

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Повышающий преобразователь напряжения

Студент(ка)

Ю.Ю. Ивашкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

С.В. Поносов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

АННОТАЦИЯ

В выпускной квалификационной работе рассмотрены варианты повышающих преобразователей напряжения, составлена структурная схема разрабатываемого устройства, произведен расчет всех узлов (высокочастотного преобразователя, схемы стабилизации выходного напряжения, узлов защиты), разработана печатная плата устройства.

Расчитаны показатели экономической эффективности и рассмотрена безопасность и экологичность при эксплуатации преобразователя.

Пояснительная записка содержит 69 страниц, 19 рисунков, 18 таблиц.

Графическая часть содержит 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	5
1.1 Мощный преобразователь напряжения на тиристорах	5
1.2 Повышающие импульсные преобразователи напряжения	6
2 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА	14
3 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ	16
3.1 Двухтактный преобразователь напряжения.	16
3.2 Задающий генератор управляющих импульсов.	21
3.3 Элементы узла защиты по току и напряжению.	27
3.4 Выпрямитель и сглаживающий фильтр.	30
3.5 Узел стабилизации напряжения.	30
4 РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ	34
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	40
5.1 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций	40
5.2 Идентификация опасных и вредных производственных факторов	41
5.3 Воздействие производственных факторов	43
5.4 Мероприятия по разработке безопасных условий труда	45
5.5 Обеспечение электробезопасности на рабочем месте	48
5.6 Обеспечение пожарной безопасности	50
5.7 Расчет местной вентиляции на участке изготовления печатных плат	51
5.8 Организация рабочего места монтажника	54
6 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	58
6.1 Стадии и этапы выполнения НИОКР	58
6.2 Расчёт зарплаты исполнителей	61
6.3 Расчет затрат на основные материалы.	62
6.4 Расчет затрат на электроэнергию	65
6.5 Расчет амортизационных отчислений	65
6.6 Расчет накладных расходов	66
Заключение	67
Список используемой литературы и источников	68

ВВЕДЕНИЕ

Повышающие преобразователи напряжения благодаря многочисленным интегрированным функциям и развитым схемам защиты можно применять в самых разнообразных областях, среди которых – промышленная автоматика, медицинская электроника, телекоммуникации, для питания светодиодных дисплеев и их подсветки. Повышающие преобразователи строятся по традиционной схеме с токовым управлением и с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) постоянной частоты для снижения шумов. На базе микросхем, имеющих компенсацию обратной связи, встроенные силовые ключи и высокочастотную ШИМ, можно создать миниатюрный повышающий преобразователь для самых разнообразных применений. При разработке преобразователей необходимо обеспечить высокий КПД, регулируемое опорное напряжение и резервные схемы защиты.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В данной главе рассмотрены некоторые виды повышающих преобразователей напряжения.

1.1 Мощный преобразователь напряжения на тиристорах

Преобразователь предназначен для инвертирования постоянного напряжения 12 В в переменное от 200 до 500 В. Мощность устройства до 500 Вт. Схема преобразователя представлена на рисунке 1.1. Частота выходного переменного напряжения задается частотой импульсов автогенератора, выполненного на транзисторах VT1 и VT2, конденсаторе C1 и резисторах R1, R2. Задающие импульсы через трансформатор T1 попадают на управляющие электроды тиристорных ключей VS1 и VS2, которые попеременно подключают к входному источнику постоянного напряжения (12 В) первичную обмотку трансформатора T2. Сначала подключается верхняя половина обмотки T2 (выв. 2-1), затем – нижняя половина (выв. 2-3). К выводам 4-5 трансформатора T2 подключается нагрузка.

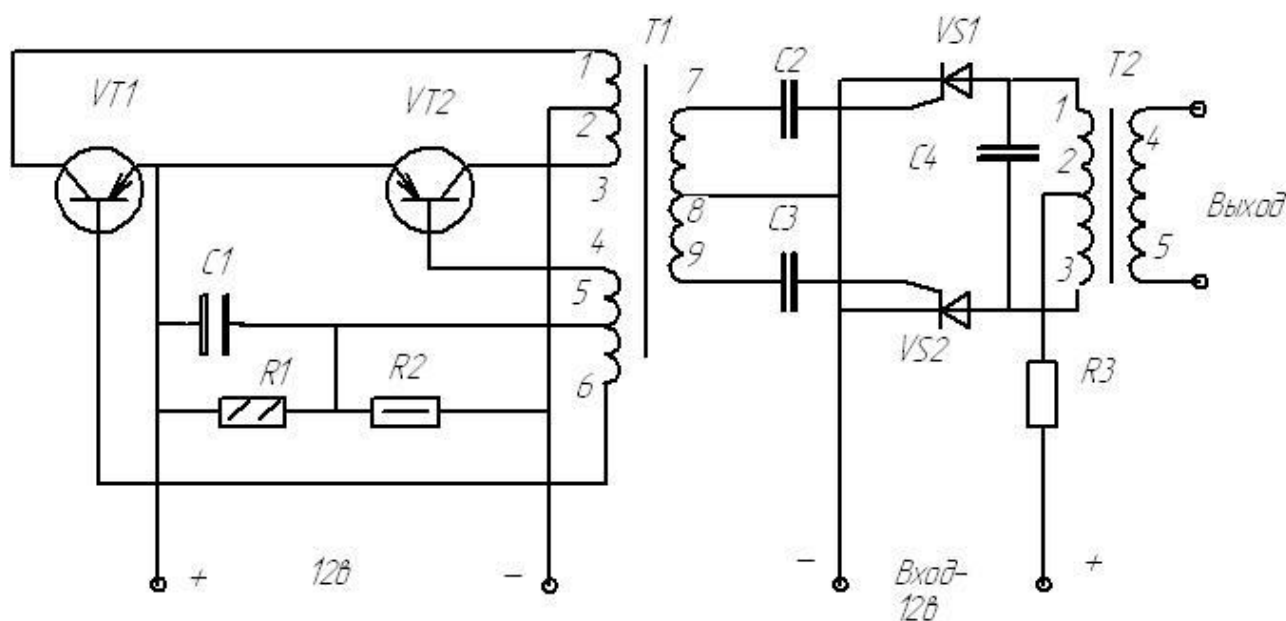


Рисунок 1.1 - Мощный преобразователь напряжения на тиристорах

Конденсатор C4 предназначен для попеременного закрывания тиристоров VS1 и VS2. Он должен обеспечивать надежное закрытие ключей при изменениях входного напряжения пределах $\pm 10\%$.

Разделительные конденсаторы С2 и С3 повышают стабильность работы преобразователя.

Резистор R3 предохраняет источник питания от короткого замыкания (ограничивает ток) в моменты переключения ключей.

Схему можно доработать, если вместо автогенератора использовать мультивибратор с возможностью регулирования частоты, выходная частота преобразователя будет также меняться (например, в диапазоне 50 – 400 Гц).

Величина выходного напряжения определяется соотношением числом витков первичной и вторичной обмоток трансформатора Т2.

1.2 Повышающие импульсные преобразователи напряжения

Различают однотактные и двухтактные схемы преобразователей.

Достоинства однотактных вариантов в том, что они дешевле и проще в изготовлении; недостатки – нужно применять специальные меры для борьбы с высокочастотными помехами. Также необходимо учитывать вероятность насыщения магнитопровода, для чего используются схемотехнические (токовая обратная связь) и конструктивные (использование немагнитного зазора) методы. В целом, габариты электромагнитной части преобразователя оказываются больше, чем у аналогичного по мощности двухтактного варианта.

В двухтактном варианте более оптимально используется магнитопровод сердечника. Поочередная работа силовых ключей позволяет передавать большую мощность в нагрузку.

Увеличить мощность и КПД преобразователя, уменьшить его габариты позволяет применение современной элементной базы. В новых разработках применяются быстродействующие мощные полевые ключи, специальные управляющие микросхемы.

На рисунках 1.2 – 1.4 приведены несколько простых схем повышающих преобразователей напряжения, используемых в бытовых приборах. Они позволяют из постоянного напряжения 3...15 В получать 400 В и более.

Самый простой преобразователь можно выполнить по однотактной схеме (рисунок 1.2). Работает она следующим образом. При открытом состоянии

ключа (транзистора VT1) через обмотку 2 трансформатора T1 протекает ток, накапливается энергия. При закрытом состоянии ключа энергия отдается в нагрузку через обмотку 3 трансформатора T1. От частоты работы преобразователя зависят габариты трансформатора. Малогабаритная конструкция получается при повышенной частоте.

На рисунке 1.2 показана схема преобразователя, выполненного на одном мощном универсальном транзисторе. Резистор R1 обеспечивает нужное положение рабочей точки транзистора и его величину надо подбирать. Резистор R2 ограничивает ток диода VD2 при зарядке конденсатора C3.

На рисунке 1.3 показан однотоктный преобразователь на полевом транзисторе. Временязадающие элементы схемы C2, R1 определяют частоту работы схемы в автогенераторном режиме.

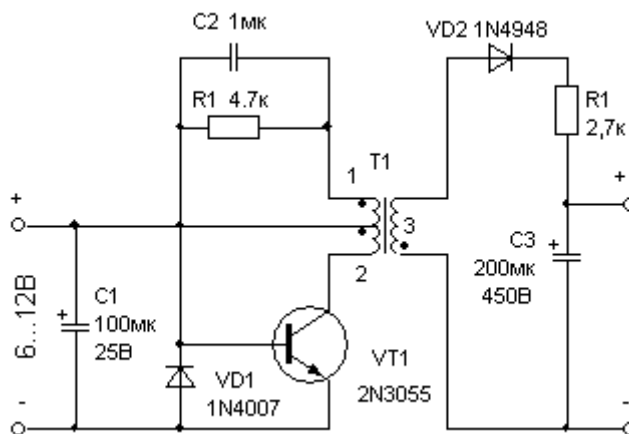


Рисунок 1.2 – Схема однотоктного преобразователя на мощном биполярном транзисторе

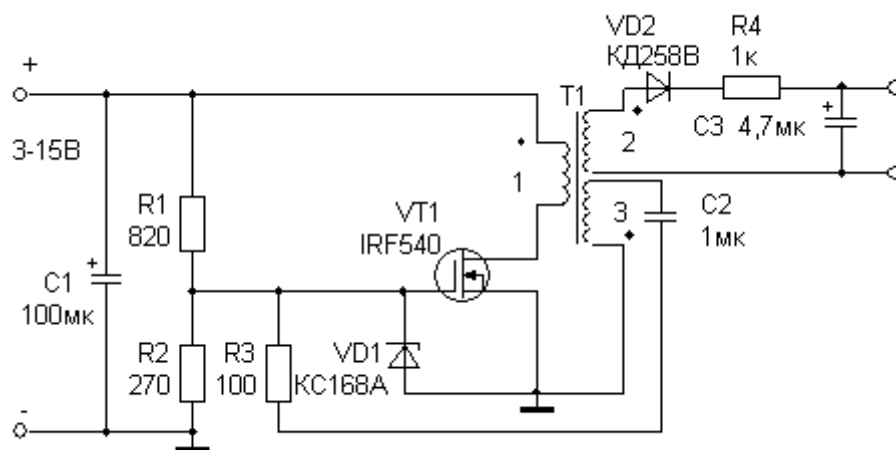


Рисунок 1.3 – Преобразователь на полевом транзисторе

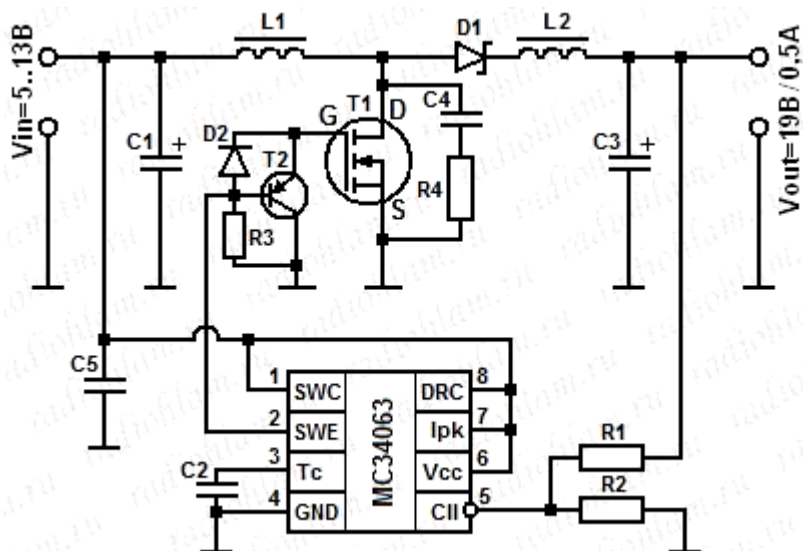


Рисунок 1.4 – Схема повышающего DC-DC преобразователя

На рисунке 1.4 показана схема повышающего преобразователя постоянного напряжения, который, при подаче на вход напряжения 5...13 В, позволяет на выходе получать стабильное напряжение 19 В.

Управляет преобразователем специально разработанная микросхема для DC-DC преобразователей MC34063. Она позволяет свести к минимуму количество внешних элементов.

Силовым ключом в схеме является мощный n-канальный MOSFET- транзистор. Управляется он через промежуточный биполярный транзистор с диодом и резистором.

Мощные преобразовательные установки строятся на основе базовых преобразователей: неуправляемые выпрямители и инверторы с неизменным на протяжении всего времени работы алгоритмом управления.

Отдельно нужно рассмотреть преобразователи для заряда конденсаторных накопителей энергии.

Для использования преобразователей с жесткой выходной характеристикой в качестве ЗУ они должны быть дополнены элементами, задачей которых является формирование токов в различных цепях, - токоформирующими элементами (ТФЭ). Поэтому каждая группа в классификации базовых преобразователей разветвляется за счет различия типов токоформирующих элементов и места их включения в схему базового преобразователя.

Тип ТФЭ влияет на сочетание технико-экономических показателей ЗУ. Стремление получить сочетания таких показателей для различных применений стимулировало использование модификаций ТФЭ. На рисунке 1.5, а приведена схема ЗУ с единым базовым преобразователем. Простейшим ТФЭ является резистор, включаемый последовательно в зарядную цепь ЕНЭ на рисунке 1.5, б.

Значительно лучший КПД получается, если применять реактивные токоформирующие элементы (рисунок 1.5, в, г). Применение комбинации емкостного и индуктивного токоформирующих элементов позволяет достичь ряда преимуществ, связанных с использованием явления резонанса. Так, широкое применение получили схемы ЗУ с индуктивно-емкостными преобразователями. Применение таких зарядных устройств (рисунок 1.5, д) позволяет существенно

приблизить форму зарядного тока к идеальной. Несколько лучший коэффициент использования источника питания обеспечивает другое построение схемы с емкостным и индуктивным токоограничивающими элементами (рисунок 1.5, е).

Сочетание емкостного токоформирующего элемента в цепи переменного тока с индуктивным, помещенным в зарядный контур (рисунок 1.5,ж), дает возможность получить гладкую составляющую потребляемого тока, близкую к идеальной.

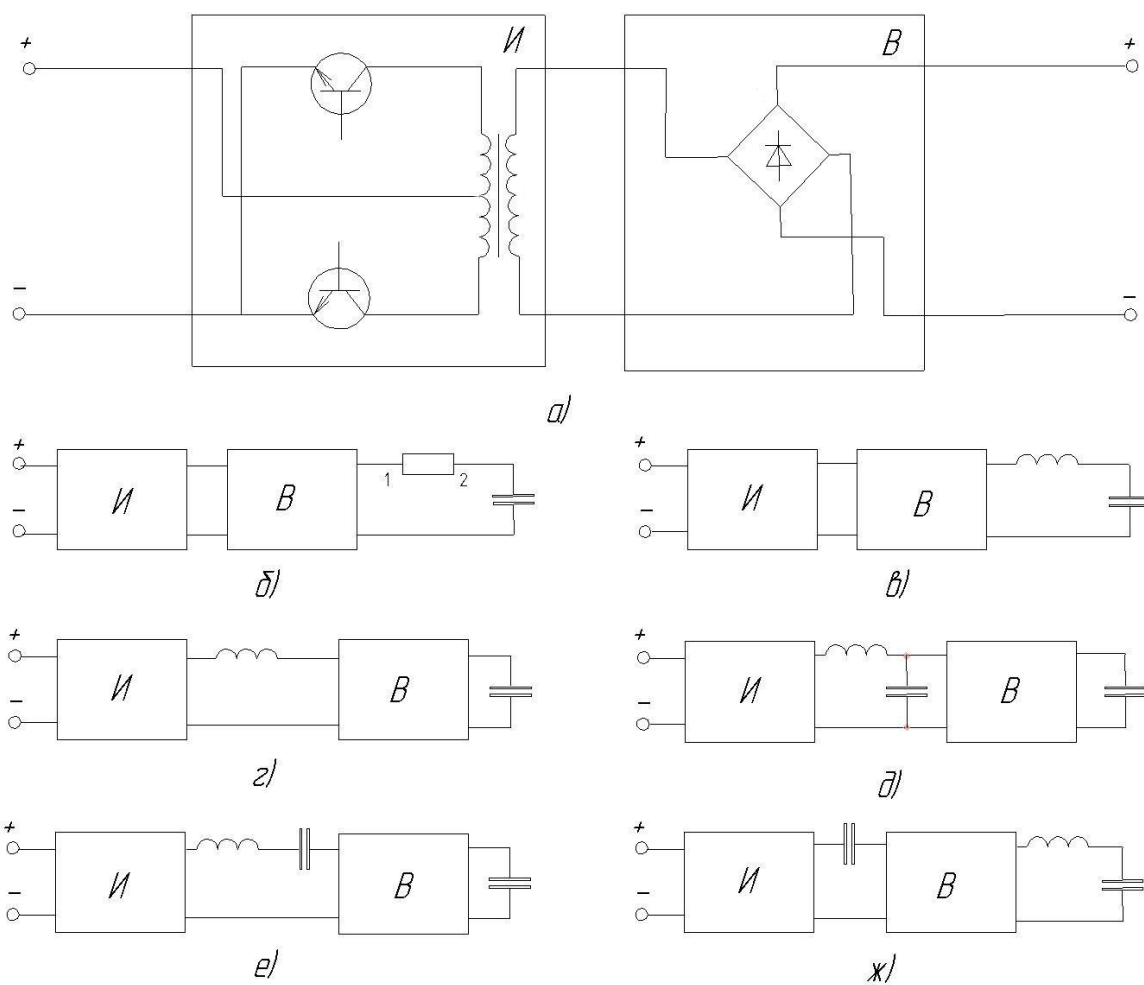


Рисунок 1.5 – Схемы устройств на базе преобразователей с жесткими выходными характеристиками с различными токоформирующими элементами

На рисунке 1.6 приведены схемы ЗУ, относящихся к этому классу. Это прежде всего схемы с промежуточными индуктивными накопителями энергии. На рисунке 1.6,а приведен транзисторный вариант схемы с промежуточным индуктивным накопителем.

Тиристорные схемы, аналогичные схеме на рисунке 1.6, а могут быть получены с любым узлом последовательной или параллельной искусственной коммутации. На рисунке 1.6, б приведена схема двухтактного тиристорного преобразователя, использующего в качестве коммутирующего элемента единственный конденсатор.

При наличии в зарядной цепи дросселя фильтра в качестве дозирующего элемента можно применять конденсатор. На рисунке 1.6, в приведена схема ЗУ, с помощью которой можно обеспечить заряд накопителя до напряжения источника питания. Если необходимо заряжать накопитель лишь до напряжений, не превышающих половины напряжения источника питания, целесообразно применение более простой схемы на рисунке 1.6, г.

Чаще, однако, приходится заряжать ЕНЭ до напряжений, значительно превышающих напряжение источника питания. В этом случае нельзя обойтись без трансформатора и для снижения его массогабаритных показателей желательно повысить частоту перемагничивания его магнитопровода. При этом можно использовать трансформаторные аналоги схем с емкостным дозированием энергии. Аналогом схем на рисунке 1.6, в, г в этом случае служит схема ЗУ, содержащая последовательный инвертор. При питании от источника переменного напряжения аналогом схемы на рисунке 1.6, д служит схема на рисунке 1.6,е.

Общим свойством всех схем на рисунке 1.6 является постоянство энергии, передаваемой в накопитель на каждом зарядном импульсе. Поэтому в нерегулируемых ЗУ, где частота переключений ключевых элементов постоянна, эти схемы обеспечивают постоянство гладкой составляющей потребляемой мощности.

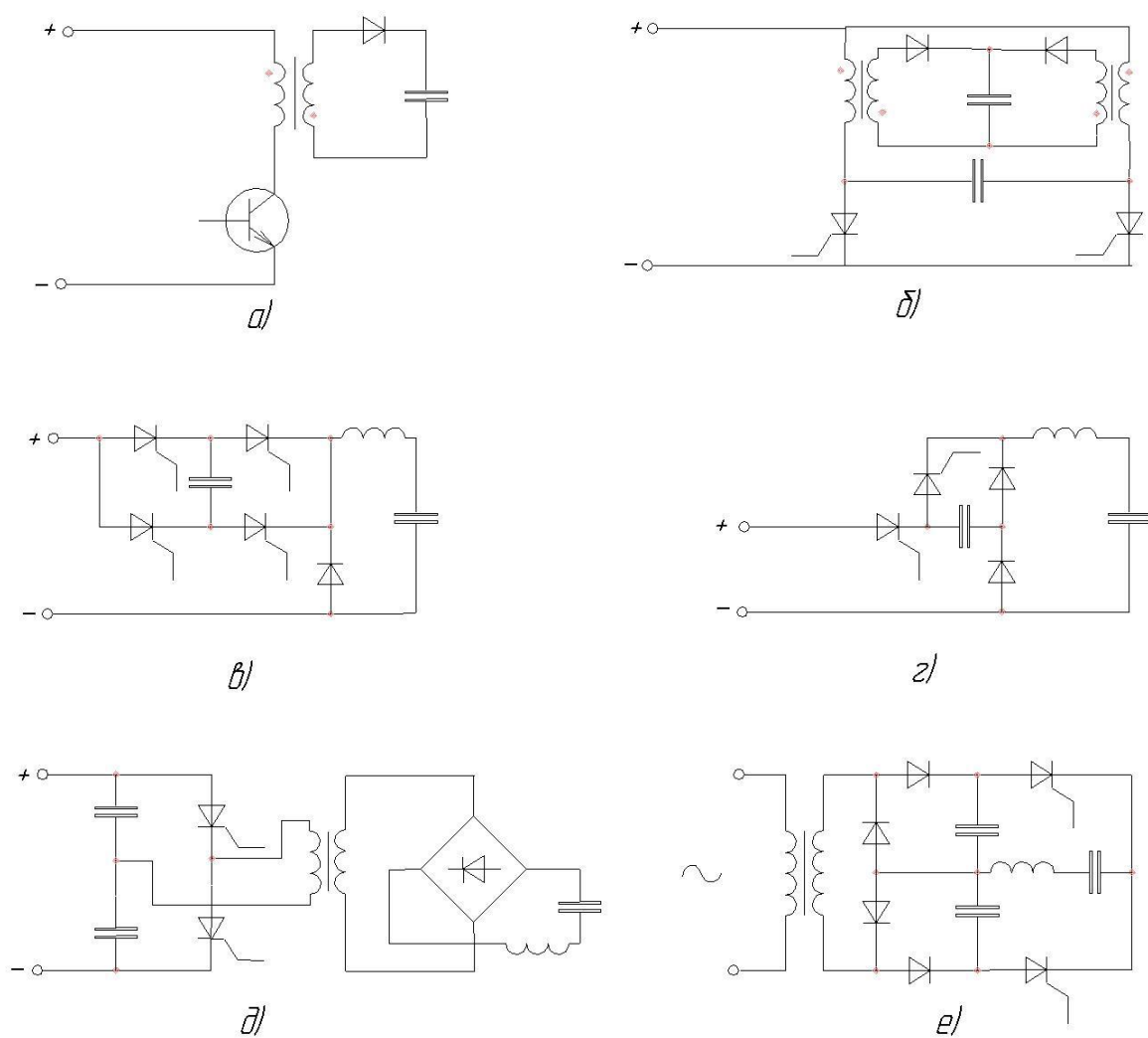


Рисунок 1.6 – Схемы зарядных устройств с индуктивными и емкостными дозаторами энергии

2 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА

Исходя из обзорной части (гл. 1) и задания, составили структурную схему разрабатываемого устройства (рисунок 2.1). На вход преобразователя поступает постоянное напряжение 12 В от аккумуляторной батареи 1. Основным узлом устройства является высокочастотный двухтактный преобразователь напряжения 3 на мощных полевых транзисторах. Для его работы необходим задающий генератор управляющих импульсов. Для этих целей выберем специальный контроллер (управляющий драйвер). Узел защиты по току 2 (токовое реле) служит для защиты устройства. С выхода высокочастотного преобразователя 3 переменное напряжение поступает на выпрямитель 4 и фильтр 6. Для стабилизации выходного напряжения используется блок стабилизации 5, который имеет обратную связь с высокочастотным преобразователем 3.

Таким образом, на выходе устройства получается постоянное стабилизированное напряжение порядка 900 В.

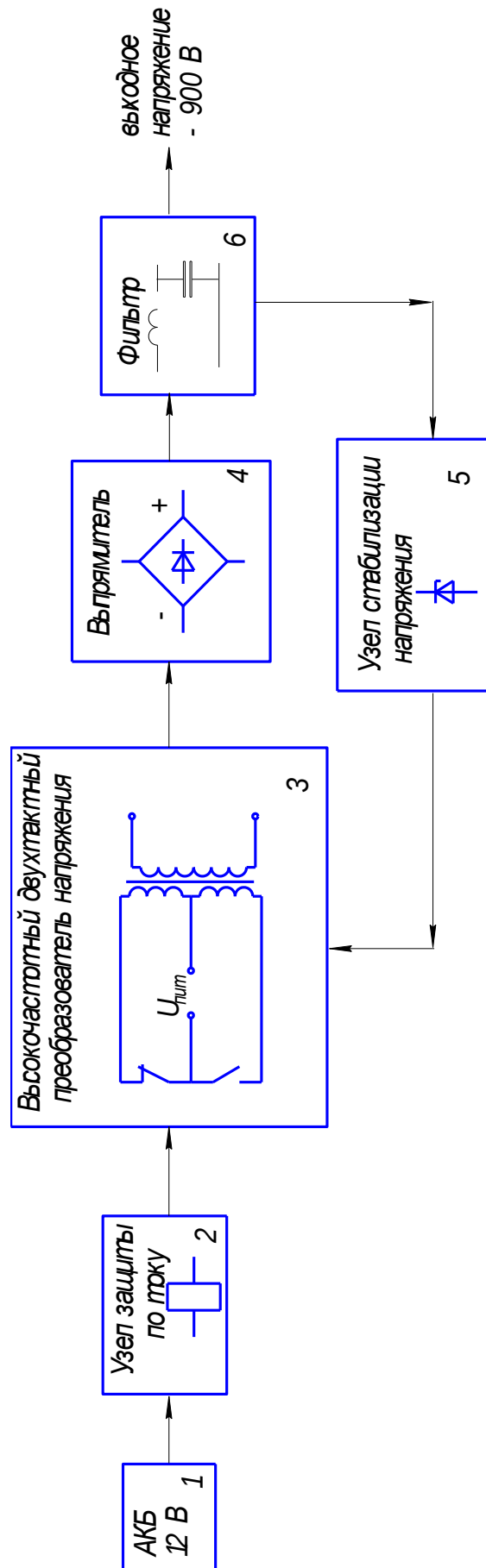


Рисунок. 2.1 – Структурная схема устройства

3 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

3.1 Двухтактный преобразователь напряжения.

Расчет схемы необходимо начать с двухтактного преобразователя напряжения (рисунок 3.1, а), как с основного узла устройства. Эта схема состоит из двух ключевых элементов – мощных полевых транзисторов VT1 и VT2. Трансформатор Т1 имеет первичную и вторичную обмотки. К средней точке первичной обмотки подключен положительный вывод источника питания ($U_{\pi} = 12 \text{ В}$). В первом такте (рис. 3.1, б) транзистор VT1 открыт, VT2 – заперт, ток течет по полуобмотке 1.1 и трансформируется в обмотку 2. Во втором такте транзистор VT1 заперт, VT2 – открыт, ток течет по полуобмотке 1.2 и трансформируется в обмотку 2.

Между тактами необходимо выдерживать паузу для исключения протекания сквозного тока. Коэффициент заполнения определяется как:

$$\gamma = \frac{t_{on}}{T}, \quad (3.1)$$

где t_{on} – время открытого состояния силового ключа (VT1 или VT2),

T – период.

В опытных схемах коэффициент $\gamma = 0,45$.

В качестве силовых ключей VT1 и VT2 выберем мощные полевые транзисторы IRL2505 фирмы International Rectifier. Основные параметры приведены в таблице 3.1.

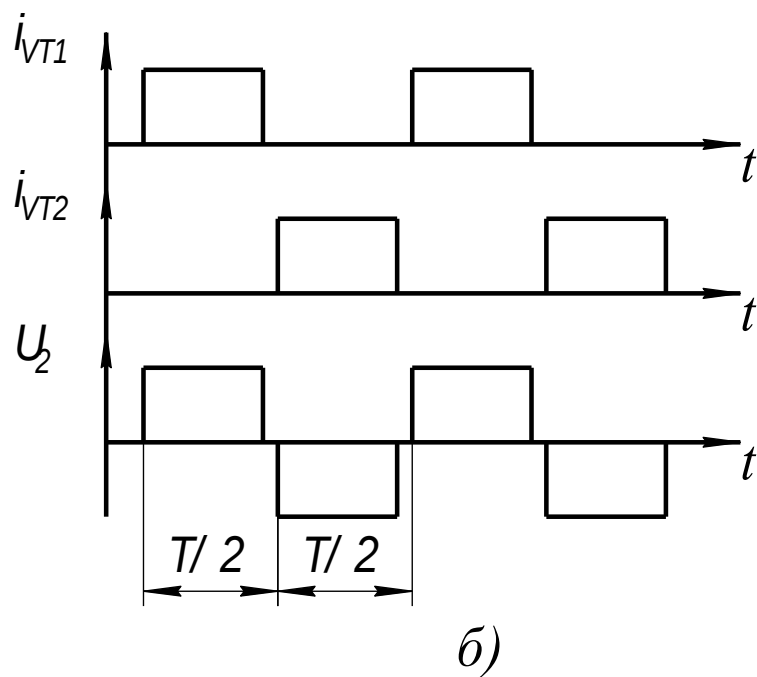
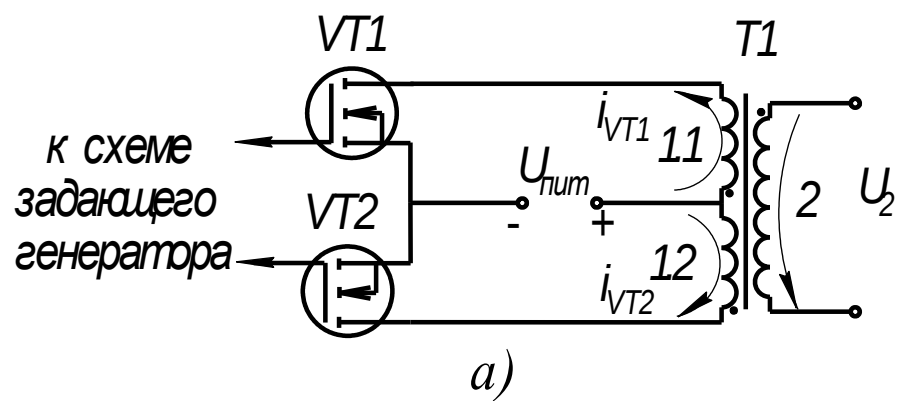


Рисунок 3.1 – Двухтактный преобразователь напряжения

а) схема электрическая;

б) диаграммы работы.

Основные параметры транзистора IRL2505

Параметр	Обозначение	Значение
Максимальный постоянный ток стока	I_D	104 А
Максимальный импульсный ток стока	I_{DM}	360 А
Максимальное напряжение на затворе	V_{GS}	± 16 В
Максимальная рассеиваемая мощность	P_D	200 Вт
Диапазон рабочих температур кристалла	T_J	-55 ... + 175
Тепловое сопротивление «кристалл-среда»	R_{JC}	0,75 °C/Вт
Тепловое сопротивление «кристалл-среда»	R_{JA}	62 °C/Вт
Максимальное напряжение «сток-исток»	$V_{(BR)DSS}$	55 В
Сопротивление «сток-исток»	$R_{DS(on)}$	0.008 Ом
Заряд затвора	Q_g	130 нКл
Время восстановления оппозитного диода	t_{rr}	210 нс
Заряд восстановления оппозитного диода	Q_{rr}	970 нКл

Расчет трансформатора Т1

Для расчета силового двухтактного трансформатора воспользуемся методикой расчета, приведенной в [9].

Приближенное значение коэффициента трансформации

$$n = \frac{U_n}{2U_n\gamma} = \frac{900}{2 \cdot 12 \cdot 0,45} = 83,3, \quad (3.2)$$

где U_n – напряжение на нагрузке, U_n – напряжение питания.

Определяем приближенное значение тока первичной обмотки при условии $i_n=0,17$ А:

$$i_n = i_n \cdot n = 0,17 \cdot 83,3 = 14,2 \text{ А}. \quad (3.3)$$

Потеря напряжения на открытом ключе (транзисторе VT1 или VT2):

$$U_{кл} = R_{DS(on)} \cdot i_n = 0,008 \cdot 14,2 = 0,11 \text{ В}. \quad (3.4)$$

Определяем точное значение коэффициента трансформации:

$$n = \frac{U_n + U_{VD}}{2(U_n - U_{кл})\gamma} = \frac{900 + 0,5}{2 \cdot (12 - 0,11) \cdot 0,45} = 84,1. \quad (3.5)$$

Необходимая габаритная мощность трансформатора

$$P_{заб} = 1,02 \cdot U_n \cdot i_n = 1,02 \cdot 900 \cdot 0,17 = 156 \text{ Вт}. \quad (3.6)$$

Для выбора сердечника трансформатора определим минимально возможное произведение SS_0 , исходя из рабочей частоты схемы и индукции в магнитопроводе:

$$SS_0 \geq \frac{P_{заб}}{2 \cdot f \cdot B \cdot j \cdot \sigma \cdot \eta} = \frac{156}{2 \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 0,95} = 0,29 \cdot 10^8 \text{ м}^4 = 0,29 \text{ см}^4, \quad (3.7)$$

где S – активная площадь сечения магнитопровода,

S_0 – площадь окна магнитопровода,

$f = 40 \text{ кГц}$ – рабочая частота схемы преобразователя,

$B = 0,2 \text{ Тл}$ – индукция в магнитопроводе (с запасом),

$j = 3,5 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$ – рекомендуемая плотность тока в медных обмотках для трансформаторов мощностью свыше 100 Вт,

$\sigma = 0,2$ – предварительное значение коэффициента заполнения окна медью (выбирается из рекомендуемого диапазона значений 0,15-0,4),

$\eta = 0,95$ – предполагаемый КПД трансформатора.

По справочнику выбрали кольцевой магнитопровод К40*25*11 из феррита с магнитной проницаемостью 2000. Чертеж магнитопровода приведен на рисунке 3.2.

Поперечное сечение стержня S

$$S = \frac{D-d}{2} h = \frac{40 \cdot 10^{-3} - 25 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 11 \cdot 10^{-3} = 82,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 0,825 \text{ см}^2. \quad (3.8)$$

Определяем число витков первичных полуобмоток:

$$w_{1.1} = w_{1.2} = \frac{\gamma(U_n - U_{кл})}{2 f B S} = \frac{0,45(12 - 0,11)}{2 \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 82,5 \cdot 10^{-6}} = 4. \quad (3.9)$$

Число витков вторичной обмотки

$$w_2 = w_{1.1} n = 4 \cdot 84,1 = 336. \quad (3.10)$$

Поперечное сечение проводов при условии, что плотность тока в обмотках $j = 3,5 \text{ А/мм}^2$:

$$q_1 = 14,2/3,5 = 4,06 \text{ мм}^2, \quad q_2 = 0,17/3,5 = 0,048 \text{ мм}^2. \quad (3.11)$$

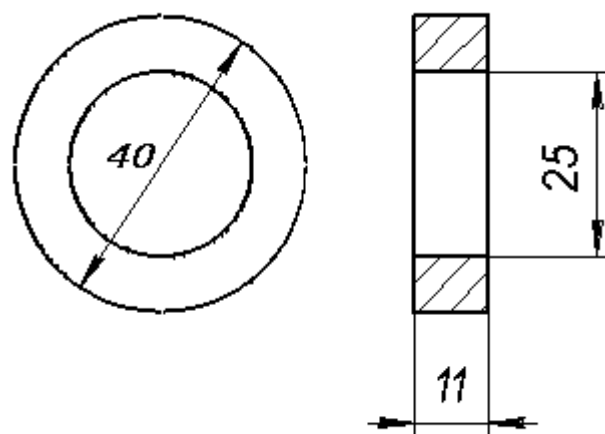


Рисунок 3.2 – Магнитопровод К40х25х11

Для первичных обмоток выбран медный провод с лаковой изоляцией марки ПЭЛ с круглым сечением диаметра 0,69 мм (внешний диаметр с изоляцией 0,74 мм). Количество проводов в жгуте

$$k = \frac{2q_1}{\pi d_1^2} = \frac{2 \cdot 4,06}{\pi \cdot 0,69^2} = 5,5, \quad (3.12)$$

где q_1 – необходимая площадь поперечного сечения жгута, d_1 – диаметр одного проводника. Выбираем количество проводов в жгуте $k=6$.

Для вторичной обмотки выбираем провод марки ПЭЛ (диаметр проводника $d_{пр} = 0,18$ мм, диаметр с изоляцией $d_{изол} = 0,20$ мм).

3.2 Задающий генератор управляющих импульсов.

Управление силовыми ключами осуществляется с помощью драйверной микросхемы КР1211ЕУ1. Микросхема 1211ЕУ1 представляет собой специализированный контроллер электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) для компактных люминесцентных ламп с питанием от бортовой сети постоянного тока 3...24 В. Производится по КМОП технологии. Может применяться для преобразователей постоянного напряжения в переменное.

Основные параметры приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Основные параметры микросхемы КР1211ЕУ1

Параметр	Обозначение	Значение
Напряжение питания	V_{CC}	3 - 9 В
Входное напряжение ВЫСОКОГО уровня по входам IN, FV, FC	$V_{IN(H)}$	не более 0.7 V CC
Входное напряжение НИЗКОГО уровня по входам IN, FV, FC	$V_{IN(L)}$	не менее 0.2 V CC
Максимальный выходной ток	I_{OUT}	250 мА
Рассеиваемая мощность	P_D	750 мВт
Частота задающего генератора	f_T	не более 5 МГц

Структурная схема микросхемы 1211ЕУ1 приведена на рисунке 3.3.

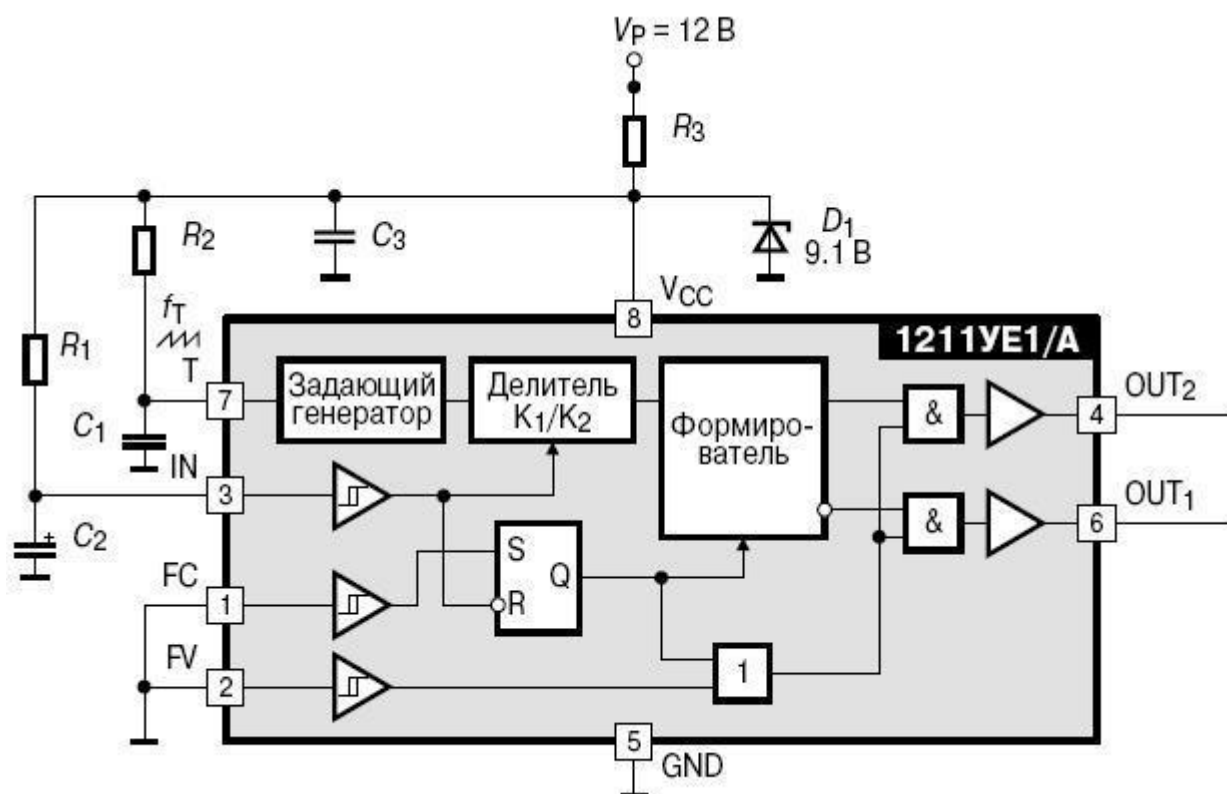


Рисунок 3.3 – Структурная и типовая схемы включения микросхемы
KP1211EY1

Микросхема состоит из задающего генератора, делителя частоты, формирователя импульсов и выходных усилителей. Управление микросхемой производится через выводы IN, FC, FV.

С выводами управления микросхемой связаны встроенные пороговые устройства. Вывод IN переключает делитель частоты и сбрасывает RS-триггер блокировки формирователя импульсов и выходных усилителей. При подаче на вывод IN напряжения низкого уровня выбирается коэффициент деления $K1$ и сбрасывается RS-триггер, при подаче высокого уровня — выбирается коэффициент деления $K2$. Выводы FC и FV служат для построения схем защиты. Подача на вывод FV напряжения высокого уровня вызывает выключение выходных усилителей (на выводах OUT1 и OUT2 устанавливается напряжение, равное нулю) на время, пока напряжение высокого уровня удерживается на этом выводе. Подача на вывод FC напряжения высокого уровня вызывает установку RS-триггера и выключение выходных усилителей (на выводах OUT1 и OUT2 устанавливается напряжение, равное нулю) до тех пор, пока по входу IN не будет сброшен RS-триггер.

Частота повторения импульсов f_T , вырабатываемых задающим генератором, задается RC-цепочкой $R1C1$, подключаемой к выводу T. Ток, потребляемый микросхемой, увеличивается с повышением частоты генератора. Выход генератора подключен к управляемому делителю частоты, с выхода которого симметричные противофазные импульсы поступают на вход формирователя; формирователь обеспечивает паузу между ними длительностью в один период тактовой частоты. В схеме предусмотрены блокировки по превышению напряжения питания (вывод FV) и потребляемому току (вывод FC). Увеличение напряжения питания приводит к росту напряжения на входе FV. При превышении порога срабатывания происходит выключение выходных каскадов микросхемы (на выводах OUT1 и OUT2 устанавливается напряжение, равное нулю).

С учетом приведенных особенностей составлена принципиальная схема задающего генератора управляющих импульсов разрабатываемого преобразователя (рисунок 3.4). На схеме представлены также элементы защиты по току и напряжению.

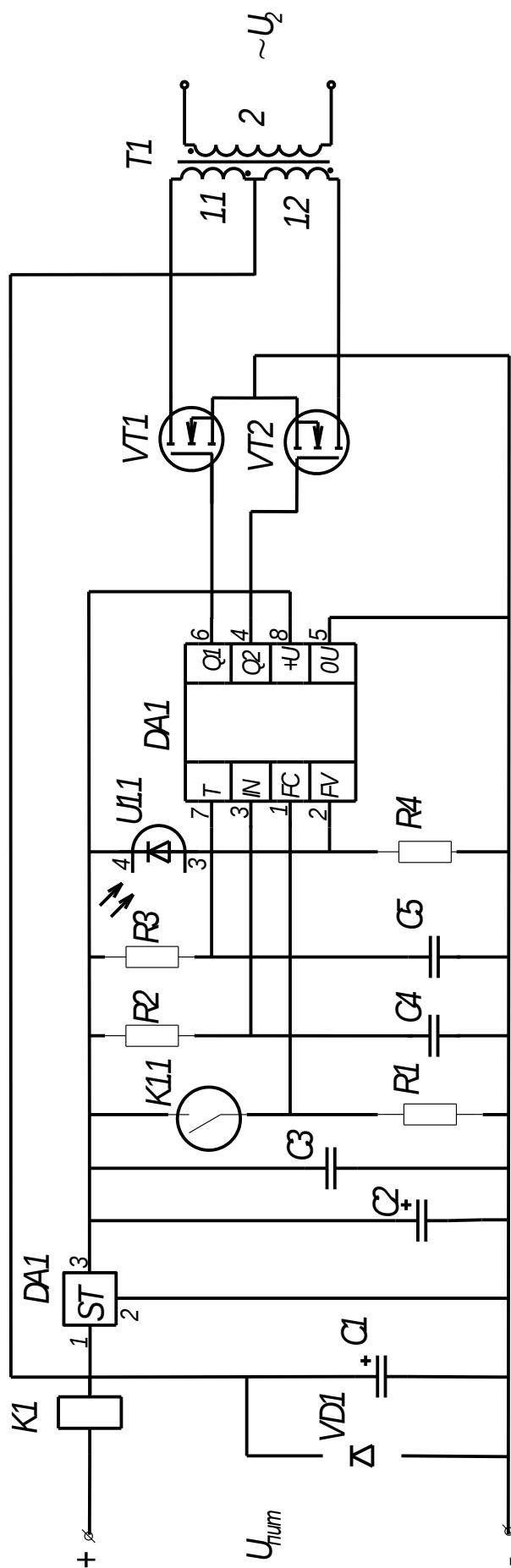


Рисунок 3.4 – Схема высокочастотного преобразователя с задающим генератором управляющих импульсов

Для определения номиналов элементов, подключаемых к выводам микросхемы, обратимся к справочной информации производителя [10].

Генератор должен вырабатывать прямоугольные импульсы с частотой около 40 кГц с защитными паузами, исключающими одновременное открытое состояние коммутирующих транзисторов VT1 и VT2.

Цепочка R3C5 является времязадающей для внутреннего генератора драйвера. Связь между частотой выходных импульсов f задается коэффициентом деления k_∂ и поясняется на рис. 3.5. Частота повторений импульсов f_T определяется по формуле

$$f_T = f \cdot 2k_\partial = 40 \cdot 10^3 \cdot 2(8+1) = 720 \text{ кГц} . \quad (3.13)$$

Связь между частотой внутреннего генератора f_T и параметрами времязадающей цепочки R3C2 определяется формулой:

$$f_T = \frac{0,07}{R3C5} . \quad (3.14)$$

Выберем номинал резистора $R3 = 330 \text{ Ом}$, конденсатора $C5 = 300 \text{ пФ}$, тогда $f_T = \frac{0,07}{R3C5} = \frac{0,07}{330 \cdot 300 \cdot 10^{-12}} = 707 \text{ кГц}$ и $f = f_T / 2k_\partial = 785 / 2(8+1) = 39,2 \text{ кГц}$

Постоянная времени цепочки R2C4 определяет время от момента подачи напряжения питания до нормального рабочего режима схемы (в течении этого драйвер вырабатывает выходные импульсы повышенной частоты – эта особенность нужна при работе в качестве контроллера ЭПРА). Зададим это время 0,1 с, тогда номинал резистора $R2 = 100 \text{ кОм}$, конденсатора $C1 = 1 \text{ мкФ}$.

Номинальное напряжения конденсаторов в схеме генератора управляющих импульсов не превышает 12 В, поэтому конденсаторы выбираем на напряжение 25 В (с запасом).

Номинальную мощность резисторов оценим по формуле $P_{ном} \geq \frac{U_n^2}{R} = \frac{12^2}{100 \cdot 10^3} = 0,0015 \text{ Вт}$. Резисторы выбираем мощностью $P_{ном} = 0,125 \text{ Вт}$.

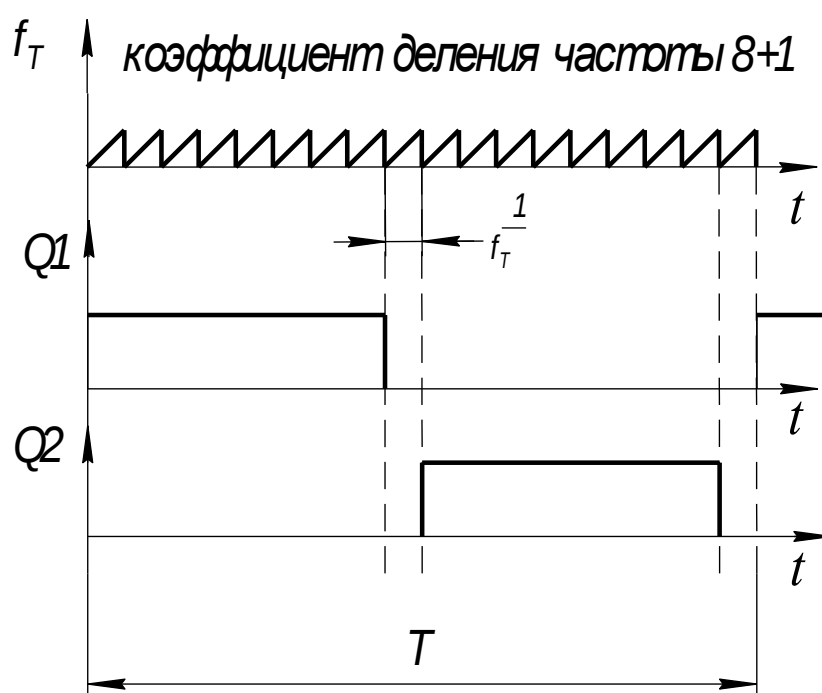


Рисунок 3.5 – Диаграммы работы задающего генератора управляющих импульсов

Конденсатор C4 типа К10-17Б-25В-1 мкФ $\pm 5\%$;

Конденсатор C5 типа К10-17Б-25В-300 пФ $\pm 5\%$;

Резистор R2 типа С1-4-0,125-100 кОм $\pm 5\%$;

Резистор R3 типа С1-4-0,125-300 Ом $\pm 5\%$.

Стабилизатор питания драйвера DA1 выполнен на элементе DA2 типа 7808 (таблица 3.3) и конденсаторах C1, C2, C3.

Таблица 3.3 Параметры микросхемы 7808

Параметр	Значение
Максимальное входное напряжения	35 В
Выходное напряжение	$8 \pm 0,3$ В
Выходной ток	1 А
Максимальный кратковременный ток	2,2 А
Тип корпуса	ТО-220

Конденсаторы C1, C2 типа К50-6-25 В-100 мкФ $\pm 10\%$.

Конденсатор C3 типа К50-6-25 В-1 мкФ $\pm 10\%$.

3.3 Элементы узла защиты по току и напряжению.

Узел защиты по току собран на реле К1 . Обмоткой реле является изолированный провод, намотанный на корпус геркона КЭМ2 (таблица 3.4). Если ток, протекающий через обмотку реле превысит установленное значение, замкнутся контакты геркона К1.1. На входе FC (вывод 1) микросхемы DA1 появится высокий уровень и выходы микросхемы переключатся в состояние низкого уровня, вызывая быстрое закрывание транзисторов VT1, VT2 и резкое уменьшение потребляемого тока.

Таблица 3.4 Технические данные геркона КЭМ2 - Б

Параметр	Значение
Коммутационная мощность, Вт	10
Диапазон коммутирующих токов, А	$10^{-4} \dots 0,5$
Род тока	Постоянный/ переменный
Диапазон коммутирующих напряжений, В	$5 \cdot 10^{-2} \dots 130$ переменного $5 \cdot 10^{-2} \dots 180$ постоянного
МДС срабатывания, А	100
Время срабатывания, мс	1,0
Время отпускания, мс	0,5

Зададим ток срабатывания реле $I_{cp}=25$ А. Число витков управляющей обмотки n определяется МДС срабатывания F_{cp} геркона и требуемым током срабатывания I_{cp} :

$$n = \frac{F_{cp}}{I_{cp}} = \frac{100}{25} = 4 \text{ витка} . \quad (3.15)$$

Сечение провода при плотности тока $j=5$ А/мм², $S_{пр}=I_{cp}/j = 25/5=5$ мм². Обмотка выполняется из монтажного провода МПО $S_{пр}= 6$ мм². Эскиз полученного реле изображен на рисунок 3.6.

Для защиты устройства от неверного подключения полярности напряжения питания устанавливается диод VD3 типа КД2997А (таблица 3.5).

Таблица 3.5 Параметры диода КД2997А

Параметр	Значение
Максимальное постоянное обратное напряжение, В	200
Максимальное импульсное обратное напряжение ,В	250
Максимальный прямой ток, А	30
Максимально допустимый прямой импульсный ток, А	100
Максимальный обратный ток, мкА	200
Максимальное прямое напряжение, В	1

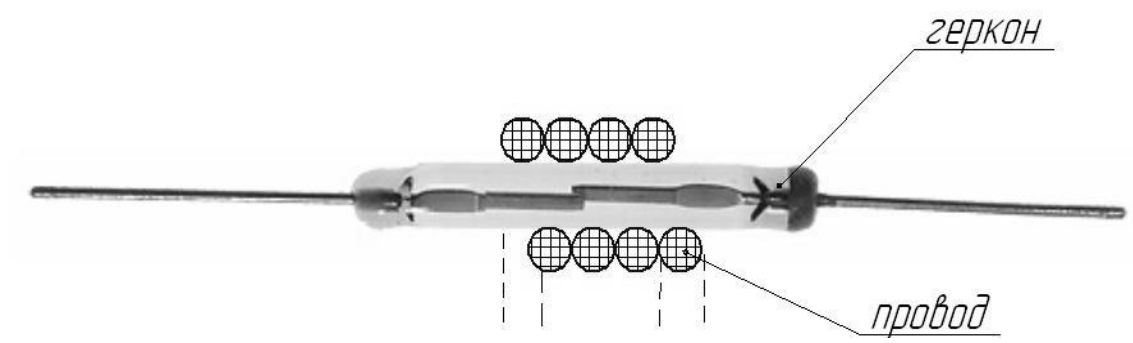


Рисунок 3.6 – Конструкция реле

3.4 Выпрямитель и сглаживающий фильтр.

Импульсное напряжение со вторичной обмотки трансформатора Т1 (рисунок 3.4) высокочастотного преобразователя поступает на выпрямитель VD2 и сглаживается цепью L1C7 (рисунок 3.7).

Выпрямитель VD2 представляет собой выпрямительный столбик КЦ109А (его параметры указаны в таблице 3.6).

Таблица 3.6 Параметры выпрямительного столбика КЦ109А

Параметр	Значение
Импульсное обратное напряжение, кВ	6
Постоянное прямое напряжение ,В	7
при постоянном прямом токе, А	0,3
Максимальный обратный ток, мкА	10
Время восстановления, мкс	1,5

Дроссель L1 выполняется на магнитопроводе Б26 из феррита с магнитной проницаемостью 2000. На соответствующий каркас наматывается провод ПЭЛ Ø 0,69 мм. Обмотка дросселя содержит 100 витков. Между половинками магнитопровода устанавливается зазор 0,1 мм.

Выбрали конденсатор С7 типа К73-16-1000В-0,33мкФ±5%.

3.5 Узел стабилизации напряжения.

Узел стабилизации напряжения представлен на рисунке 3.8. Если выходное (контролируемое) напряжение по какой-либо причине превысит установленное (900 В) напряжение на резисторе R6 превысит 2,5 В, ток через микросхему DA3 резко возрастет. Это вызовет включение излучающего диода U1.2 оптрона. В результате облучения фотодиода U1.1 оптрона на выводе 2 микросхемы DA2 появится высокий уровень, транзисторы VT1 и VT2 закроются и выходное напряжение уменьшится. При снижении выходного напряжения освещение фотодиода прекратится, микросхема DA2 перейдет в активное состояние с появлением на ее выходах противофазных импульсов. Основные электрические параметры приборов приведены в таблице 3.7.

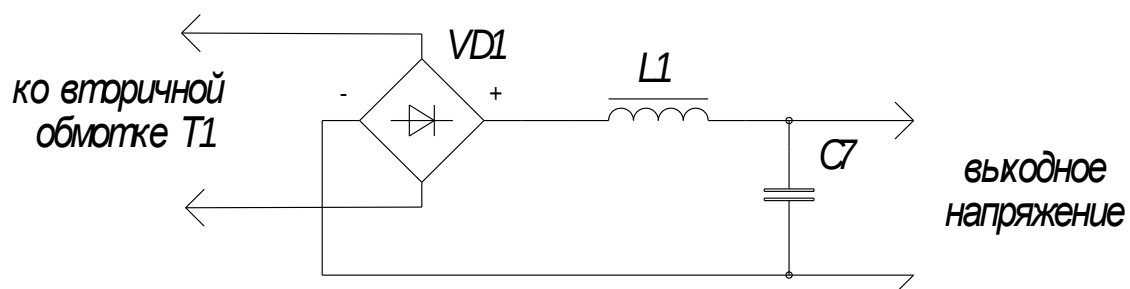


Рисунок 3.7 – Выпрямитель и сглаживающий фильтр

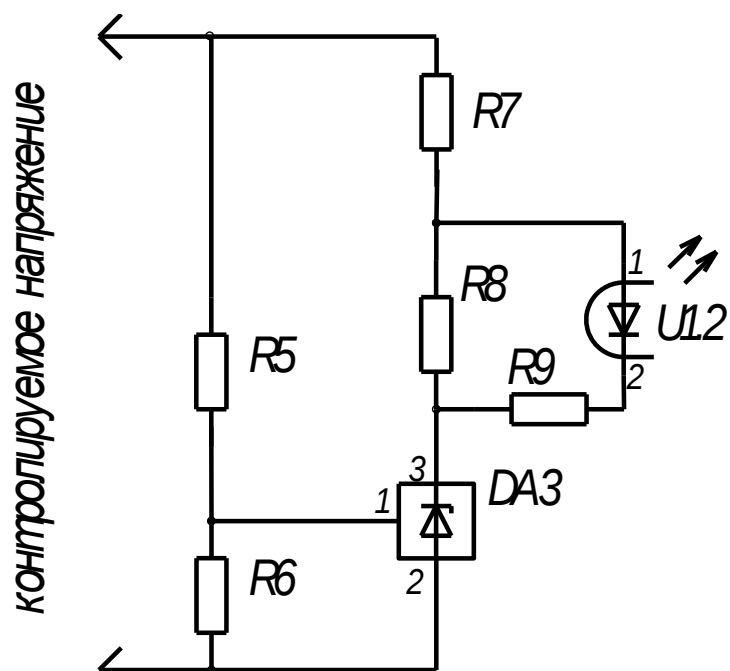


Рисунок 3.8 – Узел стабилизации напряжения

Таблица 3.7

Основные параметры применяемых полупроводниковых приборов

Параметр	Значение
Регулируемый стабилизатор КР142ЕН19	
Опорное входное напряжение U_{REF}	2,495–2,6 В
Опорный входной ток I_{REF}	2 мкА
Ток катода в закрытом состоянии I_{OFF}	0,1 мкА
Рабочий ток катода I_C	1-100 мА
Напряжение катода U_{CA}	$U_{REF} - 36$ В
Оптопара АОД101Б	
Постоянное прямое входное напряжение $U_{вх.}$	1.5 В
Максимальный входной ток $I_{вх.макс.}$	20 мА
Максимальное входное обратное напряжение $U_{вх.обр.макс.}$	3.5 В
Выходной каскад	фотодиод
Максимальное выходное обратное напряжение $U_{вых.обр.макс.}$	100 В

С помощью делителя напряжения на резисторах R5, R6 задаётся напряжение U_{CT} при котором произойдет открывание микросхемы DA3.

$$\frac{U_{CT}}{U_{REF}} = \frac{R5 + R6}{R6}, \quad (3.16)$$

где $U_{CT} = 900$ В – стабилизируемое напряжение, $U_{REF} = 2,5$ В – опорное входное напряжение стабилизатора КР142ЕН19. Тогда

$$\frac{R5}{R6} = \frac{U_{CT}}{U_{REF}} - 1 = \frac{900}{2,5} - 1 = 360.$$

Номиналы резисторов выберем $R5 = 360$ кОм, $R6 = 1$ кОм.

Сопротивления R7, R8, R9 задают рабочий режим для DA3 и U1. Зададим номинальный ток катода DA3 $I_C = 10$ мА, тогда сопротивление $R7 + R8 \approx U_{CT} / I_C = 900 / (10 \cdot 10^{-3}) = 900 \cdot 10^3$ Ом. Выберем номиналы резисторов $R7 = 910$ кОм, $R8 = 5$ кОм.

Резистор $R9 = 1$ кОм является токоограничительным для светодиода оптопары U1.

Рассеиваемая мощность этих резисторов. $P_{R5} = \frac{U_{R5}^2}{R5} \approx \frac{900^2}{360 \cdot 10^3} = 2,2 Bm$,

$$P_{R6} = \frac{U_{R6}^2}{R6} \approx \frac{2,5^2}{1 \cdot 10^3} = 0,006 Bm, \quad P_{R7} = \frac{U_{R7}^2}{R7} \approx \frac{900^2}{910 \cdot 10^3} = 0,9 Bm, \quad P_{R8} = \frac{U_{R8}^2}{R8} \approx \frac{10^2}{5 \cdot 10^3} = 0,02 Bm,$$

$$P_{R9} = \frac{U_{R9}^2}{R9} \approx \frac{10^2}{1 \cdot 10^3} = 0,1 Bm.$$

Резистор R5 типа CF-3BT-360 кОм $\pm 5\%$;

Резистор R6 типа C1-4-0,125BT-1 кОм $\pm 5\%$;

Резистор R7 типа C2-33H-1BT-910 кОм $\pm 10\%$;

Резистор R8 типа C1-4-0,125BT-5 кОм $\pm 10\%$.

Резистор R9 типа C1-4-0,125BT-1 кОм $\pm 10\%$.

4 РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Печатной платой называется изоляционное основание, с нанесенными на него печатными проводниками. Применение печатных плат позволяет автоматизировать производство, облегчить настройку аппаратуры и исключить возможность ошибок при ее монтаже, так как расположение проводников и монтажных отверстий одинаково на всех платах данной схемы. Использование печатных плат обуславливает также возможность уменьшения габаритных размеров аппаратуры, улучшения отвода тепла, снижения металлоемкости аппаратуры и возможность обеспечения других конструктивно-технологических преимуществ по сравнению с объемным монтажом.

Печатная плата с установленными на нее навесными элементами называется печатным узлом.

Процесс разработки печатного узла складывается из нескольких этапов.

Первый этап — компоновка печатной платы, в процессе которой находят оптимальное размещение навесных элементов на печатной плате. Процесс компоновки элементов предпочтительно делать автоматизированными средствами. При этом задаются габаритные размеры всех элементов, добиваются компоновки таким образом, при которой длина соединяющих их проводников минимальна, а также минимальны и размеры печатной платы. В результате компоновки находят положение контактных площадок для подключения всех элементов.

Второй этап — разводка печатных проводников (трассировка). Целью этой операции является разводка проводников, соединяющих контактные площадки так, чтобы они имели минимальную длину, и не было пересечений. Этот этап тесно связан с предыдущим и учитывается при компоновке.

Третий этап — оформление чертежа с соблюдением требований стандартов. Чертеж печатной платы должен содержать основные проекции платы с печатными проводниками и отверстиями.

Для схемы устройства будем использовать одностороннюю однослойную печатную плату. Токопроводящий слой печатной платы создается химическим

методом. Достоинства такого метода - высокая разрешающая способность, высокое качество печатной платы, полная идентичность печатных плат при серийном производстве, возможность полной автоматизации процесса производства печатных плат. Проводники получают травлением медной фольги. Габаритные размеры, конфигурация и место крепления печатной платы выбираются в зависимости от установочных размеров, элементной базы, пайки, контроля и технико-экономических показателей. При этом следует учитывать, что с увеличением габаритных размеров, увеличиваются отклонения, допускаемые при выполнении элементов конструкции платы.

Размеры печатной платы преобразователя 52,5 мм x 80 мм.

Толщина основания материала печатной платы определяется в зависимости от нагрузки и ее конструктивных особенностей, а также исходя из номинального ряда толщин. Номинальную толщину печатных плат выбирают из ряда: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 мм. Выбираем $H_m = 2$ мм.

Изготавливается печатная плата комбинированным методом из фольгированного стеклотекстолита, который представляет собой прессованный многослойный лист, состоящий из полотнищ стеклоткани, пропитанных эпоксиднофенольным лаком и облицованные с одной из сторон электролитической фольгой. Фольгированный стеклотекстолит (ФС) обладает механической прочностью, хорошими электроизоляционными свойствами и низким водопоглощением.

Размещение элементов на печатной плате согласуется с конструктивными требованиями на печатный узел. При расположении элементов предусматривается: Рациональное взаимное расположение этих элементов, обеспечивающее наиболее простую трассировку и исключающее взаимное влияние на электрические параметры; обеспечение основных технологических требований, предъявляемых к аппаратуре (автоматизированная сборка, пайка, контроль); обеспечение высокой надежности; малых габаритов и веса, быстродействия, теплоотвода, ремонтпригодности.

Диаметр отверстий в печатной плате должен быть больше диаметра вставляемого в него вывода, что обеспечивает возможность свободной установки радиоэлемента. Если диаметр вывода $d_B \leq 0,8$ мм, то диаметр отверстия $d_{\text{отв}}$ (мм) = $d_B + 0,2$; если $d_B > 0,8$ мм, то диаметр отверстия $d_{\text{отв}}$ (мм) = $d_B + 0,3$.

Отверстия. Соединенные печатными проводниками, и отверстия под пайку выводов навесных элементов должны иметь контактную (монтажную) площадку, равную:

$$d_M = d_{\text{отв}} + 2b,$$

где d_M — диаметр монтажного отверстия; $b \geq 0,7$ мм.

Все отверстия в печатной плате, служащих в качестве монтажных или переходных, металлизированы — покрываются оловом марки ПОС — 40.

Сечение токоведущих дорожек по которым протекает большой ток, необходимо увеличить.

Шероховатость неметаллизированной поверхности платы $R_z \leq 80$, а металлизированной — $R_z \leq 40$.

Также при изготовлении печатной платы необходимо руководствоваться следующими требованиями.

- Если устанавливаемый элемент имеет 2 вывода, расстояние между которыми не кратно шагу сетки, либо устанавливается многоконтактный элемент, то центр одного отверстия устанавливается в узле координатной сетки, а остальные отверстия располагаются либо по вертикальным, либо по горизонтальным линиям сетки.
- Все отверстия печатных плат, служащие в качестве монтажных или переходных, должны быть металлизированы.
- Отношения расстояния между краями близлежащих отверстий к толщине печатной платы должен быть не менее 1.
- Под монтаж рекомендуется использовать только одну сторону печатной платы.
- Ширина печатных проводников рекомендуемая 1,2 мм; минимальная — 0,8 мм; расстояние между печатными проводниками рекомендуемое 1,5 мм; ми-

нимальное – 1 мм. При ширине печатных проводников свыше 2,5 мм его рекомендуется разбивать на несколько параллельных проводников.

- Печатные проводники не должны иметь резких переходов и перегибов. Переход от монтажной площадки к печатному проводнику должен быть также плавным (радиус скругления примерно 1...2 мм).
- Расстояние между печатным проводником и краем платы либо отверстием большого диаметра (> 10 мм) должно быть не менее 4 мм.
- Входные и выходные концы печатных проводников должны быть соединены в систему, удобную для подключения переходных элементов.
- На плате необходимо предусмотреть не менее 2 технологических отверстий.
- Пересечение проводников на плате устраняется с помощью перемычек, изготавливаемых из луженой медной проволоки, помещенных в полихлорвиниловую изоляцию.
- Навесные элементы устанавливаются на плате тремя способами: В плотную к печатной плате (минимальный объем, высокая вибростойкость); установка с зазором; комбинированный.
- Полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы не следует располагать близко к элементам, выделяющим много тепла или излучающим магнитные поля.
- Перед пайкой все выводы навесных элементов должны быть закреплены в отверстиях печатной платы.
- Навесные элементы располагаются на печатной плате параллельными рядами или группами.
- Малогабаритные элементы с большим числом выводов укрепляются на плате в зависимости с их конструктивными особенностями.
- Навесные элементы, имеющие большие массу и габариты, должны устанавливаться вне печатной платы.

Все создаваемые печатные узлы должны удовлетворять следующим требованиям:

- Конструкция печатных узлов должна предусматривать свободный доступ к любому элементу.
- Крепления печатных узлов в блоке не должны давать прогиба печатной платы.
- Должна быть изоляция печатного узла от корпуса блока.
- После изготовления печатный узел покрывается лаком.

Процесс разводки печатных проводников состоит из двух операций:

1. Создание изображения печатных проводников следующими способами: фотографический способ; офсетный способ (с помощью печатных форм); ксерографический способ; штамповка; рисование.

2. Создание токопроводящего слоя на изоляционном основании. Применяется 3 способа создания изоляционного слоя:

- химический, при котором вытравливают незащищенную часть фольги, наклеенной на изоляционное основание;
- электрохимический: при этом методом химического осаждения на изоляционное основание наносится слой металла, толщиной 1-2 микрона, который затем наращивается до нужной толщины гальваническим методом;
- комбинированный: печатные проводники получают химическим способом, а отверстия металлизуют электрохимическим.

Детали устройства, кроме трансформатора Т1, диодного моста VD4 и конденсатора С8, расположены на односторонней печатной плате.

При разводке печатной платы соблюдалось расстояние между печатными проводниками и краем платы, оно больше 4 мм. Координатную сетку наносится на чертеж шагом 2,5 мм. Центры монтажных отверстий располагаются в узлах координатной сетки.

Согласно этим требованиям произвели разводку печатной платы, которая представлена на рисунке 4.1. Печатная плата была разработана с помощью автоматизированного проектирования — программного пакета Р — САД.

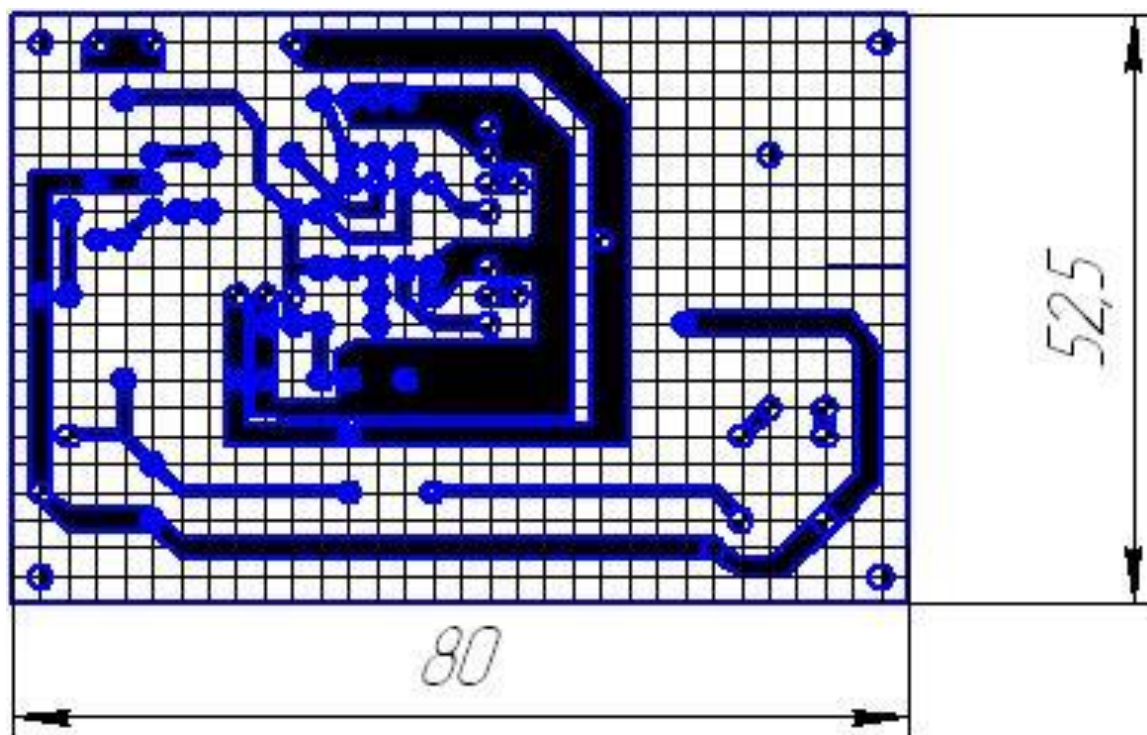


Таблица отверстий

Обоз- начение отв.	Диаметр отв, мм	Диаметр контактной площадки, мм	Кол. отв.
	10	2,0 min	49
	15	3,0 min	24
	2	-	5

Рисунок 4.1 – Чертеж печатной платы

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

5.1 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций

Эскиз производственного помещения предназначенного для изготовления печатных плат приведен на рисунке 5.1. Применяемое технологическое оборудование сведено в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Применяемое оборудование рабочего помещения

№ позиции на эскизе	Оборудование и операции	
	Наименование оборудования, инструмента	Операции, выполняемые на данном оборудовании
1	Рабочее место ИТР	Разработка конструкторской и технологической документации
2	Шкаф для хранения инструментов и реактивов	Хранение инструментов и реактивов
3	Пожарный щит	Хранение средств пожаротушения
4	Диагностический стенд	Тестирование и настройка изделия
5	Информационный стенд	Предоставление информации по безопасности производства и оказания первой медицинской помощи
6	Аптечка	Хранение средств для оказания первой медицинской помощи
7	Раковина	Соблюдение личной гигиены работников
8	Зона пайки и сборки изделия	Монтаж и пайка радиоэлементов, сборка конструкции
9	Ванна для травления плат	Химическое травление и обезжиривание плат
10	Установка ультразвуковой очистки поверхности печатных плат	Очистка поверхности печатных плат
11	Установка для механической обработки изделий	Механическая обработка изделий, вырезка контура платы из текстолита
12	Сверлильный станок	Изготовление технологических отверстий



Рисунок 5.1 – Схема рабочего помещения

5.2 Идентификация опасных и вредных производственных факторов

В процессе изготовления изделия, на разных стадиях его производства можно выделить несколько различных опасных и вредных производственных факторов. Так, разработка конструкторской и технологической документации сопряжена с работой на ЭВМ, которая в свою очередь является источником электромагнитного излучения, и несоблюдении условий работы за ней может приводить к значительному ухудшению самочувствия и здоровья в целом. Этап вырезки контура платы и механической обработки изделий характеризуется работой с режущим инструментом и инструментом с вращающимися рабочими частями, создающим к тому же повышенный уровень шума, а также запыленность рабочей зоны, что также является опасным производственным фактором.

Процесс создания печатных проводников, посредством химического травления платы проводится с использованием различных химических веществ

(хлорное железо, плавиковая и азотная кислоты), которые в процессе травления выделяют пары, вредные для организма человека.

При сборке и монтаже радиоэлементов имеет место работа с электроинструментом, с высокой температурой рабочей поверхности, что в свою очередь является опасным производственным фактором. По результатам анализа составили таблицу 5.2, в которой сведены все опасные и вредные производственные факторы.

Таблица 5.2 – Опасные и вредные производственные факторы.

№ п/п	Воздействие производственных факторов на организм работающих	
	Наименование опасного и вредного производственного фактора	Виды работ, технологические операции, на которых встречается вредный производственный фактор
1	Электромагнитное излучение	Работа на ЭВМ
2	Запыление воздушной среды; Шум, вибрация; Работа с режущим инструментом; Работа с вращающимися механизмами; Электрический ток.	Механическая обработка заготовок изделий
3	Звуковые и ультразвуковые колебания	Очистка поверхностей заготовок изделий
4	Разбрызгивание, розлив и выделение паров химических растворов, повышенная влажность	Приготовление химических растворов и химическое травление печатных плат
5	Электрический ток; Высокая температура рабочей поверхности электроинструмента; Выделение паров вредных веществ из припоев и флюсов.	Сборка изделия; Пайка элементов.
6	Электрический ток	Тестирование и настройка изделия.

Производство располагается в помещении 150 м^2 .

Общая площадь помещения составляет: $S_{\text{общ}} = 150 \text{ м}^2$.

Высота помещения: $h = 4 \text{ м}$.

Объем помещения:

$$V = S_{\text{общ}} \cdot h = 150 \cdot 4 = 600 \text{ м}^3. \quad (5.1)$$

5.3 Воздействие производственных факторов

В процессе изготовления монтажных плат можно выделить следующие основные технологические операции, в процессе выполнения которых происходит воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов:

- механическая обработка заготовок печатных плат;
- очистка поверхностей заготовок печатных плат;
- приготовление растворов для травления плат;
- химическое травление печатных плат;
- пайка радиоэлементов.

При механической обработке листы стеклотекстолита нарезаются на заготовки, шлифуются края плат, сверлятся отверстия в заготовках. В крупносерийном производстве разрезку материала выполняют методом штамповки в специальных штампах на эксцентриковых прессах с одновременной пробивкой базовых отверстий на технологическом поле. В серийном и мелкосерийном производстве широкое распространение получили одно- и много ножевые роликовые ножницы. Разрезку основных и вспомогательных материалов (прокладочной стеклоткани, кабельной бумаги и др.), необходимых при изготовлении печатных плат в мелкосерийном и единичном производстве, осуществляют с помощью гильотинных ножниц. При выполнении базовых отверстий на сверлильных станках может выделяться большое количество пыли, при этом текстолит и гетинакс (основные материалы печатных плат) выделяют при контакте с раскаленным сверлом токсичные вещества, которые при длительном воздействии могут вызывать появление профессиональных заболеваний дыхательных путей.

Интенсивное шумовое воздействие, которое характерно при механической обработке печатных плат, неблагоприятно влияет на протекание нервных процессов, способствует развитию утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой патологии,

среди многообразных проявлений которой ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха по типу кохлеарного неврита [23].

При очистке поверхностей заготовок печатных плат широко используются ультразвуковые ванны очистки. Для этого используют ультразвуковые генераторы с диапазоном частот 18-100 кГц. При этом одновременно возникают звуковые и ультразвуковые колебания. Направленность действия ультразвуковых колебаний сохраняется на расстоянии 25-30 см от оборудования.

При загрузке и выгрузке заготовок происходит непосредственное контактное воздействие ультразвука. Ультразвук оказывает вредное воздействие на организм человека. У работающих с ультразвуковыми установками нередко наблюдаются функциональные нарушения нервной системы, изменения давления, состава и свойства крови. Часты жалобы на головные боли, быструю утомляемость, потерю слуховой чувствительности. Ультразвук может действовать на человека, как через воздушную среду, так и через жидкую и твердую (контактное действие на руки). При эксплуатации ультразвуковых генераторов возникает также опасность поражения электрическим током.

При изготовлении печатных плат применяются растворы хлорного железа, различных кислот для вытравливания дорожек. При приготовлении таких растворов возникает опасность разбрызгивания, разлива растворов и, как следствие, возможность получения химических ожогов.

Процесс химического травления печатных плат сопровождается выделением паров из травильных растворов. Эти пары могут попасть в организм человека через органы дыхания, кожные покровы, слизистые оболочки и оказывать токсическое, раздражающее, мутационное и другие воздействия на здоровье человека.

Выделение пыли, газов, паров и аэрозолей на организм, содержание их в воздухе нормировано ГОСТ 12.1.005-88, устанавливая ПДК. Кислоты: соляная кислота (ГОСТ 3118-77) ПДК - 5 мг/м³, 3-его класса опасности; серная кислота

ГОСТ 4204-77, ПДК - 1 мг/м³, 4-его класса опасности; азотная кислота ГОСТ 4461-77, ПДК - 2 мг/м³ 3-его класса опасности, уксусная кислота ГОСТ 6968-76, ПДК - 5 мг/м³.

При пайке радиоэлементов электропаяльником возникает опасность поражения электрическим током, кроме того, при пайке радиоэлементов происходит выделение вредных веществ (свинец, кадмий, олово, цинк, олово, углеводороды, окись углерода), содержащихся во флюсах и припоях, что также негативно сказывается на органы дыхательных путей. По степени воздействия на организм человека, согласно ГОСТ 12.1.007–91, свинец относится к чрезвычайно опасным, медь – высокоопасным.

5.4 Мероприятия по разработке безопасных условий труда

Снижение уровня воздействия на работающих вредных веществ или его полное устранение достигается путем проведения технологических, санитарно-технических, лечебно-профилактических мероприятий и применением средств индивидуальной защиты.

При травлении печатных плат обеспечена комплексная механизация процесса загрузки-выгрузки заготовок, исключая контакт рабочих с вредными и опасным химическими веществами. Чтобы снизить к минимуму влияние на организм человека вредных веществ, применяются установки местной вытяжной вентиляции с улавливанием и удалением вредных веществ непосредственно от источника их образования с ГОСТ 12.1.007-91. К данным установкам относятся вытяжные зонты, шкафы. Допустимые сочетания температуры, влажности и скорости воздуха в рабочей зоне цехов промышленных предприятий регламентируются ГОСТ 12.1.005-88.

В случаях превышения ПДК ограничивается время работы, используются средства индивидуальной защиты (ПГЗ-1, ГОСТ 12.4.011-92 «ССБТ. Средства защиты работающих. Классификация»).

Защита от запыления при механической обработке заготовок печатных плат осуществляется совместно общеобменной и местной вытяжной вентиля-

цией. Вытяжка воздуха компенсирована притоком наружного воздуха, прогретого до температуры не ниже 18 °С. Объем приточного воздуха, осуществляемый приточной механической вентиляцией должен быть на 10-15% меньше вытяжки для того, чтобы воспрепятствовать проникновению воздуха в другие помещения. В случае необходимости приточный воздух следует очищать от пыли согласно ГОСТ 12.1.005-88 и ГН 2.2.5.686-98 (Гигиеническая регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны).

Основные мероприятия по борьбе с шумом - это технические мероприятия, которые проводятся по трем главным направлениям, согласно ГОСТ 12.1.003-89 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки).

В проектируемом рабочем участке значительный эффект снижения шума от оборудования даст применение акустического экрана, отгораживающего шумную зону механической обработки печатных плат от остальных рабочих зон. Защита людей, работающих непосредственно в шумной зоне, осуществляется применением средств индивидуальной защиты (антифоны, беруши и др.), согласно ГОСТ 12.4.002-97.

При использовании ультразвукового оборудования учитывались допустимые уровни звукового давления, а также производится контроль действующих установок. Уровень звукового давления в диапазоне частот 11-20 кГц не должен превышать соответственно 75-110 дБ, а общий уровень звукового давления в диапазоне частот 20-100 кГц не должен быть выше 110 дБ.

В проекте защита от действия ультразвука при контактном облучении, согласно ГОСТ 12.1.001-91 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 (Гигиенические нормативы ультразвука) состоит в полном исключении непосредственного соприкосновения работающих с инструментом, жидкостью и изделиями, поскольку такое воздействие наиболее вредно. Загрузку и выгрузку изделий производится при выключенном источнике ультразвука. В случаях, когда выключение установки нежелательно, применяется специальная сетка, снабженная ручками с виброизолирующим покрытием согласно ГОСТ 12.1.012-2004 (ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования), в которую закладывается изделие и

помещается в ванну. Применяются также средства индивидуальной защиты (резиновые перчатки, защитные очки, хлопчатобумажный халат).

Повышенное внимание с точки зрения безопасности уделяется операциям приготовления растворов для травления плат. Приготовление растворов для травления плат в проектируемом рабочем участке производится с использованием средств индивидуальной защиты (резиновые перчатки, защитные очки, хлопчатобумажный халат).

В процессе приготовления травильных растворов кислота вводится тонкой струей в холодную воду при тщательном помешивании. Воду в щелочную ванну следует добавлять только в холодный раствор. Приготовление растворов и их корректировка, хранение химикатов осуществляется при действии общеобменной и местной вытяжной вентиляции согласно ГОСТ 12.1.005-88 и ГН 2.2.5.686-98 (Гигиеническая регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны).

Во избежание попадания на пол растворов промежутки между травильными ваннами закрываются козырьками. На пол у рабочих мест по всему ряду ванн уложены решетки, покрытые рифлеными резиновыми дорожками.

Ванны для травления печатных плат оборудованы местной вытяжной вентиляцией в виде бортовых отсосов. Воздуховоды от местных отсосов должны систематически очищаться от пыли. Систему вентиляции включают за 15 минут до начала работ и выключают через 15 минут после ее окончания.

Для предотвращения загрязнения и отравления сточных вод, возникающих при сливе растворов после окончания процесса вытравливания, производится очистку сточных вод посредством процесса нейтрализации.

Рабочие места при пайке оборудованы местной вытяжной вентиляцией, обеспечивающей скорость движения воздуха непосредственно на месте пайки не менее 0,6 м/с. Вентиляционные установки включаются до начала работ и выключаются после их окончания.

При пайке выбираются припои и флюсы, учитывая их класс опасности; руководствоваться при паяльных работах требованиями санитарных норм ГН 2.2.5.686-98. Применение припоев, в составе которых содержится свинец и

кадмий (содержание кадмия в припое не должно превышать 20%), в проектируемом рабочем участке резко ограничено.

Мероприятиями по предупреждению травматизма и появлению профессиональных заболеваний являются проведение периодических медицинских осмотров, проведение вводного и повторных инструктажей по технике безопасности по ГОСТ 12.0.004.-90 «ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения».

5.5 Обеспечение электробезопасности на рабочем месте

Данное производственное помещение по классу электробезопасности является помещением без повышенной опасности согласно СНиП 12-03-2003.

При эксплуатации различных электрических устройств, согласно действующих на данный момент ПУЭ, можно использовать следующие меры защиты от поражения током: обеспечение недоступности токоведущих частей и защитные заземления.

Для защиты от прикосновения к частям, находящимся под напряжением, применяется двойная электроизоляция состоящая из рабочей и дополнительной изоляции. Рабочая изоляция - это изоляция токоведущих частей, обеспечивающая его нормальную работу и защиту от поражения током. Дополнительная изоляция предусматривается дополнительно к рабочей для защиты от поражения током в случае повреждения рабочей изоляции. Наиболее просто двойная изоляция осуществляется путём покрытия металлических корпусов и рукояток слоем изоляционного материала и применением диэлектрических ручек.

Вторым элементом, предохраняющим работающих от поражения электрическим током является защитное заземление. Защитное заземление - это преднамеренное соединение с землёй или её эквивалентом металлических нетокведущих частей установки, то есть корпуса, который может оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции. При малых значениях сопротивления заземляющего устройства напряжение корпуса относительно

земли будет небольшим и прикосновение к корпусу будет безопасным. При применении этих мер использование разрабатываемого прибора будет безопасным.

Некоторую опасность может представлять собой появление статического заряда на поверхности какой-либо части прибора или на инструментах в момент сборки схемы. Воздействие статического электричества на человека может проявиться в виде слабого, длительно протекавшего тока или в форме кратковременного разряда через его тело. Кроме того, электростатическое поле повышенной напряжённости отрицательно влияет на организм человека, вызывая функциональные изменения со стороны центральной нервной системы, сердечно-сосудистой и других систем организма.

Уменьшение интенсивности генерации электрических зарядов достигается использованием слабо электризующихся и не электризующихся материалов. Устранение зарядов статического электричества осуществляется использованием материалов со слабой электропроводностью для отекания образовавшихся зарядов: слабоэлектропроводного линолеума в помещении и покрытие столов слабоэлектропроводным пластиком.

При проведении тестирования и настройки прибора необходимо принимать меры, исключая его случайное включение. В этом случае опасность поражения электрическим током существенно снижается.

5.6 Обеспечение пожарной безопасности

Данное производственное помещение соответствует классу пожарной безопасности П-I, согласно ГОСТ 30-403-95 (Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности).

Пожарная опасность обусловлена наличием в электроустановках горючих изоляционных материалов: изоляция проводов, лаки, компаунды и прочие конструктивные материалы. Выделяемая изолированными проводниками теплота, при прохождении тока, вызывает повышение температуры.

В случаях значительных перегрузок проводников и особенно при прохождении токов короткого замыкания температура изоляции возрастает настолько, что материал разлагается с выделением горючих паров и газов, что является причиной возгорания. Также при ремонте прибора возникает необходимость в промывке участков плат, для чего используются органические растворители (спирты, бензин), которые являются легко воспламеняющимися жидкостями.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию машин и внутризаводского транспорта, правильное содержание зданий, территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, организацию добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности.

К техническим мероприятиям относятся соблюдение противопожарных правил ППБ 01-03, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

Мероприятия режимного характера - это запрещение курения в неустановленных местах, проведения сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и другие. К первичным средствам локализации начавшегося пожара относятся ручные огнетушители, которые устанавливаются вблизи

защищаемых объектов и рабочих мест, опасных в пожарном отношении. Для тушения электроустановок применяются углекислотные или порошковые огнетушители. Для безопасности рабочих на случай пожара предусмотрены раздельные входы и выходы. Двери открываются наружу, чтобы в случае массового движения рабочих из помещения двери не являлись препятствием для выхода. На случай пожара также должны быть предусмотрены дополнительные эвакуационные выходы.

5.7 Расчет местной вентиляции на участке изготовления печатных плат

При механической обработке металлов, пластмасс и других материалов на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных, заточных и др.) возникает ряд физических, химических, психофизиологических и биологических опасных и вредных производственных факторов.

Движущиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки; стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента; повышенное напряжение в электроцепи или статического электричества, при котором может произойти замыкание через тело человека — относятся к категории физических опасных факторов. Например, при обработке хрупких материалов (графита, карболита, текстолита и др.) на высоких скоростях резания стружка от станка разлетается на значительное расстояние (3—5 м).

Физическими вредными производственными факторами, характерными для процесса резания, являются повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; высокий уровень шума и вибрации; недостаточная освещенность рабочей зоны; наличие прямой и отраженной блескости; повышенная пульсация светового потока. При отсутствии средств защиты запыленность воздушной среды в зоне дыхания станочников при точении, фрезеровании и сверлении хрупких материалов (таблица 5.1) может превышать предельно допустимые концентрации.

Таблица 5.1–Запыленность воздуха рабочей зоны при точении, фрезеровании и сверлении хрупких материалов

Обрабатываемый материал и вид обработки	Режущий инструмент	Режимы резания: скорость v м/мин, подача s мм/об, глубина t мм	Концентрация пыли, мг/м ³
Асбоцемент (фрезерование)	Набор спиральных фрез	$v = 30 - 60$, $s = 40 - 60$ мм/мин, $t = 1 - 2$	5,7 - 32,6
Текстолит (точение)	Упорный проходной резец	$v = 80 - 150$, $s = 0,4 - 0,6$, $t = 2 - 5$	42 - 103
Текстолит (фрезерование)	Торцовая фреза	$v = 100 - 120$, s - ручная, $t = 2 - 6$	176 - 238
Текстолит (зубонарезание)	Червячная фреза	-	40 - 80
Карболит (точение)	Резцы: проходной, подрезной	$v = 150$, $s = 0,25$ $t = 1,5 - 2$	72 - 95
Графит (точение)	Проходной отогнутый резец	$v = 80 - 120$, $s = 0,3$, $t = 1,5 - 2$	800 - 1000
Древесный пластик (точение)	Проходной резец	$v = 210 - 250$, $s = 0,1$, $t = 2 - 3$	45 - 75

В процессе механической обработки полимерных материалов происходят механические и физико-химические изменения их структуры (термоокислительная деструкция). При работе режущим тупым инструментом происходит интенсивное нагревание, вследствие чего пыль и стружка превращаются в парообразное и газообразное состояние, а иногда возникает воспламенение мате-

риала, например при обработке текстолита. Таким образом, при обработке пластмасс в воздух рабочей зоны поступает сложная смесь паров, газов и аэрозолей, являющихся химическими вредными производственными факторами.

Концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, образующихся при обработке резанием, не должны превышать своих предельно допустимых значений.

Производственные помещения, в которых осуществляются процессы обработки резанием, должны соответствовать требованиям СНиП II-2-80, СНиП II-89-80, санитарных норм проектирования промышленных предприятий СН 245-71. Бытовые помещения должны соответствовать требованиям СНиП II-92-76. Все помещения должны быть оборудованы средствами пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

Для обеспечения чистоты воздуха и нормализации параметров микроклимата в производственных помещениях помимо местных отсасывающих устройств, обеспечивающих удаление вредных веществ из зоны резания (пыли, мелкой стружки и аэрозолей СОЖ), должна быть предусмотрена приточно-вытяжная общеобменная система вентиляции.

Рассмотрим местную вентиляцию на участке сверления платы. Конструкция пылестружкоприемника для вертикально-сверлильного станка представлена на рисунке 5.2.

Рассчитаем местную вентиляцию на участке сверления платы сверлом диаметром $d=5\text{ мм}$. Расстояния d_1 и d_2 будет равны:

$$d_1 = d_2 = 1,1 \cdot d = 1,1 \cdot 5 = 5,5 \text{ мм} \quad (5.1)$$

Расстояние h обычно принимают равным 1,5-2 мм.

Диаметр воздуховода H будет равен:

$$H = 1,2 \cdot d = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ мм}. \quad (5.2)$$

Расстояние от воздухозаборника до места сверления обычно равно:

$$l = 4 \cdot d = 4 \cdot 5 = 20 \text{ мм}. \quad (5.3)$$

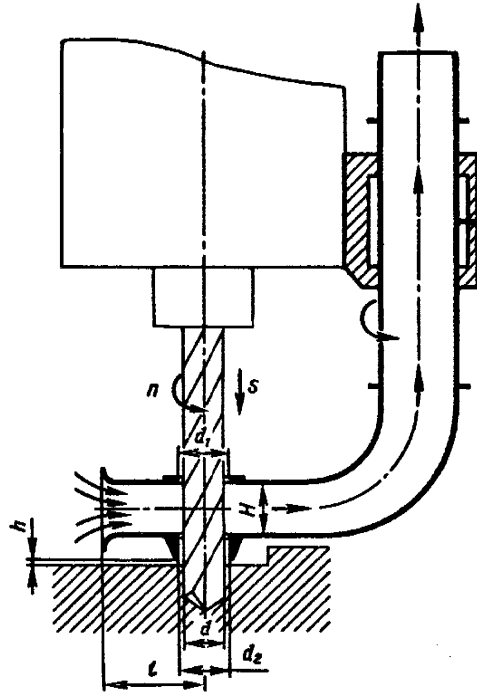
Расход воздуха, перемещающего смесь:

$$L = F \cdot v_{\text{тр}} = 3,14 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 4 = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.4)$$

где F - площадь поперечного сечения трубопровода, м^2 ;

$v_{\text{тр}}$ - транспортная скорость, м/с.

Для смеси воздуха, стружки и пыли $v_{\text{тр}} \geq 2,5 \cdot v_{\text{ви}}$, где $v_{\text{ви}}$ - скорость витания стружки, м/с. Для наиболее характерных стружек, образующихся при сверлении платы, скорости витания $v_{\text{ви}}$ приведены в таблице 5.3.



n – направление вращения шпинделя;
 s – направление подачи;
 d – диаметр сверла.

Рисунок 5.2 Пылестружкоприемник для вертикально-сверлильных станков

5.8 Организация рабочего места монтажника

Организация рабочего места заключается в выборе рабочей позы, определения рабочих зон и размещения инструментов. Правильный выбор основной рабочей позы имеет большое значение для сохранения работоспособности. Рабочая поза зависит от характера движений, поэтому надо исходя из того, что рабочий выполнял бы работу с минимумом лёгких, производительных и безопасных движений подобрать благоприятную для него позу.

Для разного рода работ существуют свои нормы на размеры рабочей поверхности и пространства, выделенного под рабочее место. Так как установлено, что размер объекта различения лежит в пределах 0,3-0,5 мм, то данная рабо-

та относится к работам высокой точности и имеет третий разряд. Исходя из этого, по справочнику можно определить размеры рабочей поверхности.

Для расчётов рабочего места используют средний рост взрослого человека, который составляет 170 см. Размеры пространства для ног: высота 600 мм; ширина 500 мм; глубина 650 мм.

Размеры подставки для ног: длина 400 мм; ширина 300 мм.

Оптимальное положение тела работающего достигается регулированием высоты рабочей поверхности, сидения и пространства для ног. Подставка для ног должна быть регулируемой по высоте. Поверхность подставки должна быть рифлёной. Размеры рабочей поверхности стола выбираем 1200-600 мм. Так как в процессе работы монтажник использует различный инструмент и детали, то необходимо тщательно продумать их расположение.

С левой стороны от монтажника, в зоне лёгкой досягаемости, размещаем кассеты с необходимыми радиодеталью и печатные платы. С левой стороны размещаем также пинцет, необходимый для установки радиоэлементов на плату и для отвода тепла при пайке.

С правой стороны от монтажника размещает паяльник, флюс, припой, бокорезы в зоне лёгкой досягаемости. В оптимальной зоне размещения перед монтажником находится печатная плата, над которой производится монтаж, и полный комплект радиоэлементов для их установки на плату.

С правой стороны размещаем приспособление для формовки выводов радиодеталей, спирты, растворители, скипидар (предусмотренный технологическим процессом), используемые для промывки паек.

Посуду с горючей жидкостью необходимо размещать справа на рабочем месте на достаточном расстоянии от паяльника. Посуда должна быть небольшого объёма.

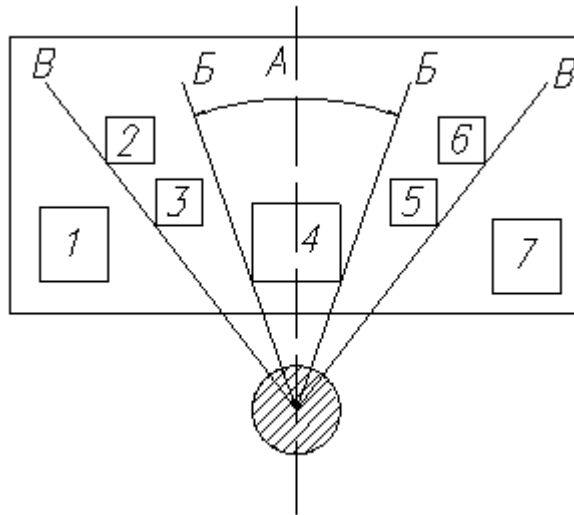
Необходимо предусмотреть ящики в столе для хранения запаса расходных материалов (спирт, флюс, припой и т.д.).

При монтаже необходимо выполнять ряд требований, направленных на соблюдение техники безопасности. Перед началом работ монтажник обязан привести в порядок спецодежду и рабочее место, проверить исправность паяль-

ника, подготовить необходимый материал, приспособления и расположить их в удобном и безопасном для пользования порядке, обязан проверить работу вентиляции, так как без вентиляции пайка запрещена. Во время работы обжиг изоляции с проводов, жгутов производится в вытяжных шкафах. Расходуемый припой должен помещаться в кюветах для исключения загрязнения рабочей поверхности стола и оборудования свинцом. Паяльник класть только на специальную подставку. Запрещается применять в качестве подставок случайные предметы. При зачистке концов изоляции проводов, при обслуживании концов проводов, при пайке необходимо соблюдать осторожность во избежании получения ожогов. При пайке мелких деталей и оголённых проводов поддерживать их следует пинцетом или плоскогубцами. При перерыве в электроэнергии или уходе с рабочего места запрещается оставлять включёнными электропаяльники, электроножи и т.д. Каждый рабочий должен следить, чтобы в процессе работы и во время перерывов работала вентиляция. Перед принятием пищи, перед курением монтажник должен мыть руки и ополаскивать полость рта. Запрещается приём и хранение пищи, а также курение в помещениях участков пайки. При проявлении признаков отравления, при ожогах и других несчастных случаях необходимо обращаться в медпункт.

По окончании работы монтажник должен выключить паяльник, электронож, осветительную аппаратуру, убрать рабочее место, протереть поверхность стола, приспособления и инструменты убрать в отделённое для них место.

Общий вид предлагаемого рабочего места монтажника показан на рисунке 5.3.



- А – оптимальная зона моторного поля;
- Б – зона лёгкой досягаемости;
- В – зона досягаемости моторного поля;
- 1 – место размещения кассет с ЭРЭ;
- 2 – место размещения печатных плат;
- 3 – место размещения пинцета;
- 4 – место монтажа;
- 5 – место размещения паяльника, флюса, припоя;
- 6 – место размещения приспособлений для формовки выводов;
- 7 – место размещения растворителя.

Рисунок 5.3 – Общий вид рабочего места монтажника

6 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

В организационно-экономическом разделе выполнен расчет затрат на разработку и создание преобразователя напряжения.

Организационное обоснование проекта заключается в определении наименования работ, их последовательности, трудоёмкости, а также в количестве и составе исполнителей, в определении затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР).

6.1 Стадии и этапы выполнения НИОКР

Перечень стадий и этапов по созданию и разработке преобразователя напряжения сведен в таблицу 6.1, данные для расчета затрат на НИОКР представлены в таблицу 6.2.

Таблица 6.1 - Перечень стадий и этапов выполнения НИОКР

№	Наименование работ	Трудо- ёмкость чел/день		Наименование исполнителей	Кол-во исполни- телей		Фобор, дни
		i	□		i	□	
1	2	3	4	5	6	7	8
I. Маркетинговые исследования							
1.1	Сбор информации и анализ рынков сбыта	4	4	Маркетолог	1	1	компьютер
1.2	Разработка собственного прогноза конъюнктуры рынка	4	4	Маркетолог	1	1	компьютер
1.3	Оценка эффективности использования результатов прогноза	3	3	Маркетолог	1	1	компьютер
II. Конструкторская подготовка							
2.1 Разработка технического задания							
2.1.1	Составление технического задания на разработку охранной системы на микроконтроллере	4	4	Инженер II кат.	1	1	компьютер
2.1.2	Анализ и оценка существующих аналогов	3	3	Инженер II кат.	1	1	компьютер
2.1.3	Проведение патентного поиска	2	2	Инженер II кат.	1	1	компьютер
2.2 Эскизное проектирование							
2.2.1	Разработка принципиальных схем	4	4	Ведущий инженер (ВИ)	1	1	Компьютер
2.2.2	Расчёт основных параметров устройств	3	3	Инженер II кат.	1	1	Компьютер
2.2.3	Расчёт технико-эксплуатационных показателей	3	3	Инженер II кат.	1	1	Компьютер
2.3 Техническое проектирование							
2.3.1	Разработка чертежа общего вида	3	2	Инженер II кат.	1	1	Компьютер
2.3.2	Расчёт на надёжность	3	2	Инженер II кат.	1	1	компьютер

Продолжение таблицы 6.1

2.4 Рабочее проектирование							
2.4.1	Окончательная доработка конструкции охранной системы	3	3	ВИ Инженер II кат.	1 1	2	Компьютер
2.4.2	Разработка методов испытаний	3	3	ВИ	1	1	компьютер
2.4.3	Изготовление макетного образца устройства	3	3	Слесарь III кат.	1	1	Сверлильный станок Мультиметр Паяльник
III Технологическая подготовка							
3.1	Разработка тех. процесса сборки схемы	3	3	Инженер II кат.	1	1	компьютер
3.2	Изготовление печатной платы	3	3	Слесарь III кат.	1	1	Сверлильный станок
3.3	Сборка радиоэлементов на плату	3	3	Слесарь III кат.	1	1	Паяльник
3.4	Монтаж узлов в корпус	3	3	Слесарь III кат.	1	1	Паяльник
3.3	Проведение окончательных испытаний	3	3	Инженер II кат.	1	1	Осциллограф, Мультиметр
3.4	Технико-эконом. оценка результатов НИОКР и составление отчёта	3	3	Инженер II кат.	1	1	Компьютер
Итого:			Σ дней				
Маркетолог		11	61				
Ведущий инженер		10					
Инженер II категории		33					
Слесарь III категории		12					
Итого:							Дни
Мультиметр							6
Паяльник							9
Компьютер							46
Осциллограф							3
Сверлильный станок							6

Таблица - 6.2 Исходные данные для расчета затрат на проведение НИОКР

Наименование затрат	Единицы измерения	Абсолютная величина
1	2	3
1. Директивное время на проведение НИОКР	дни	61
2. Среднемесячные оклады:		
- ведущий инженер	руб.	20000
- маркетолог	руб.	16500
- инженер II категории	руб.	16500
3. Часовые тарифные ставки:		
-слесарь III разряда	руб.	65
4. Коэффициент накладных расходов $K_{\text{накл}}$	%	60
5. Коэффициент отчислений на социал. нужды, $K_{\text{сн}}$:	%	34,5
6. Стоимость 1 кВт электроэнергии	руб.	2,68
7. Установочная мощность оборудования:		
осциллограф С1-77	кВт	0,05
паяльник ЭПСН-40	кВт	0,04
Сверлильный станок	кВт	0,2
Компьютер	кВт	0,6
8. Коэффициент использования оборудования по мощности $K_{\text{исп}}$		0,86
9. Коэффициент загрузки оборудования $K_{\text{загр}}$		
осциллограф С1-77		0,65
паяльник ЭПСН-40		0,9
Сверлильный станок СН106Н		0,5
Компьютер		0,85
10. Средняя норма амортизационных отчислений N_a		0,13
11. Первоначальная стоимость оборуд., C_a		
осциллограф С1-77	руб.	9000
мультиметр	руб.	520
паяльник ЭПСН-40	руб.	500
Сверлильный станок СН106Н	руб.	9000
Компьютер	руб.	25000
12. Режим работы предприятия:		
Продолжительность рабочего дня	час.	8
Количество смен в сутки		1
Количество дней в году	дни	365
Выходных дней	дни	104
Праздничных дней	дни	12
13. Премия за работу на производстве	%	10

6.2 Расчёт зарплаты исполнителей

6.2.1 Эффективный годовой фонд рабочего времени.

$$F_{\text{эфф.год}} = (366 - D_{\text{вс}} - D_{\text{пр}}) \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пред}} \cdot T_{\text{см.пред.}}, \quad (6.1)$$

где $D_{\text{вс}}$ – количество выходных дней;

$D_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней;

$T_{\text{см}}$ – количество часов в смену, 8 часов;

$D_{\text{пред}}$ – количество предпраздничных дней

$T_{\text{см. пред.}}$ – количество сокращенных часов в смену в предпраздничный день, 7 часов.

$$F_{\text{эфф.год}} = (366 - 104 - 12) \cdot 8 - 7 \cdot 1 = 1985 \text{ час}$$

6.2.2 Среднее количество рабочих дней в месяце:

$$D_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{эфф.год}}}{12 \cdot q}; \quad (6.2)$$

где $F_{\text{эфф.год}}$ – эффективный годовой фонд рабочего времени;

q – продолжительность рабочего дня;

$$D_{\text{ср}} = \frac{1985}{12 \cdot 8} \approx 21 \text{ день}$$

6.2.3 Заработная плата инженерно-технических работников в день:

$$O_{\text{ср.день}} = \frac{O_{\text{ср.п}}}{D_{\text{ср.п}}}, \quad (6.3)$$

где $O_{\text{ср.п}}$ – должностной оклад работника.

$$З_{\text{итр}} = O_{\text{ср.день}} \times T_{\text{р}}; \quad (6.4)$$

где $T_{\text{р}}$ – трудоемкость, чел/дн.

Расчет заработной платы ИТР представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Длительность работы и заработная плата исполнителей

Должность исполнителя	Кол-во исполнителей, чел.	Трудоемкость, чел/дней.	Заработная плата в день, руб.	Зарплата, руб.
Маркетолог	1	11	785,7	8642,8
Ведущий инженер	1	10	952,4	9523,8
Инженер II кат.	1	33	785,7	25928,6
Итого:				44095,2

6.2.4 Тарифная заработная плата производственных рабочих:

$$Z_{np} = S_{ch} \cdot g \cdot t_i; \quad (6.5)$$

где S_{ch} - тарифная ставка; g - продолжительность рабочего дня; t_i - трудоемкость i - ого рабочего.

Расчет заработной платы производственных рабочих представлен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Тарифная заработная плата производственных рабочих

Специальность	Тарифная ставка, S_{ch} , руб.	Продолжительность раб дня, g , час	Трудоемкость, T_i , дней	Зарплата, руб.
Слесарь. III кат.	65,0	8	12	6240
Итого:				6240

6.2.5 Основная заработная плата рабочих-повременщиков:

$$Z_{осн} = Z_{тар} \cdot (1 + K_{пр}); \quad (6.6)$$

где $K_{пр}$ – премии, связанные с работой на производстве;

$Z_{тар}$ – тарифная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$$Z_{осн} = 6240 \cdot (1 + 0,1) = 6864 \text{ руб.}$$

6.2.6 Суммарная заработная плата исполнителей:

$$Z_{исп} = Z_{итр} + Z_{осн}; \quad (6.7)$$

где $Z_{итр}$ – заработная плата инженерно-технических работников, руб.;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата рабочих повременщиков, руб.

$$Z_{исп} = 44095,2 + 6864 = 50959,2 \text{ руб.}$$

6.2.7 Отчисления на социальные нужды:

$$C_{соц} = Z_{исп} \cdot K_{соц} = 50959,2 \cdot 0,345 = 17580,9 \text{ руб.} \quad (6.8)$$

6.3 Расчет затрат на основные материалы.

Расчет затрат на основные материалы представлен в таблице 6.5

Таблица 6.5 - Затраты на основные материалы для изготовления преобразователя напряжения

Наименование материала	Марка	ГОСТ, ТУ	Ед. изм.	Норма расхода	Цена за единицу, (руб.)	Затраты, (руб.)
1	2	3	4	5	6	7
Канифоль	А	ГОСТ 19113-84	шт.	20	20	20
Припой	Пос61	ГОСТ 21931-76	шт.	100	75	75
Лак	КО-916	ГОСТ 8865	мл	30	40	40
Текстолит	ПТК	ГОСТ 5-78	мм	100*200	30	30
Хлорное железо		ТУ842-12-152-77	кг	0,1	100	10
Лакоткань	ЛШ		кг	0,2	100	20
Картон	ЭВ		кг	0,2	100	20
Корпус			шт	1	175	175
Магнитопровод	К 40-25-11		шт	1	150	150
	Б26		шт	1	80	80
Провод монтажный	МПО-6	9752-77	м	1	20	20
	ПЭЛ 0,69	ГОСТ 26413.0-85	кг	0,4	1200	480
	ПЭЛ 0,18	ГОСТ 26413.0-85	кг	0,4	1300	520
Итого						1640

6.3.1 Затраты на основные материалы с учетом транспортно-заготовительных расходов.

$$C_{осн} = \sum_{i=1}^n S_M \cdot (1 + K_{ТЗ}) = 1640 \cdot (1 + 0,06) = 1738,4 \text{ руб.}, \quad (6.9)$$

где $K_{ТЗ}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов; $K_{ТЗ} = 0,06$
 S_M – стоимость основных материалов, руб.

6.3.2 Полную стоимость покупных комплектующих изделий определили по таблице 6.6.

Таблица 6.6 - Стоимость покупных комплектующих изделий

Наименование изделия	Марка, размер	ГОСТ, ТУ	Кол-во шт	Цена за ед., руб.	Затраты, руб.
1	2	3	4	5	6
Резисторы	C1-4-0,125-100 кОм ± 5%	ГОСТ 21342.2-75	1	1	1
	C1-4-0,125-20 кОм ± 5%		1	1	1
	C1-4-0,125-3кОм ± 5%		2	1	2
	C1-4-0,125-2кОм ± 5%		2	1	2
	C1-4-0,5-750Ом ± 5%		4	1	4
	C1-4-0,125-1кОм ± 5%		3	1	3
	C2-22H-1Bт-91 кОм ± 5%		1	5	5
	C2-22H-2Bт-27 кОм ± 10%		1	5	5
Конденсаторы	K10-17Б-50В-1 мкФ ± 5%	ОЖО.464.214 ТУ	1	4	4
	K10-17Б-50В-3900пФ ± 5%		1	1	1
	K50-6-50В-1 мкФ ± 5%		1	4	4
	K50-6-50В-100 мкФ ± 5%		3	10	30
	K50-6-50В-33мкФ ± 5%		1	10	10
Диоды	SR 5030	-	1	98,0	98,0
	КД2997А	ТУ 362.029	2	40,0	80,0
Диодный мост	KL405А	-	1	21,0	21,0
Светодиод	АЛ3075М	-	1	3	3
Оптопара	АОД101Б	-	1	12,0	12,0
Транзисторы	IRFP90N20D	-	2	120,0	120,0
	КП960В	ТУ 336.182	2	5	10
	КП501А		2	10	20
Геркон	КЕМ2-15	ГОСТ 19150-84	1	13,0	13,0
Микросхемы	КР1211ЕУ1	ГОСТ17467-79	1	30,0	30,0
	7808		1	9,0	9,0
	КР142ЕН19		1	20,0	20,0
Предохранитель	КС139А	-	1	7,0	7,0
Разъем		-	1	11,0	11,0
Трансформатор типа ПЛ	Мощность 160 Вт, марка стали 3406	ГОСТ 22050-76	1	800	800
Итого					1206

Стоимость покупных комплектующих изделий с учетом транспортно-заготовительных расходов:

$$C_{покуп} = \sum_{i=1}^n S_{покуп} \cdot (1 + K_{мз}) = 1206 \cdot (1 + 0,04) = 1254 \text{ руб.}, \quad (6.10)$$

где $K_{ТЗ}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов; $K_{ТЗ} = 0,04$

$S_{\text{покуп}}$ – стоимость покупных комплектующих изделий, руб.

6.4 Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию:

$$C_{\text{эл}} = Q_{\text{эл}} \cdot \Pi_{\text{эл}}, \quad (6.11)$$

где $\Pi_{\text{эл}}$ – стоимость электроэнергии за 1 кВт·ч, руб;

$Q_{\text{эл}}$ – количество электроэнергии определяется по формуле 6.12

$$Q_{\text{эл}} = N_{\text{уст}} \cdot t_{\text{м}}, \quad (6.12)$$

где $N_{\text{уст}}$ – установленная типовая мощность прибора, кВт;

$t_{\text{м}}$ – машинное время работы оборудования, час;

$$t_{\text{м}} = T_{\text{обор}} \cdot q \cdot D \cdot K_{\text{заг}} = 46 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,85 = 312,8 \text{ часа}, \quad (6.13)$$

где $T_{\text{обор}} = 46$ дн – количество дней работы компьютера;

$D=1$ – количество смен в сутки; $K_{\text{заг}} = 0,85$ – коэффициент загрузки оборудования; $q = 8$ ч – продолжительность рабочего дня

Количество электроэнергии:

$$Q_{\text{эл}} = 0,6 \cdot 312,8 = 187,68 \text{ кВт·ч};$$

Затраты на электроэнергию:

$$C_{\text{эл}} = 187,68 \cdot 2,68 = 502,98 \text{ руб.}$$

Таблица 6.7 - Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	$N_{\text{у}}$, кВт	$K_{\text{загр}}$	$t_{\text{м}}$, час	$Q_{\text{эл}}$, кВт/ч	$C_{\text{эл}}$, руб
Осциллограф	0,05	0,65	24	0,78	2,1
Паяльник	0,04	0,9	88	3,16	7
Компьютер	0,6	0,85	312,8	187,68	503
Сверлильный станок	0,2	0,5	36	3,6	12,9
Итого					525

6.5 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления рассчитываются только для основных фондов стоимостью более 100 МРОТ и сроком эксплуатации более 1 года

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$A_M = \frac{C_{OB} \cdot H_{AM} \cdot t_M}{100 \cdot F_{\text{ЭФ.ОБОР}}}, \quad (6.14)$$

где $H_{AM} = 13\%$ – годовая норма амортизационных отчислений;

C_{OB} – первоначальная стоимость компьютера, руб.;

t_M – машинное время работы компьютера;

$F_{\text{ЭФ.ОБОР}}$ – эффективный годовой фонд рабочего времени оборудования, час; рассчитывается по формуле (6.15):

$$F_{\text{ЭФ.ОБОР}} = F_{\text{ЭФФ}} \cdot K_{ЗАГ} = 1985 \cdot 0,85 = 1687,25 \text{ час}; \quad (6.15)$$

где $F_{\text{ЭФФ}}$ – эффективный годовой фонд рабочего времени;

$K_{ЗАГ}$ – коэффициент загрузки оборудования.

В итоге амортизационные отчисления составят:

$$A_M = 25000 \cdot 13 \cdot 312,8 / (100 \cdot 1687,25) = 603 \text{ руб.}$$

6.6 Расчет накладных расходов

$$C_{НР} = Z_{ИСП} \cdot K_{НР} = 50959,2 \cdot 0,6 = 30575,5 \text{ руб.}, \quad (6.16)$$

где $Z_{ИСП}$ – заработная плата исполнителей,

$K_{НР}$ – коэффициент накладных расходов.

Результаты расчёта затрат на НИОКР по созданию преобразователя напряжения сведены в таблицу 6.8.

Таблица 6.8 - Результаты расчета затрат на НИОКР

Наименование статей затрат	Абсолютная величина затрат, руб.	Удельный вес, %
Затраты на основные материалы	1640	1,6
Затраты на комплектующие	1254	1,2
Затраты на электроэнергию	525	0,5
Зарплата исполнителей	50959,2	49,4
Отчисления на соц. нужды	17580,9	17,1
Амортизационные отчисления	603	0,6
Накладные расходы	30575,5	29,6
Итого:	103138	100

В результате анализа выявлено, что большую часть в структуре себестоимости составляют расходы на заработную плату исполнителей (~50%) и накладные расходы (~30%) при общей сумме затрат 103138 рублей.

Заключение

Разработана электрическая принципиальная схема повышающего преобразователя напряжения 12/900 В, мощностью до 150 Вт. Разработана печатная плата устройства.

Так же был произведен расчет показателей экономической эффективности и сделано исследование по безопасности и экологичности при эксплуатации устройства.

Список используемой литературы и источников

1. Партала О.Н. Схемотехника на интегральных таймерах // РадиоАматор.-1998.-№8.
2. Межлумян А. Ключевые элементы с повышенной нагрузочной способностью // Радио.-1982.-№8.
3. Иванов В. И. И др. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник/ В.И. Иванов, А.И.Аксенов, А.М. Юшин—2-е изд., перераб. И доп.— М.: Энергоатомиздат, 1989.—448 с.
4. А.А. Мартынов Трансформатор для вторичных источников питания. Учеб. пособие/ СПбГУАП. СПб., 2001, 50с.
5. Мартынов А. А. Проектирование вторичных источников питания. Проектирование ВИП с выходом на постоянном токе: Учеб. пособие/ СПбГУАП. СПб., 2000. 108 с.: ил.
6. Е. Москатов Методика и программа расчета импульсного трансформатора двухтактного преобразователя, Радио №6 2006г.
7. М. Озолин Преобразовательнапряжения 12В в прямоугольное 300 В Радио №9, 2007.
8. IRL2505 – справочные данные / www.irf.com
9. Б.Ю. Семенов Силовая электроника для любителей и профессионалов, М.: изд. «СОЛОН-Р», 2001.
10. 1211EY1/1A двухтактный контроллер ЭПРА / справочная информация/Фирма «Додэка»// www.dodeca.ru
11. Справочник по электротехническим материалам под ред. Ю.В. Корицкого, т.3.
12. ГОСТ 22307-77 Провода медные обмоточные с терморезистивным связующим.
13. Аксенов А.И., Нефедов А.В. Резисторы. Конденсаторы. Справочное пособие. - М.: СОЛОН-Р, 2000. - 240 с.

14. Силовые полупроводниковые приборы: Справочник/ О. Г. Чебоксский, Л. Г. Моисеев, Р. П. Недешовин. - 2 изд. перераб. и доп. - М.: Энергия, 1985.
15. Справочник: Полупроводниковые приборы. Диоды выпрямительные. Стабилитроны. Тиристры /А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев, В.В. Мокряков и др.: Под ред. А.В. Голомедова.. - М.: Радио и связь, 1989. - 528 с.
16. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки: Справочник/В.П. Берзан, Б.Ю. Геликман, М.Н. Гураевский и др.; Под ред. Г.С. Кучинского. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 656 с.
17. А. Вдовикин Способ изготовления реле на герконе // Радио №2, 1971.
18. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. – Учеб. пособие.- Тольятти: ТолПИ, 2000. -68с.
19. Справочник по силовой электронике. Справочник/ Ю. К. Розанов, П. А. Воронин, С. Е. Рывкин, Е. Е. Чаплыгин ; под ред. Ю. К. Розанова.– М.:МЭИ, 2014.– 471с.
20. Попков О. З. Основы преобразовательной техники. Учебное пособие для вузов.– М.: Издательский дом МЭИ, 2007.