

Структурная схема технологического процесса изготовления устройства представлена на чертеже ПР 230101.3619.00 C1.

**2.3 Разработка схемы электрической принципиальной устройства**

Принципиальная схема – определяет полный состав элементов изделия и связей между ними и дает детальное представление о принципе работы устройства. На основе принципиальных схем разрабатывают схемы соединений элементов, узлов и устройств. Схема электрическая принципиальная указывает все элементы необходимые для построения устройства или его узла, связи между элементами и элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Схема электрическая принципиальная устройства представлена на чертеже ПР. 210101.361900 Э3

**3. Конструктивное исполнение устройства**

* 1. **Выбор и обоснование конструкций печатной платы устройства**

Любое электронное устройство имеет основные уровни конструктивной иерархии:

– нулевой уровень – на этом уровне находятся конструктивно неделимые элементы, то есть микросхемы (основа элементной базы всех электронных устройств);

– первый уровень – на этом уровне неделимые элементы объединяются в схемные сочетания. К первому уровню относятся печатные платы и большие гибридные интегральные схемы;

– второй уровень – данный уровень включает в себя конструктивные единицы, предназначены для механического и электрического объединения элементов первого и второго уровней (блоки, субблоки, панели);

Существуют электронные устройства, которые имеют 3 и 4 уровни:

– третий уровень – уровень реализующийся в виде стойки или шкафа внутренний объём которого заполняется конструктивными элементами второго уровня;

– четвёртый уровень – включает в себя несколько стоек шкафов, соединённых кабелем;

К таким устройствам относятся ЭВМ и прочие вычислительные и цифровые устройства.

Печатная плата, как было сказано выше, относится к первому иерархическому конструктивному уровню, это можно объяснить тем что она является, буквально, основой любого электронного устройства, так как на ней размещаются все ЭРЭ и монтажные соединения. Печатная плата – изделие, состоящее из плоского изоляционного основания, с отверстиями, пазами, вырезами и системой токопроводящих полосок (проводников), предназначенное для установки и коммутации электрорадио изделий и функциональных узлов в соответствии со схемой электрической принципиальной. Тип печатной платы выбирается в зависимости от назначения (от области применения) будущего устройства. Это определяется тем, что каждый тип печатной платы относится к определённому классу точности. Типы печатных плат также отличаются по надёжности, ремонтопригодности, по условиям эксплуатации, прочности печатного монтажа. Наиболее простым типом печатной платы является печатная плата однослойная односторонняя. Которая имеет первый класс точности, используется в мелкосерийном производстве или в одиночном, имеет наименьшую из всех надёжность. Самый сложный тип П.П. – многослойная печатная плата.

* 1. **Геометрические расчеты конструкций печатной платы**

Площадь печатной платы определяется по формуле:



Где  - коэффициент, зависящий от назначения и условий эксплуатации устройства (выбирается от 1 до 3);

 - установочная площадь i – го элемента; n – количество элементов.



С учётом того, что микросхема нагреваются до +70. °С то их рабочая площадь должна быть больше чем их действительная площадь, по этому и площадь печатной платы должна быть больше чем расчётная. Следовательно, для данного устройства выбираем площадь печатной платы 152 мм, (43x33) .

**3.2.1 Расчёт диаметра монтажных отверстий**



Где – номинальный диаметр монтажных отверстий;

– нижнее предельное отклонение диаметра отверстия;

– максимальное значение диаметра вывода электрорадио изделий, установленных на печатную плату;

– разность между минимальным значением отверстия и максимальным размером диаметра вывода (при ручной пайки выбирают в пределах значений от 0,1 до 0,4мм)



**4. Технологическое исполнение устройства**

**4.1 Выбор и обоснование технологии печатной платы устройства**

Односторонние печатные платы изготавливаются двумя методами:

– субтрактивный – В данном методе используется фольгированный диэлектрик, на котором проводящий рисунок формируется путём химического удаления фольги с незащищённой резистом поверхности печатной платы. Данный способ используется чаще так, как для реализации процесса требуется меньшее время и квалификации рабочего;

– аддитивный – данный метод заключается на избирательном осаждении токопроводящего покрытия на основание диэлектрика. В сравнении с субтрактивным методом, аддитивный имеет ряд преимуществ: повышается плотность печатного монтажа, устраняется подтравливания элементов печатного монтажа;

Изготовления печатной платы также делится на позитивный и негативный метод.

– позитивный – заключается в том, что резистом защищается будущий проводящий рисунок и происходит травление;

– негативный – заключается в том, что резистом защищается будущий диэлектрический рисунок а затем происходит процесс осаждения меди;

Резист – устойчивый к воздействию химически активных веществ, используется для защиты печатной платы в процессе формирования рисунка печатной платы. Существуют следующие способы нанесения резиста на П.П:

– офсетная печать – заключается в том, что изготавливается печатная форма на которую закатывается (валиком) краска. Затем при помощи печатного цилиндра краска переносится с формы на поверхность П.П;

– сеткографический – резист наносится через трафарет;

– фотопечать – используется специальный резист – фоторезист, который переносится с фотошаблона на поверхность печатной платы;

Для данного устройства выбирается субстрактивный позитивный способом изготовления П.П, так как он является наиболее простым, а следовательно и самым дешёвым. По такому же принципу выбирается способ нанесения резиста (то есть сеткографический). Данный метод изготовления П.П. и нанесения резиста не имеют высокую надёжность но для единичного типа производства данные методы являются наиболее выгодными.

**4.2 Составление типового технологического процесса изготовления печатной платы устройства**

Включает в себя процесс изготовления печатной платы и операции сборки электронного узла.

Основные этапы изготовления печатной платы:

– входной контроль материала – данная операция производится для обеспечения гарантированного качества получаемой продукции, при этом определяется соответствие механических и физических характеристик техническим условиям. Контролю подвергается каждая партия поступающего диэлектрика, фоторизиста, трафаретной краски. Качество диэлектрика определяется визуально;

– подготовка (изготовление) заготовок – размеры заготовок определяются требованиями чертежа и наличием по всему периметру заготовки технологического поля. После данного этапа следует процесс контроля заготовки;

– подготовка поверхности заготовки – данный этап включает в себя очистку исходных материалов от оксидов, жировых пятен, смазки и других типов загрязнений, включает специальную обработку диэлектриков.

– получение защитного рисунка - для формирования на поверхности диэлектрика проводящих слоёв и пробельных мест, получение рисунка подвергается визуальному контролю;

– сенсибилизация и активация поверхности печатной платы – данная операция проводится для придания диэлектрической поверхности способности металлизироваться, то есть формирование каталитически активного слоя. Не используется в единичном производстве;

– химическое омеднение – эта операция первый этап металлизации поверхности заготовок. Не используется в единичном производстве;

– гальваническая металлизация – проводится для усиления слоя химической меди и создания на концевых печатных контактах специального покрытия. Не используется в единичном производстве;

– травление – это процесс избирательного удаления меди с непроводящих мест для формирования рисунка печатного монтажа, после проводится контроль сформированного рисунка визуально на соответствие исходной схеме и с использованием мультиметра для обнаружение пересекающихся дорожек;

– отмывка печатной платы – используется для устранения оставшегося резиста;

- сушка печатной платы – для удаления влаги после промывки;

– обработка монтажных отверстий – эта операция производится на специальном сверлильном станке с тонкими свёрлами различного диаметра (в единичном производстве при изготовлении в мастерских станок один, только меняются свёрла);

­– обработка заготовок по контору – эта операция производится после полного изготовления печатной платы. Сопровождается процессом отбрасывания брака;

– выходной контроль – предназначен для определения степени соответствия печатной платы с исходным чертежом и соответствие техническим условиям;

– консервация печатной платы– предназначен для защиты печатной платы от воздействия внешних факторов при хранении, транспортировки. В единичном производстве не используется, так как изготовленная печатная плата не подлежит хранению или транспортировке.

**Типовые операции сборки электронного узла**

Основные этапы сборки электронного узла:

– входной контроль ЭРЭ – технологический процесс проверки поступающих на сборку ЭРЭ и ИМС по параметрам, определяющих их работоспособность. Электрические параметры проверяют, используя мультиметр;

– подготовка элементов к монтажу – данная операция включает в себя распаковку элементов, выпрямление, зачистку, формовку, обрезку и лужение выводов, а также размещение ЭРЭ в технологическую тару;

– Установка элементов на П.П. – данный этап осуществляется вручную

– нанесение и подсушка флюса – данную операцию проводят для обеспечения высокого качества паяных соединений. Нанесение флюса производится кистью, погружением или распылением (при температуре 353-375 К)

– пайка элементов – осуществляется вручную;

– отмывка печатной платы – данную операцию проводят для того, чтобы очистить печатную плату от оставшихся частичек флюса;

– выходной контроль – данная операция делится на визуальный контроль правильности сборки и качества паяных соединений, контроль правильности монтажа и поиск неисправностей при помощи мультиметра, функциональный контроль;

4.3 **Разработка маршрутных карт разрабатываемого технологического процесса**

Маршрутные карты разрабатываемого технологического процесса приведена в приложении А.

**5. Расчетная часть**

**5.1 Расчёт основных показателей надёжности устройства**

Данный пункт предназначен для расчета надежности и технологичности устройства. Одним из основных параметров вычислительной техники является надежность, которая зависит от надежности используемой элементной базы и принятых схемотехнических и конструкторских решений. Требования к надежности вычислительной техники постоянно повышаются, так как область ее применения охватывает все сферы деятельности человека. Под надежностью понимают свойства изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени, при соблюдении режимов эксплуатации, правил технического обслуживания, транспортировки и хранения. Надежность - сложное комплексное понятие, с помощью которого оценивают важнейшие технические характеристики изделия (работоспособность, долговечность и безотказность). Работоспособность - это состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами установленными требованием технической документации. Наработка - продолжительность (или объем) работы изделия измеряемая временем или циклом. В процессе эксплуатации или при испытании изделия в зависимости его назначения различают:

- суточную (месячную) наработку;

- наработку на отказ;

- гарантированную.

Долговечность - свойство, заключающееся в способности сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов.

Отказ - это событие, приводящее к полной или частичной утрате работоспособности изделия.

Безотказность - свойства изделия сохранять свою работоспособность в течении некоторой наработки без вынужденных перерывов. Расчет показателей надежности заключается в определении суммарной интенсивности отказов схемы электрической принципиальной. В данного расчета основными данными являются: схема электрическая принципиальная устройства, справочные данные интенсивности отказов элементов изделия. Основной показатель надежности – интенсивность отказов i-го элемента, определяется по формуле:

λ=λ0i\*αi\*K1\*K2\*K3

где λ0i – интенсивность отказов данного типа элемента при номинальной электрической нагрузке и нормальных условиях эксплуатации.

αi – коэффициент, учитывающий влияние механических факторов;

K1 ,K2 – влияние климатических факторов;

K3 – влияние пониженного атмосферного давления.

Таблица 1 – Расчет интенсивности отказов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Кол-во | αi |  λ0i\*10-6(1/ч) |  λi\*10-6(1/ч) | λi\*ni |
| Микросхема | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| Резистор | 7 | 0,3 | 0,02 | 0,07 | 0,2 |
| Конденсатор | 10 | 0,3 | 0, 7 | 0,025 | 0,5 |

Так как устройство рассматривается как опытный образец в лаборатории, то условия эксплуатации считаются нормальными следовательно К1=К2=К3=1

=1,22\*1,6\*1=1,952

**Расчёт наработки на отказ схемы электрической принципиальной**

Суммарная интенсивность отказа схемы определяется по формуле:



где - интенсивность отказов данного типа элементов при номинальной электрической нагрузки и нормальный условиях эксплуатации:

=1,952\*18=35,13\*10-6

* + 1. **Расчёт времени безотказной работы в схеме электрической**

**принципиальной**

Время безотказной работы в схеме электрической принципиальной определяется по формуле:

= 1/35,13\*10-6=28 лет

5.2 Расчет технологичности разработанной конструкций и технологий изготовления устройства.

Технологичность – совокупность свойств конструкции изделия, проявляющиеся в возможности оптимальных затрат труда, времени, средств труда, при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации, ремонте.

Технологичность определяется по формуле:



где Кi – расчётный частный показатель, соответствующего класса блока;

­– весовой коэффициент;

i – Порядковый номер показателя;

n – Количество показателей;

Для того, чтобы определить комплексный показатель технологичности необходимо определить каждый частный показатель.

* + 1. Расчёт коэффициента использования микросхем

Коэффициент использования микросхем определяется по формуле



Где:

HИМС – количество микросхем;

Hэрэ – общее количество элементов радиоэлементов;



Для данного коэффициента весовой коэффициент 1=1

* + 1. **Расчёт коэффициента автоматизации и механизации монтажа**

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа определяется по формуле:



Где:

Hам–количество монтажных соединений, которое выполняется автоматизировано или механизировано;

Hм – общее количество монтажных соединений;



Для данного коэффициента весовой коэффициент 2=1

* + 1. **Расчёт коэффициента автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу**

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу определяется по формуле:



Где:

– количество ЭРЭ которые подготавливаются автоматизировано или механизировано;

Hэрэ – общее количество элементов эрэ;



Для данного коэффициента весовой коэффициент 3=0,75

**5.2.6** **Расчёт коэффициента автоматизации и механизации операции контроля и настройки электрических параметров**

Коэффициент автоматизации и механизации операции контроля и настройки электрических параметров определяется по формуле:



Где:

Нмкн – количество операций контроля и настройки, выполняемых механизировано или автоматизировано;

Hкн – общее число операций контроля и настройки;



Для данного коэффициента весовой коэффициент 4 =0,5

**5.2.7 Расчёт коэффициента повторяемости ЭРЭ**

Коэффициент повторяемости ЭРЭ определяется по формуле



Где:

Hтэрэ – количество типоразмеров ЭРЭ в изделии;

Hэрэ – общее количество элементов эрэ;



Для данного коэффициента весовой коэффициент 5=0,31

* + 1. **Расчёт коэффициента применяемости ЭРЭ**

Коэффициент применяемости ЭРЭ определяется по формуле



Где:

Hтсрэрэ – количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ в изделии;

Hтэрэ – общее число типоразмеров эрэ;



Для данного коэффициента весовой коэффициент 6=0,187

**5.2.9.Расчёт коэффициента прогрессивности формообразования деталей**

Коэффициент прогрессивности формообразования деталей определяется по формуле



Где: Dпр– количество деталей, заготовок, полученных прогрессивным методом формообразования;

Dпр– общее количество деталей, заготовок;



Для данного коэффициента весовой коэффициент 7=0,11

**5.2.10 Расчёт технологичности**

Технологичность определяем подставив в формулу значения частных показателей технологичности



**5.2.11 Расчёт уровня технологичности устройства**

Расчёт уровня технологичности устройства определяется по формуле:



Где:

К– комплексный показатель технологичности;

Кн–нормативный показатель технологичности;

В соответствии с формулой  и тем, что, К=0,4, выбираем КН=0,5 из ряда допустимых значений.



Таким образом уровень технологичности будет равен 0,8538, следовательно устройство является не технологичным, так как значение уровня технологичности меньше единицы.

Электрическая принципиальная схема устройства представлена на чертеже ПР 230101.3619.00 Э3.