

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»  
(наименование)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроника и робототехника  
(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Программируемый генератор тока для размагничивания технологической оснастки»

|              |                                                                           |                  |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Студент      | К.С. Катков<br>(И.О. Фамилия)                                             | (личная подпись) |
| Руководитель | А.К. Кудинов<br>(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)                    |                  |
| Консультант  | к. пед. н., доцент С.А. Гудкова<br>(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) |                  |

Тольятти 2022

## **Аннотация**

Выпускная квалификационная работа содержит обзор состояния вопроса по различным типам размагничивателей инструмента, технологической оснастки или отдельных деталей проведенный в первом разделе.

Во втором разделе разработана структура размагничивателя и составлена его структурная схема.

В третьем разделе разработан алгоритм работы устройства.

В четвертом разделе разработана электрическая принципиальная схема программируемого генератора тока размагничивателя.

В пятом разделе разработана печатная плата и составлен сборочный чертеж конструкции.

В шестом разделе рассчитаны затраты на закупку элементов и основных материалов для изготовления.

В седьмом разделе описаны вредные и опасные факторы при изготовлении электронного устройства.

Выполнено 6 чертежей на формате А1. Объем работы 50 лист.

## ABSTRACT

The final qualifying work contains an overview of the state of the process for various types of demagnetizers of the tool, technological equipment or individual parts carried out in the first section.

In the second section, the structure of the demagnetizer is developed and its block diagram is compiled.

In the third section, the algorithm of the device operation is developed.

In the fourth section, an electrical schematic diagram of a programmable demagnetizer current generator is developed.

In the fifth section, a printed circuit board has been developed and an assembly drawing of the structure has been compiled.

In the sixth section, the costs for the purchase of elements and basic materials for manufacturing are calculated.

The seventh section describes harmful and dangerous factors in the manufacture of an electronic device.

6 drawings were made in A1 format. The volume of work is 50 sheets.

## Содержание

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение                                                                       | 5  |
| 1 Обзор решений для размагничивания технологического инструмента и заготовок   | 7  |
| 1.1 Неуправляемый размагничиватель на постоянном магните                       | 9  |
| 1.2 Электромагнитные размагничиватели с неуправляемой работой.                 | 10 |
| 1.2 Промышленные размагничиватели с управляемой напряженностью магнитного поля | 12 |
| 2 Разработка структурной схемы устройства                                      | 14 |
| 3 Разработка алгоритма функционирования устройства                             | 17 |
| 4 Разработка принципиальной схемы устройства                                   | 24 |
| 4.1 Выбор микроконтроллера                                                     | 24 |
| 4.2 Выбор элементов и расчет их параметров                                     | 31 |
| 5 Разработка конструкции печатной платы размагничивателя                       | 39 |
| 5.1 Конструкция устройства                                                     | 39 |
| 5.2 Разработка печатной платы устройства                                       | 39 |
| 5.3 Изготовление печатной платы                                                | 41 |
| 6. Экономическая часть                                                         | 43 |
| 7. Безопасность и экологичность работы                                         | 45 |
| Заключение                                                                     | 47 |
| Список используемой литературы                                                 | 48 |

## Введение

Во время выполнения технологических операций на современном машиностроительном предприятии задействуют различные физические процессы, в том числе электросварку (контактную и электродуговую), обработку металлов резанием или давлением. В результате, ферромагнитные металлические изделия под действием технологических процессов намагничиваются.

Кроме того, в процессе обработки металлические изделия могут соприкасаться в постоянными магнитами, или испытывать вибрационные или другие знакопеременные механические нагрузки. Всё это приводит к появлению намагниченности обрабатываемого изделия – отдельной детали или даже целого узла. При этом, во время знакопеременных механических нагрузок, возможно намагничивание изделий даже в магнитном поле небольшой величины. Примером таких небольших полей может быть даже естественное магнитное поле Земли [6].

Механизм намагничивания во время технологической обработки изделий заключается в том, что вибрации, возникающие при механической обработке, вызывают ослабление сил трения между доменами материала изделия. Ослабление междоменных сил трения вызывает облегчение намагничивания всего изделия целиком.

Паразитное намагничивание деталей вызывает целый ряд негативных последствий:

- к намагниченным деталям и узлам притягиваются внешние мелкие металлические частицы или продукты износа самих деталей и узлов (например, в подшипниках, соприкасающихся местах сочленений и т.п.),
- магнитные поля намагниченных узлов и деталей корпусов изделий вызывают искажения измерительных датчиков, основанных на принципах измерения величины магнитного поля (различные датчики холла, элементы компасов),

– возможно непреднамеренное срабатывание различных электротехнических элементов, управляемых магнитным полем (магнитные или поляризованные реле, магнитные усилители, прочие элементы автоматики).

Кроме паразитного намагничивания деталей на производстве также используются процессы контроля качества изготовления деталей и узлов с помощью магнитной дефектоскопии, при которой происходит управляемое намагничивание контролируемого образца. При этом после завершения дефектоскопии также возникает задача размагничивания исследуемых образцов [11].

Перечисленные проблемы с намагничиванием актуальны и для различного инструмента, намагничиваемого в процессе работы как с предварительно намагниченными деталями, так и при работе с изначально магнитно нейтральными изделиями.

Негативные последствия, в этом случае, могут проявляться в прилипании к инструменту металлической стружки, возникающей в результате технологического процесса, а также металлических опилок, пыли, продуктов износа самого оборудования. Всё это приводит к нарушению расчетных характеристики технологического процесса и, в итоге, к снижению качества получаемых изделий [16].

Устранить негативное влияние намагниченности технологического инструмента, оснастки, изделий и деталей возможно с помощью принудительного размагничивания в переменном магнитном поле. При этом переменное магнитное поле может быть как с постоянными амплитудными параметрами, так и с переменными. Размагничивание производится как управляемыми, так и неуправляемыми генераторами магнитного поля [5].

## **1 Обзор решений для размагничивания технологического инструмента и заготовок**

На сегодняшний день известны следующие способы размагничивания [18]:

- нагрев изделия до температуры выше точки Кюри, когда нарушается единообразная ориентация доменов;
- встречное приложение магнитного поля большой силы в виде однократного импульса;
- воздействие знакопеременным полем в течение некоторого промежутка времени.

Первый способ обладает недостатком в виде необходимости нагрева детали или изделия до значительных температур, которые требуют больших энергозатрат, а также могут привести к изменению других физико-химических свойств материалов, использованных в детали или в целом изделии.

Во втором способе требуется сконцентрировать в одном импульсе энергию, достаточную для перемагничивания целого изделия. Аналогично первому способу, это также требует значительных затрат энергии, которую необходимо сконцентрировать в рамках одного импульса. А это, в свою очередь предъявляет особые, повышенные требования к накопительным элементам и коммутационной аппаратуре.

Необходимость высоких энергетических затрат и изменение характеристик материалов приводит к тому, что оба – первый и второй способы на практике не используются.

Третий же способ [4] заключается в следующем: устройство размагничивания создает знакопеременное электромагнитное поле, амплитуда которого сначала возрастает, потом удерживается неизменной, а затем, в течение некоторого интервала времени, постепенно снижается до нуля, как показано на рисунке 1.

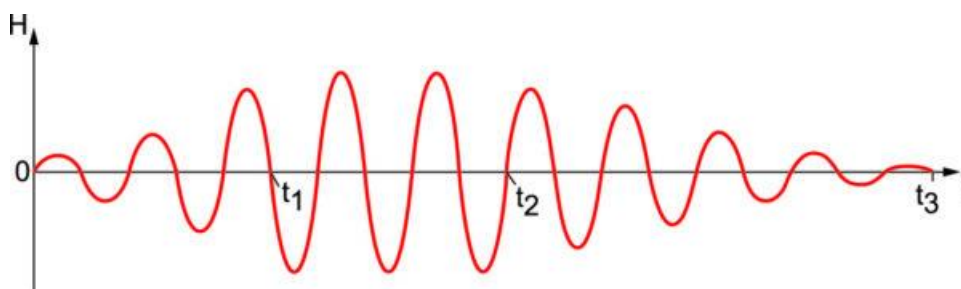


Рисунок 1 – Вид кривой изменения напряженности магнитного поля  $H$  во времени

На интервале от 0 до  $t_1$  происходит нарастание амплитуды напряженности, на интервале от  $t_1$  до  $t_2$  амплитуда удерживается неизменной, а начиная с момента времени  $t_2$  происходит снижение амплитуды напряженности магнитного поля до нуля.

Плавность нарастания амплитуды магнитного поля позволяет избежать возникновения механических ударов в обрабатываемой детали, которые могут возникнуть вследствие магнитострикционных сил.

На интервале  $t_1$ - $t_2$  величина напряженности такова, что точка по кривой намагниченности переходит в значения магнитного насыщения. При этом энергетические затраты при перемагничивании материала изделия уходят на вихревые токи, гистерезис перемагничивания, также другие дополнительные потери, которые приводят к повышенному выделению тепла в обрабатываемой детали.

На рынке в настоящее время представлены различные размагничиватели деталей и инструмента. Они предназначены как для бытового использования для размагничивания домашнего инструмента и небольших по габаритам изделий, так и промышленного, в которых возможно размагничивание изделий самых различных габаритов с установкой произвольным образом величины размагничивающего поля.

Рассмотрим представителей размагничивающих устройств, продающихся на рынке.

## 1.1 Неуправляемый размагничиватель на постоянном магните

Неуправляемые размагничиватели на постоянном магните представляют собой инструмент, как правило, имеющие конструктив из пластика, внутри которого располагается постоянный магнит. Пример такого намагничивателя-размагничивателя показан на рисунке 2 [20].



Рисунок 2 – Внешний вид типового исполнения намагничитвателей - размагничивателей на постоянном магните

В таких устройствах постоянные магниты расположены с противоположной полярностью относительно двух окон в корпусе изделия: размагничивания и намагничивания.

Принцип действия таких размагничивателей - намагничивателей основывается на том, что инструмент (например отвертки), рабочие части которого умещаются в отверстие, плавно вносится в магнитное поле и выносится из магнитного поля до тех пор, пока не произойдет размагничивание инструмента. При этом отсутствует механизм регулировки напряженности магнитного поля, а также отсутствуют способы определить текущий или необходимый уровень магнитного поля и процесс размагничивания осуществляется «на глаз».

Главным достоинством таких устройств является их предельная простота и дешевизна, отдельные экземпляры, в настоящее время стоят около 200 руб. Малые габариты и отсутствие необходимости использовать электрическую энергию, позволяют иметь подобный инструмент в самой кратчайшей доступности.

К недостаткам следует отнести полную неуправляемость процесса. Поскольку используемый магнит является постоянным, то нет возможности ни регулировать, не управлять процессом размагничивания инструмента. А в некоторых случаях можно по недосмотру перейти из режима размагничивания инструмента в режим намагничивания инструмента.

## **1.2 Электромагнитные размагничиватели с неуправляемой работой.**

Неуправляемые электромагнитные размагничиватели предназначены для размагничивания изделий или инструмента по размерам и массе больше, чем неэлектрические размагничиватели. В простейшем случае, размагничиватель представляет собой переменный магнит, подключаемый к сети переменного напряжения 220В. При этом ни интервал рабочего импульса, ни частота колебаний, ни амплитуда напряженности не меняются. Также не меняются и другие параметры работы.

С практической точки зрения, можно говорить только о максимальных размерах и максимальной массе, которую в одном непрерывном цикле работы такой размагничиватель может размагнитит. При этом, в целях удешевления конструкции подобные устройства не оснащаются никакими конструктивными элементами, увеличивающими удобство их эксплуатации и в описаниях продавцов, зачастую, можно встретить слова: « оберните размагничиватель тряпкой», «перед тем как взять размагничиватель в руки наденьте матерчатую перчатку» и т.п.

При этом длительность работы таких размагничивателей ограничивается десятком минут, а интенсивность магнитного поля регулируется изменением расстояния между изделием и размагничивателем, которое должен вручную выдерживать оператор при работе с размагничивателем.

Пример внешнего вида такого размагничивателя продающийся в специализированном интернет магазине «Магниты» [21] показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид электромагнитного размагничивателя

Данный рисунок показывает, что по сути этот размагничиватель является электромагнитом с зазорами в магнитопроводе и у него отсутствуют цепи управления напряжением питания. Стоимость этого экземпляра составляет уже 5000 руб.



## Рисунок 4 – Размагничиватель ТС-1

Большей мощностью обладают настольные размагничиватели.

Рассмотрим некоторые их варианты.

Размагничиватель ТС-1 [19].

Имеет размеры 165х120 мм, питается напряжением 220В и потребляет мощность 350Вт, имеет массу 3.5 кг и стоит уже 41000 руб.

### **1.2 Промышленные размагничиватели с управляемой напряженностью магнитного поля**

На рынке имеются настольные размагничиватели для крупногабаритных изделий или инструмента. Например, размагничиватель ТС-4 имеет размеры 500х1000мм, питается от напряжения 200В и потребляет 4500 Вт, его масса 90 кГ, а стоимость 290000 руб. (рисунок 5).



Рисунок 5 – Промышленный размагничиватель серии ТС-4

Для размагничивания длинномерных деталей или инструмента используют размагничиватели кольцевого типа, в которых размагничиваемое

изделие пропускается сквозь магнитопровод замкнутой формы – как правило квадратный или прямоугольный.

На рисунке 6 показаны размагничиватели такого типа.



Рисунок 6 – Рамочные размагничиватели серии ТСК

Эта серия размагничивателей уже питается от трехфазного напряжения 380 В и имеет следующие параметры.

Таблица 1 – Параметры рамочных размагничивателей промышленной серии.

| Тип              | ТСК-10       | ТСК-11       | ТСК-12       |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| Размер, мм       | 660*360*1100 | 710*500*1100 | 840*590*1240 |
| Размер рамки, мм | 200*300      | 300*350      | 450*500      |
| Мощность, кВт    | 10           | 13           | 15           |
| Цена, тыс.руб.   | 210          | 230          | 290          |

Промышленные серии размагничивателей уже имеют систему охлаждения, систему защиты от перегрева, некоторые из них имеют регулировку напряженности магнитного поля.

Выводы.

По сделанному обзору можно представить уровень цен и функциональный набор решений размагничивателей, имеющихся на рынке.

## **2 Разработка структурной схемы устройства**

В соответствии с Заданием на выполнение ВКР необходимо разработать программируемый генератор тока для размагничивателя технологической оснастки. Генератор тока питается от однофазной сети 220В и должен выдавать в катушку магнита размагничивателя кривую тока, описываемую в текстовом файле с помощью параметров, задающих длительность нарастания амплитуды выходного тока, величину максимального установившегося значения амплитуды, а также длительность спада амплитуды. С помощью перечисленных параметров в текстовом файле и осуществляется программирование работы генератора тока для размагничивателя.

В соответствии перечисленным становится понятным, что в состав генератора тока должен входить микроконтроллер, позволяющий осуществлять связь с источником параметров работы, хранящий полученные параметры и генерирующий сигналы управления. Источником параметров работы будем считать персональный компьютер, связывающийся с микроконтроллерной системой управления через интерфейс USB. Кроме этого, заложим возможность задания параметров с помощью вращающихся рукояток потенциометров, напряжения с которых будут определять временные интервалы работы генератора.

Генерация собственно управляемого тока будет осуществляться блоком генератора, построенного на управляемых симметричных тиристорах (симисторах), которые за счет управления углом коммутации будут регулировать величину напряжения, подаваемого на магнит размагничивателя а, следовательно, определять величину тока через обмотку магнита и величину напряженности магнитного поля.

Связь информационных сигналов управления с силовыми симисторами будем осуществлять через оптопары тиристорного типа, на вход которых будет поступать сигнал логического уровня с микроконтроллера, а выходы которых будут подключаться к управляющим электродам силовых симисторов.

Для питания слаботочных элементов системы управления (микроконтроллера) будем использовать блок питания с выходным напряжением 5В.

На рисунке 7 приведена результирующая структурная схема разрабатываемого устройства.

Выводы.

В данном разделе разработана структурная схема размагничивателя.

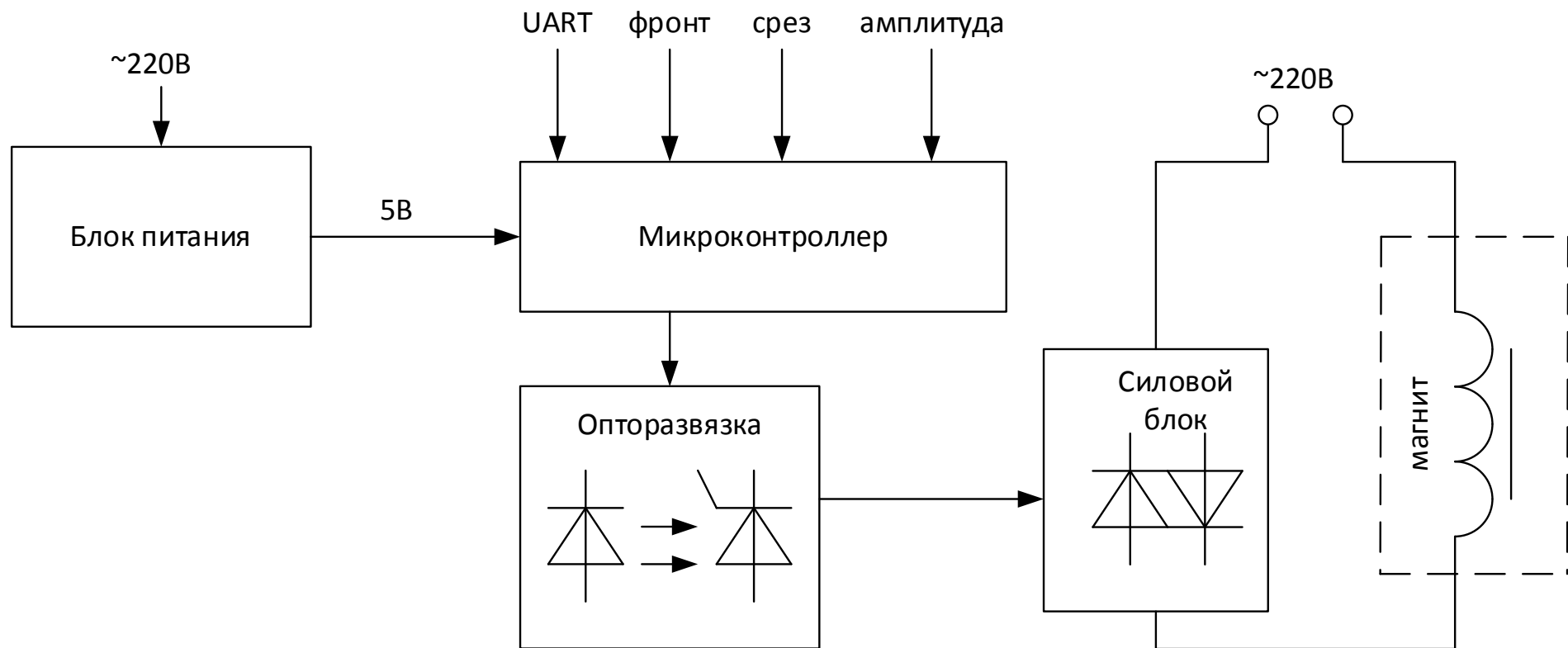


Рисунок 7 – Структурная схема программируемого генератора тока размагничивателя

### **3 Разработка алгоритма функционирования устройства**

Работа размагничивателя определяется следующим алгоритмом.

После подачи напряжения питания включается микроконтроллер и производится опрос состояния переключателя, определяющего режим работы установки – ручной или автоматический (программируемый).

Если переключатель находится в положении автоматической работы, то из энергонезависимой памяти микроконтроллера считывается последовательно значение интервала времени нарастания амплитуды напряженности магнитного поля, значение времени уменьшения напряженности магнитного поля, значение времени длительно установившегося амплитудного значения напряженности поля, амплитудное значение напряженности, в процентах от максимального значения. Дальнейшее функционирование установки происходит с этими, считанными значениями.

Если переключатель находится в положении ручной установки параметров (ручной работы), то микроконтроллер считывает входные значения портов, к которым подключены регуляторы, задающие интервалы времени нарастания импульсов, времени спада импульсов, длительность установившегося состояния и уровня напряженности магнитного поля.

После определения режима работы установки - программируемый или ручной, начинается процесс управления коммутацией силовой группой ключевых приборов. С порта микроконтроллера поступает управляющий импульс на вход тиристорной оптопары, отпирающей силовой тиристор, который подключает с учетом длительности открытого состояния тиристора, задаваемого параметром амплитудного значения напряженности магнитного поля, в зависимости от режима работы, устанавливаемого либо регулятором, либо считываемым из энергонезависимой памяти.

Постоянно после подачи напряжения питания, микроконтроллер опрашивает значение, снимаемое с термодатчика, установленного на электромагните, осуществляющего размагничивание. При обнаружении значения температуры выше значения максимально допустимой температуры, микроконтроллер останавливает генерацию управляющих импульсов, подаваемых на вход оптопары, коммутирующей силовые ключи и включает индицирующий светодиод, показывающий появление перегрева. Это дает возможность оператору устройства оперативно прореагировать на сложившуюся ситуацию и установить причины перегрева, а также, в случае необходимости, устранить их.

Блок-схема алгоритма работы системы управления установкой размагничивания показана на рисунках 8 - 12.

Можно переходить к разработке аппаратной части.

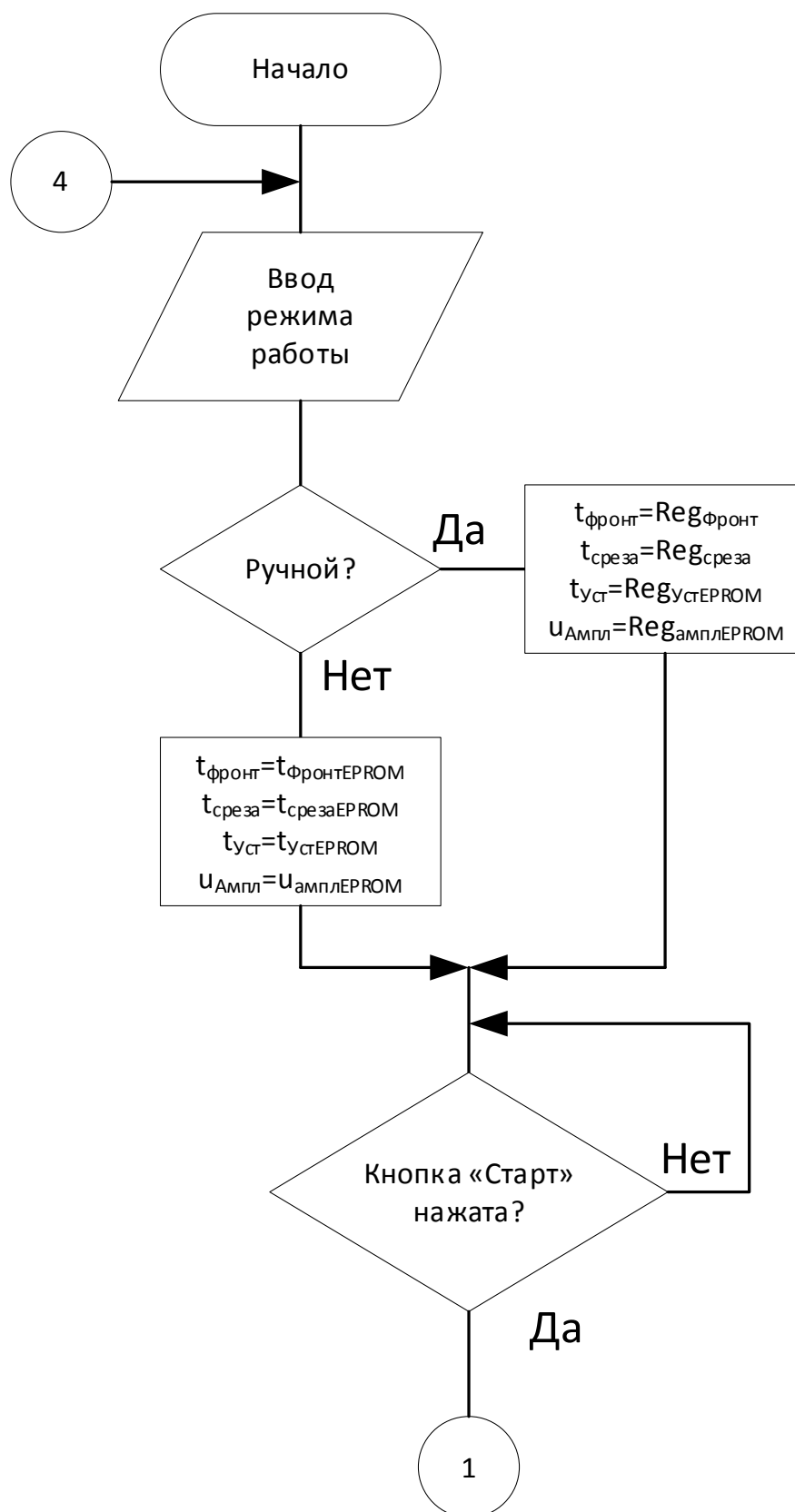


Рисунок 8 – Блок-схема алгоритма функционирования устройства

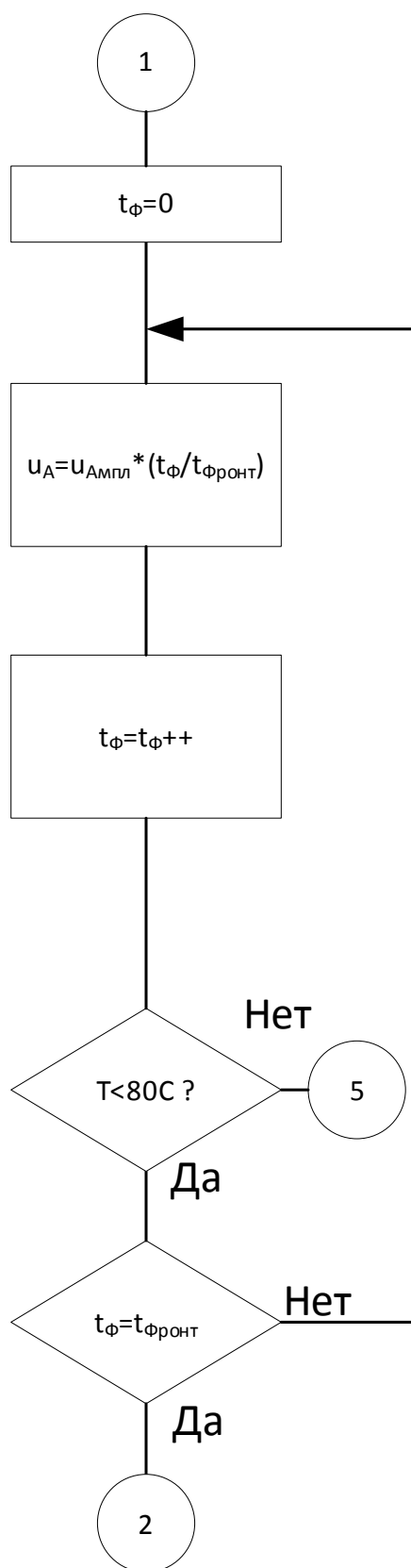


Рисунок 9 – Блок-схема алгоритма генерации фронта

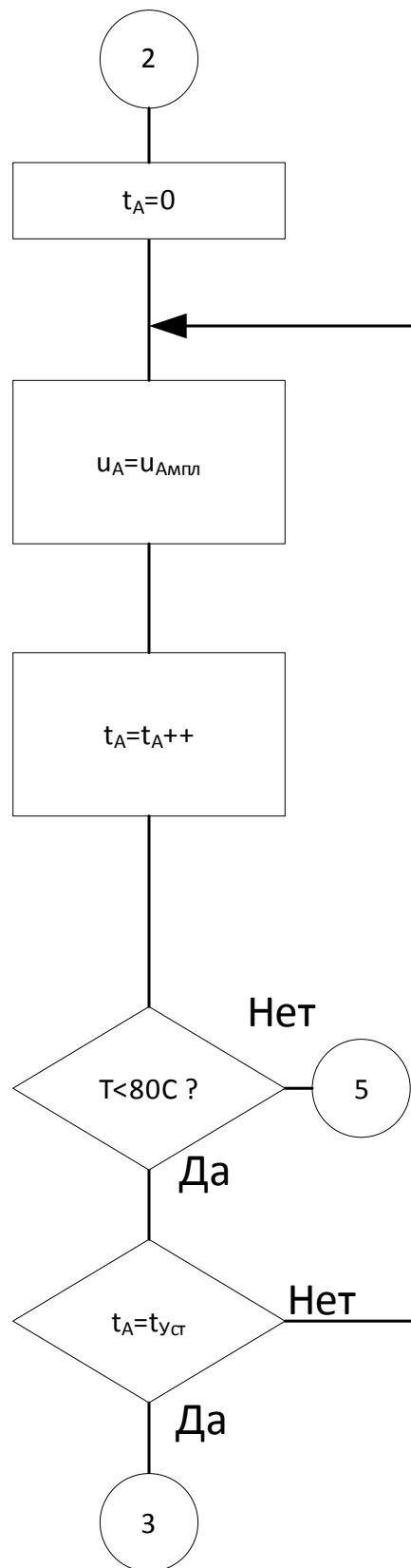


Рисунок 10 – Блок-схема алгоритма генерации амплитудного значения

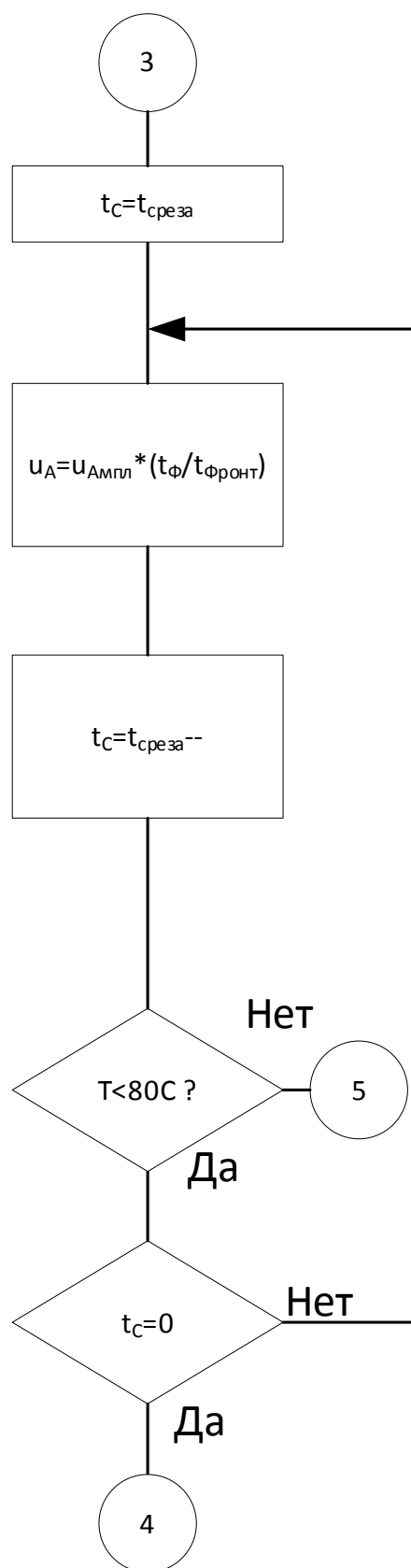


Рисунок 11 – Блок-схема алгоритма генерации среза



Рисунок 12 – Блок-схема алгоритма защиты от перегрева

Выводы.

Построенная блок-схема алгоритма позволяет формализовать работу устройства и определить необходимое количество элементов интерфейса пользователя (кнопки, рукоятки), а также провести предварительную оценку объема программного кода.

## **4 Разработка принципиальной схемы устройства**

### **4.1 Выбор микроконтроллера**

Разработку схемы электрической принципиальной начнем с выбора микроконтроллера, управляющего всей системой. Выбор микроконтроллера начнем с определения количества его выводов и ориентировочного вычисления объема программы.

Для определения числа необходимых выводов микроконтроллера сведем в одну таблицу необходимые входные и выходные сигналы.

В соответствии с описанием структурной схемы и алгоритма работы устройства необходимы следующие входы, получающие информацию от внешних устройств:

- вход тумблера установки режима работы «ручной/автоматический»;
- вход кнопки «Старт»;
- вход датчика температуры;
- вход регулятора установки длительности фронта нарастания тока размагничивания;
- вход регулятора установки длительности амплитудного установившегося значения тока размагничивания;
- вход регулятора установки длительности среза (спадания) тока размагничивания;
- вход регулятора установки амплитудного значения тока размагничивания.

Также необходимы следующие выходы:

- выход на оптопару управления силовым симистором;
- выход на светодиод «Перегрев».

Таким образом, в микроконтроллере будут задействованы 9 выводов, определяемых алгоритмом работы системы.

Для управления величиной угла управления симистора, в состав микроконтроллера должен входить модуль таймера, отсчитывающего временные интервалы открытого состояния симистора. Длительность открытого состояния симистора пропорциональна величине тока, протекающего через магнит.

Кроме этого, необходим таймер, отсчитывающий этапы формирования длительности всего импульса размагничивания: фронт, вершину и срез.

Таким образом, в составе микроконтроллера должны быть два таймера, работающие с разной длительностью временных интервалов и обслуживающие отсчет временных интервалов разной длительности. При этом как минимум один таймер желательно должен работать в режиме ШИМ для обслуживания длительности открытого состояния симистора.

Для хранения параметров работы размагничивающей установки, в микроконтроллере необходима перепрограммируемая память EEPROM.

Примем, что микроконтроллер будет питаться напряжением +5В.

Можно предположить, на основании блок-схемы алгоритма работы устройства, что для 22 блоков блок-схемы алгоритма, количество команд может лежать в диапазоне 100-120 команд и для их хранения будет достаточно около 1 кБ памяти микроконтроллера типа flash.

Перечисленным условиям удовлетворяет микроконтроллер фирмы Микрочип (Microchip) AT Tiny 87[12]. В соответствии с даташитом, у этого микроконтроллера 20 выводов, при этом 16 из них могут быть задействованы в качестве портов ввода/вывода а 4 отвечают за питание кристалла и включают в себя два общих вывода, один вывод питания и один вывод опорного напряжения.

Этот микроконтроллер имеет 8 кБ памяти flash типа с  $10^3$  циклов «запись/стирание», 512 байт памяти типа EEPROM с  $10^5$  циклами записи, а также 512 байт памяти типа ОЗУ.

Также, в микроконтроллере есть и другая, периферия, которую можно использовать:

- счетчик/таймер на 8 разрядов – 1 шт;
- таймер/счетчик на 16 разрядов – 1 шт;
- каналов ШИМ – 4 шт;
- шести канальный АЦП с разрядностью 10 бит;
- двухсторонний последовательный интерфейс синхронного типа USART – 1 шт.

При этом, диапазон питания микроконтроллера от 2.7 до 5.5 В. Тактовая частота при напряжении питания 4.5-5 В – до 16 МГц.

При использовании внутреннего тактового генератора микроконтроллер может работать на частоте до 8 МГц.

Микроконтроллер изготавливается в корпусах двух типов: PDIP и SOIC.

Разводка и назначение выводов для этих корпусов показаны на рисунке 13.

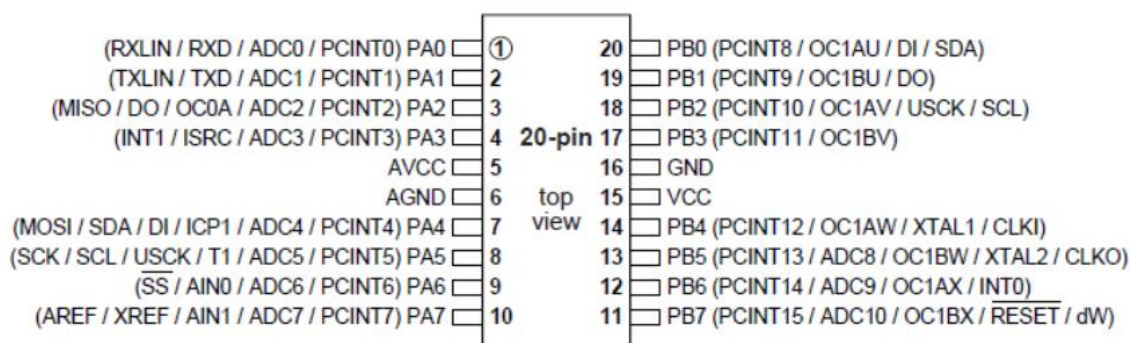


Рисунок 13 – Распределение выводов у микроконтроллера ATtiny87

Распределение подключения периферии к этому микроконтроллеру произведем следующим образом [27, 30, 28]:

- Введем организацию сброса микроконтроллера при подаче напряжения питания.[24] Для этого к выводу 11 (#RESET) подключим резистор сопротивлением 11 кОм и второй его вывод соединим с напряжением питания, а между выводом 1 и общей точкой схемы подключим конденсатор, заряжающийся после подачи напряжения питания. В

соответствии с рекомендациями производителя микроконтроллера емкость конденсатора выбираем 0,1 мкФ.

- К выводам 7-10 (РА4-РА7) подключаем потенциометры, задающие ручным образом параметры импульса размагничивания. Величина напряжения, снимаемая с выхода потенциометра будет задавать величину соответствующего параметра.

- К выводам 13 и 14 подключаем внешнюю схему организации тактовых импульсов на кварцевом резонаторе и конденсаторах.

- К выводам 15 и 5 подключаем положительный полюс источника питания.

- Выводы 16 и 6 подключаем к общей точке схемы.

- На выводах 1 и 2 организуем последовательный порт для связи с внешними управляющими устройствами при работе в качестве ведомого устройства. При этом вывод 1 – RXD, вывод 2 – TXD.

- К выводам 3 и 4 (порты РА2 и РА3) подключаем кнопку «Старт» и тумблер «Режим работы» выбора режима работы «ручной» или «автоматический».

- К выводу 4 (порт ADC3) подключаем термодатчик, измеряющий температуру магнитопровода.

- К выводу 20 (порт PB0) подключаем светодиод «Перегрев» индикатора перегрева магнитопровода.

- К выводу 19 (порт PB1) подключаем кнопку «Стоп».

- К выводу 17 (порт PB3) подключаем вход оптопары, управляющей силовым симистором генератора размагничивания.

- К выводу 18 (порт PB2) подключаем светодиод «Работа».

Таким образом, мы произвели распределение всех периферийных устройств, выполняющих те или иные функции по выводам микроконтроллера. Схема соединения периферийных устройств и выводов микроконтроллера показана на рисунке 14.

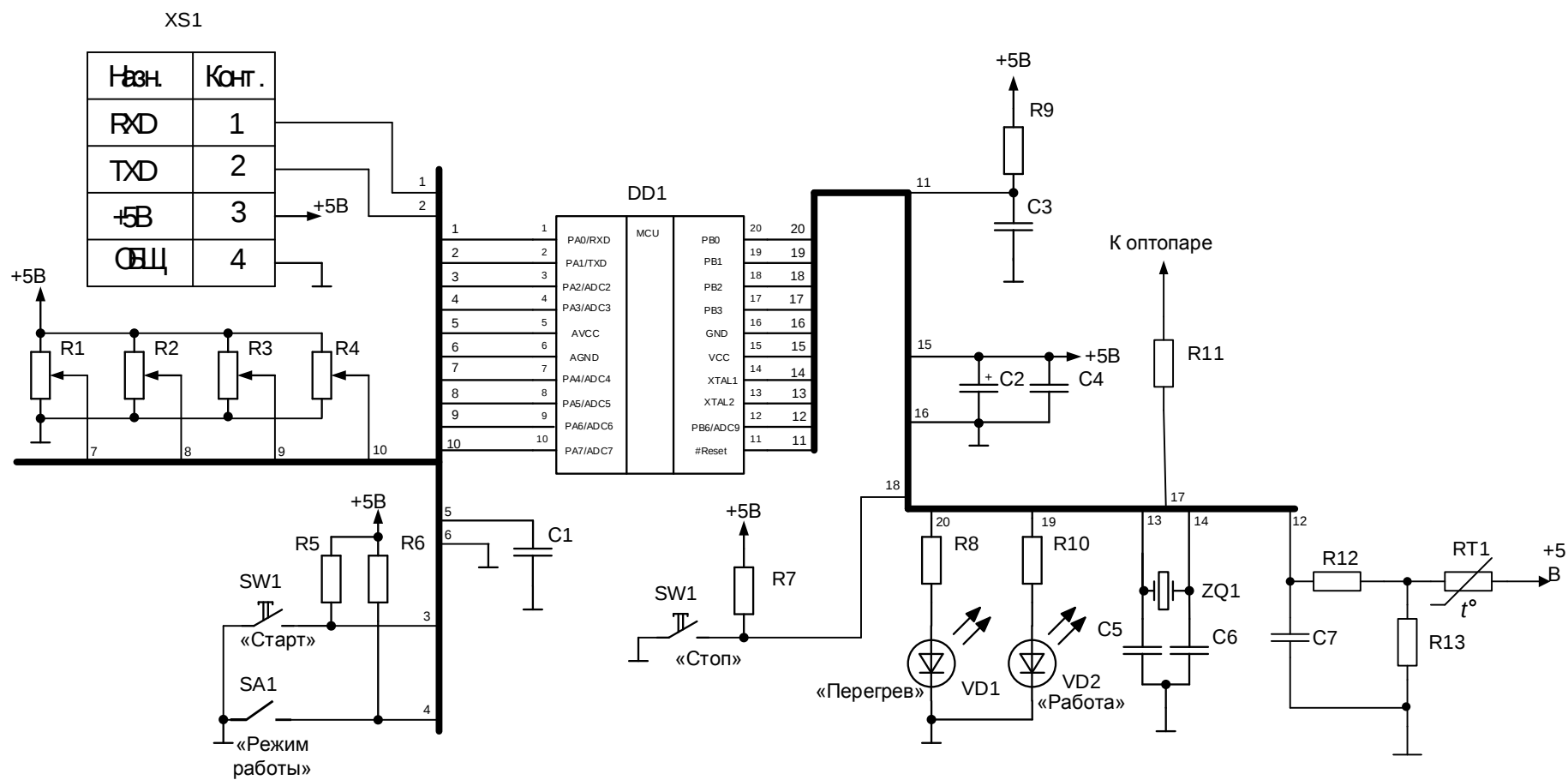


Рисунок 14 – Схема подключения периферии к микроконтроллеру

Схему питания организуем на основе линейного стабилизатора напряжения. Понижение сетевого напряжения до низкого уровня производим низкочастотным линейным трансформатором, переменное напряжение с которого будем подавать на выпрямительный диодный мост, к выходу которого подключим стабилизатор напряжения с выходным значением +5В, которое будем использовать для питания низковольтной части схемы во главе с микроконтроллером. Схема источника питания показана на рисунке 15.

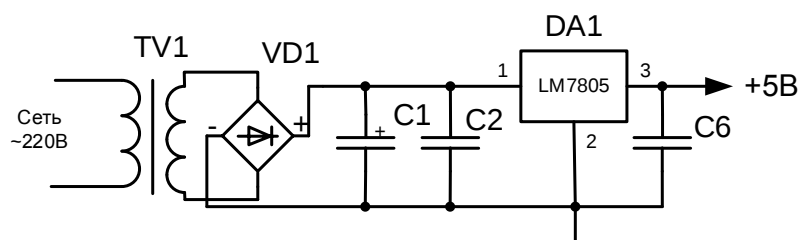


Рисунок 15 – Схема источника питания

Для подключения размагничивающего электромагнита к питающему сетевому напряжению используем коммутирующую цепь на основе управляемого симистора. Его включение будем осуществлять с помощью симисторной оптопары, подключаемой к микроконтроллеру. Схема коммутатора показана на рисунке 16.

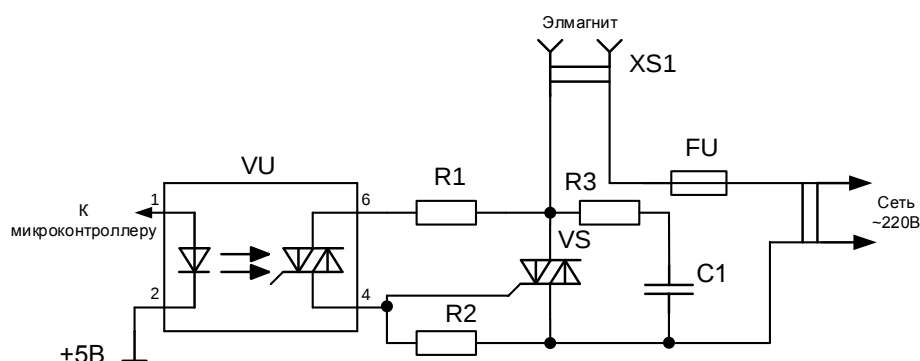


Рисунок 16 – Схема тиристорного коммутатора

Таким образом, результирующая схема всего устройства выглядит так, как на 17 рисунке показано.

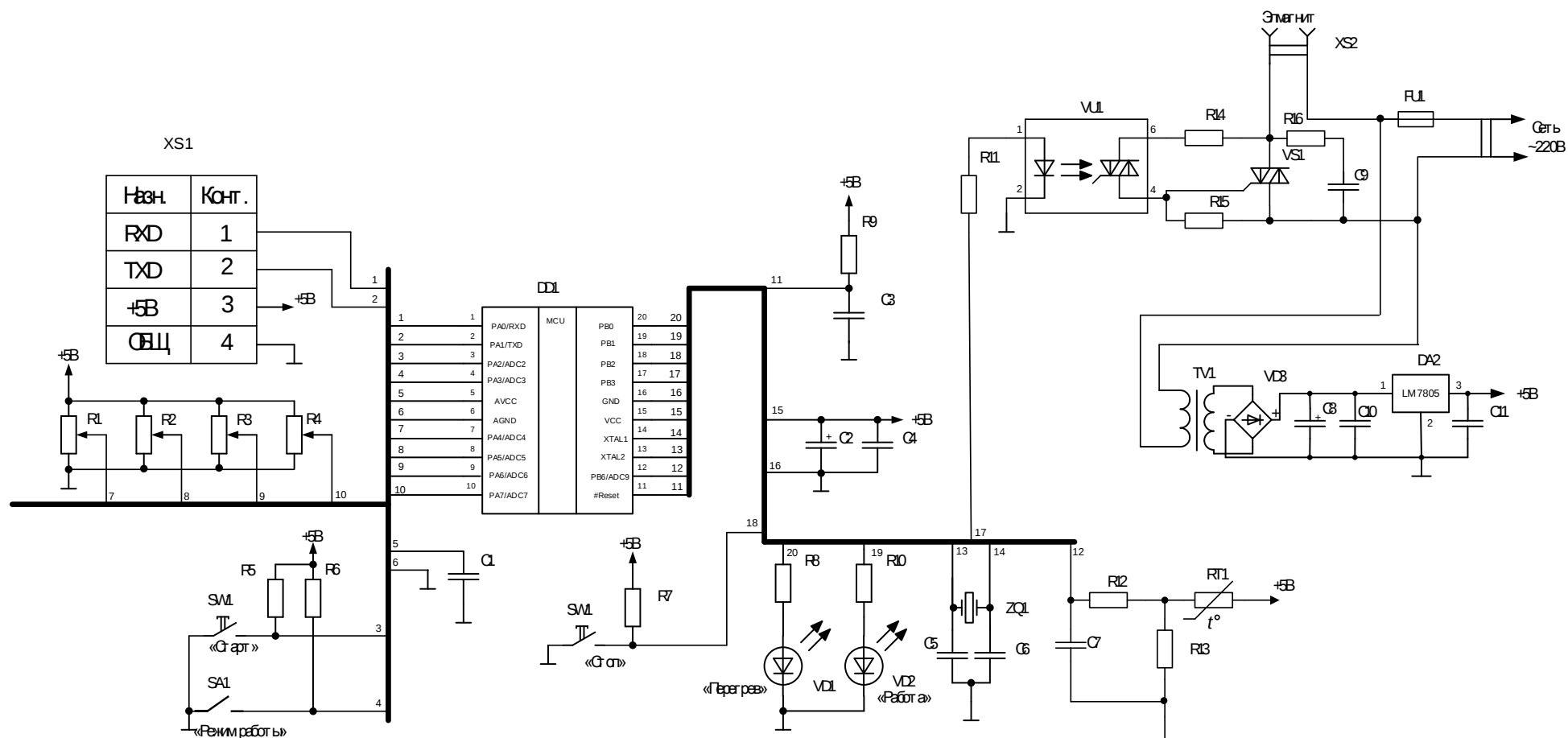


Рисунок 17 – Полная схема программируемого генератора тока для размагничивателя

## 4.2 Выбор элементов и расчет их параметров

Произведем выбор элементов и расчет их параметров в случае необходимости.

Для периферии микроконтроллера будем использовать обозначения в соответствии с рисунком 4.2.

Переменные резисторы R1-R4 выбираем с учетом минимизации потерь на них при протекании тока. При этом, конструктивно, эти резисторы должны быть с ручкой для вращения ротора резистора. Выберем полное сопротивление резисторов равным 10 кОм. Тогда при подключении их крайних выводов к источнику питания +5В, через резисторы будет протекать ток:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{10 * 10^3} = 0.5\text{мА},$$

Тогда мощность, выделяемая на них

$$P = I^2 R = (0.5 * 10^{-3})^2 * 10 * 10^3 = 2,5 \text{ мВт}$$

Таким образом, можно выбирать переменные резисторы с мощностью рассеяния от 0,125 Вт.

Выберем в качестве переменных резисторов R1-R4 резисторы 16K - A10K 1 КС 10кОм±10% .

Резисторы R5,R6 выполняют функцию «подтягивания» напряжения на выводе микроконтроллера к уровню напряжения питания питания, т.е. к уровню логической единицы когда ключи (кнопка SW1 или тумблер SA1) разомкнуты. Их сопротивление принимаем равным 1 кОм, а мощность рассеяния 125 мВт.

В качестве резисторов R5,R6,R7 выбираем резисторы NTM 0805-0,063-1 кОм±5%.

Будем считать , что светодиоды, индицирующие режимы работы могут устанавливаться при разработке конструкции устройства и на внешней

панели корпуса прибора, а не только на печатной плате, поэтому выберем круглые светодиоды диаметром 3 мм с гибкими выводами. В качестве светодиода VD1 «Перегрев» выберем светодиод красного свечения GNL-3012HD[15], у которых прямое падение напряжения во включенном состоянии 2.1В. Ток во включенном состоянии до 20 мА. В качестве светодиода VD2 «Работа» выберем светодиод зеленого свечения GNL-3012GD [15]. Он имеет прямое падение напряжения во включенном состоянии 2.1В и ток 20 мА.

Резисторы R8,R10 выполняют функции ограничения тока через светодиоды и выходные цепи микроконтроллера, перераспределяя падения напряжения между собой и светодиодами.

Примем ток светодиодов равным 10 мА. Тогда можно подобрать сопротивления резисторов R8,R10 следующим образом.

Считаем выходное напряжение микроконтроллера равным 4В в состоянии логической «1». Тогда к токоограничивающим резисторам должно прикладываться напряжение

$$U_{R8,R10} = 4.0 - 2.1 = 1.9 \text{ В}$$

Сопротивления резисторов в этом случае должно быть не меньше

$$R8 = R10 = \frac{1.9}{10 * 10^{-3}} = 190 \text{ Ом}$$

Принимаем R8=R10=210 Ом и выбираем резисторы NTM 0805-0,063-210 Ом±5%.

Резистор R9 подтягивает напряжение на входе сброса #Reset микроконтроллера к уровню логической единицы и по рекомендациям производителя его сопротивление принимаем равным 10кОм. Выбираем в качестве R9 NTM 0805-0,063-10 кОм±5%.

Сопротивление резистора R11 выбираем равным 210 Ом, а тип резистора NTM 0805-0,063-210 Ом±5%.

Измерение температуры будет осуществляться датчиком RT1 , в качестве которого выбираем NTC10K-3950 с напряжением питания 5В. Его характеристика приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика сопротивления датчика температуры от значения температуры

| Tx (°C) | 阻值(KΩ)   | Tx (°C) | 阻值(KΩ)  | Tx (°C) | 阻值(KΩ) | Tx (°C) | 阻值(KΩ) |
|---------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| -30     | 200.2039 | 15      | 15.8371 | 60      | 2.4862 | 105     | 0.6064 |
| -29     | 187.3164 | 16      | 15.1039 | 61      | 2.3995 | 106     | 0.5899 |
| -28     | 175.3536 | 17      | 14.4092 | 62      | 2.3163 | 107     | 0.5740 |
| -27     | 164.2428 | 18      | 13.7510 | 63      | 2.2365 | 108     | 0.5586 |
| -26     | 153.9176 | 19      | 13.1270 | 64      | 2.1599 | 109     | 0.5436 |
| -25     | 144.3169 | 20      | 12.5353 | 65      | 2.0864 | 110     | 0.5291 |
| -24     | 135.3851 | 21      | 11.9741 | 66      | 2.0157 | 111     | 0.5151 |
| -23     | 127.0710 | 22      | 11.4415 | 67      | 1.9479 | 112     | 0.5016 |
| -22     | 119.3276 | 23      | 10.9360 | 68      | 1.8827 | 113     | 0.4884 |
| -21     | 112.1120 | 24      | 10.4559 | 69      | 1.8201 | 114     | 0.4757 |
| -20     | 105.3847 | 25      | 10.0000 | 70      | 1.7598 | 115     | 0.4633 |
| -19     | 99.1093  | 26      | 9.5668  | 71      | 1.7019 | 116     | 0.4514 |
| -18     | 93.2524  | 27      | 9.1551  | 72      | 1.6463 | 117     | 0.4398 |
| -17     | 87.7834  | 28      | 8.7636  | 73      | 1.5927 | 118     | 0.4285 |
| -16     | 82.6740  | 29      | 8.3913  | 74      | 1.5412 | 119     | 0.4177 |
| -15     | 77.8981  | 30      | 8.0371  | 75      | 1.4917 | 120     | 0.4071 |
| -14     | 73.4319  | 31      | 7.7001  | 76      | 1.4440 | 121     | 0.3968 |
| -13     | 69.2531  | 32      | 7.3793  | 77      | 1.3981 | 122     | 0.3869 |
| -12     | 65.3415  | 33      | 7.0738  | 78      | 1.3539 | 123     | 0.3773 |
| -11     | 61.6781  | 34      | 6.7828  | 79      | 1.3113 | 124     | 0.3679 |
| -10     | 58.2457  | 35      | 6.5055  | 80      | 1.2703 | 125     | 0.3588 |
| -9      | 55.0282  | 36      | 6.2413  | 81      | 1.2308 | 126     | 0.3500 |
| -8      | 52.0106  | 37      | 5.9894  | 82      | 1.1928 | 127     | 0.3415 |
| -7      | 49.1794  | 38      | 5.7492  | 83      | 1.1561 | 128     | 0.3332 |
| -6      | 46.5218  | 39      | 5.5201  | 84      | 1.1208 | 129     | 0.3251 |
| -5      | 44.0260  | 40      | 5.3015  | 85      | 1.0867 | 130     | 0.3173 |
| -4      | 41.6813  | 41      | 5.0928  | 86      | 1.0538 | 131     | 0.3097 |
| -3      | 39.4773  | 42      | 4.8936  | 87      | 1.0221 | 132     | 0.3023 |
| -2      | 37.4049  | 43      | 4.7034  | 88      | 0.9915 | 133     | 0.2951 |
| -1      | 35.4554  | 44      | 4.5217  | 89      | 0.9620 | 134     | 0.2882 |
| 0       | 33.6206  | 45      | 4.3481  | 90      | 0.9336 | 135     | 0.2814 |
| 1       | 31.8931  | 46      | 4.1822  | 91      | 0.9061 | 136     | 0.2748 |
| 2       | 30.2660  | 47      | 4.0236  | 92      | 0.8796 | 137     | 0.2684 |
| 3       | 28.7328  | 48      | 3.8720  | 93      | 0.8540 | 138     | 0.2622 |
| 4       | 27.2875  | 49      | 3.7269  | 94      | 0.8292 | 139     | 0.2562 |
| 5       | 25.9246  | 50      | 3.5882  | 95      | 0.8054 | 140     | 0.2503 |
| 6       | 24.6387  | 51      | 3.4554  | 96      | 0.7823 | 141     | 0.2446 |
| 7       | 23.4251  | 52      | 3.3283  | 97      | 0.7600 | 142     | 0.2390 |
| 8       | 22.2793  | 53      | 3.2066  | 98      | 0.7385 | 143     | 0.2336 |
| 9       | 21.1971  | 54      | 3.0901  | 99      | 0.7176 | 144     | 0.2284 |
| 10      | 20.1746  | 55      | 2.9784  | 100     | 0.6975 | 145     | 0.2233 |
| 11      | 19.2080  | 56      | 2.8715  | 101     | 0.6781 | 146     | 0.2183 |
| 12      | 18.2941  | 57      | 2.7690  | 102     | 0.6592 | 147     | 0.2134 |
| 13      | 17.4296  | 58      | 2.6707  | 103     | 0.6410 | 148     | 0.2087 |

Датчик включается в плечо делителя напряжения на R12, R13 (рисунок 4.2) при этом конденсатор C7 используется для фильтрации пульсаций напряжения на термодатчике.

Сопротивление резистора R12 принимаем равным 1 кОм, а резистора R13 – 2 кОм. В качестве резисторов выбираем:

R12 - NTM 0805-0,063-1 кОм $\pm$ 5%.

R13 - NTM 0805-0,063-2 кОм $\pm$ 5%.

Для адекватного измерения температуры необходимо на программном уровне учитывать характер изменения сопротивления резистора через напряжение, поступающее на вход микроконтроллера.

Выбор элементов для источника питания на рисунке 4.3 начнем с трансформатора. Поскольку он питает микроконтроллер и обеспечивает превышение поступающей в схему мощности над потерями в активных элементах. В соответствии с данными производителя микроконтроллер потребляет в пике до 200 мА. Если считать напряжение питания равным 5 В, то потребляемая мощность будет равняться 1 Вт. В сумме с мощностью, рассеиваемой на постоянных резисторах, эта величина будет не более 1,5 Вт. Соответственно, мощность трансформатора должна быть не менее 2 Вт.

Выбираем трансформатор ТП112-3, имеющий следующие параметры[8]:

Напряжение вторичной обмотки в режиме холостого хода – 11 В.

Напряжение вторичной обмотки в режиме номинальной нагрузки – 8,5В.

Ток номинальной нагрузки – 0,84А

Номинальная мощность – 7 Вт

Основные размеры трансформатора показаны на рисунке 18.

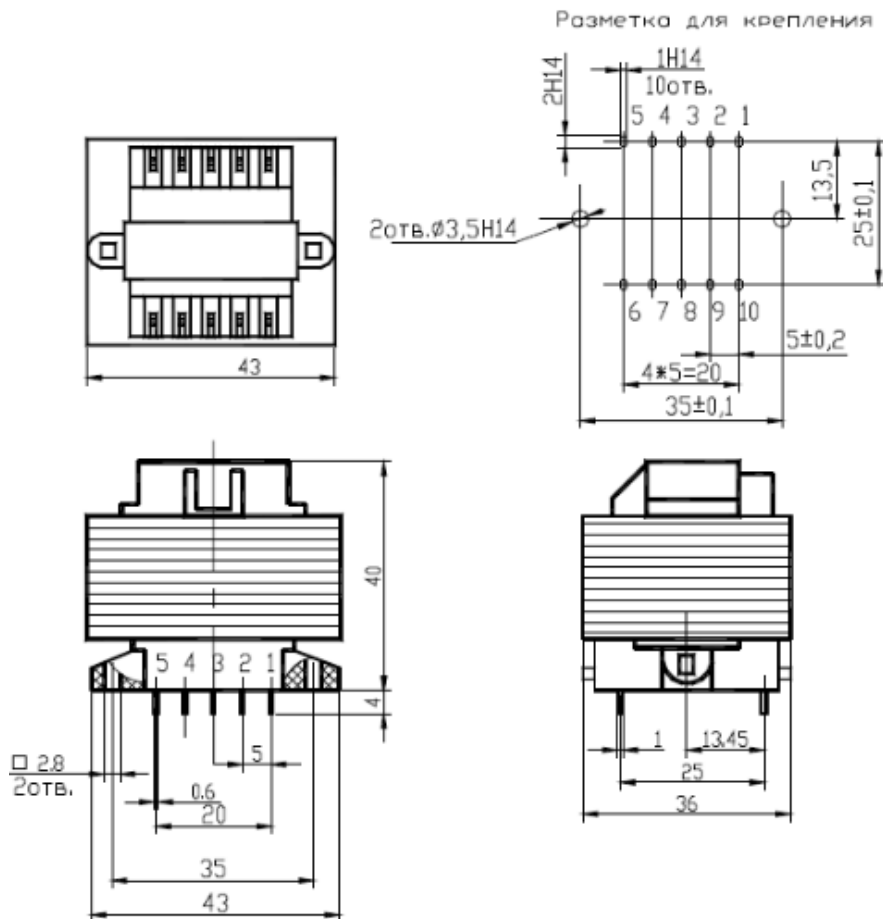


Рисунок 18 – Внешний вид и размеры трансформатора ТП-112

Выпрямление пониженного напряжения будет выполнять диодный мост VD1. Его выбираем на обратное напряжение, которое должно быть не ниже, чем действующее значение напряжения вторичной обмотки на холостом ходу:

$$U_{2xx} \sqrt{2} = 11 * \sqrt{2} = 15,6 \text{ В.}$$

Выбираем в качестве диодного моста DB107, имеющий следующие характеристики:

Прямой максимальный ток = 1 А, максимальное  $U_{обр} = 1000 \text{ В}$ , максимальное прямое падение напряжения 1.1 В.

После выпрямительного моста выходное напряжение равняется

$$U_{выпрхх} = U_{2xx} - 2U_{прmax} = 11 - 2 * 1.1 = 8,8 \text{ В}$$

Под нагрузкой:

$$U_{\text{выпр}} = U_2 - 2U_{\text{прmax}} = 8,5 - 2 * 1.1 = 6,3 \text{ В}$$

После трансформатора по схеме стоит электролитический сглаживающий конденсатор С1. Его емкость ищется как

$$C = \frac{3200I}{U_n \cdot K_p}$$

где I – максимальный потребляемый ток от преобразователя,  $U_n$  – напряжение на входе стабилизатора,  $K_p$  – допустимый коэффициент пульсаций.

Принимаем  $K_p=0,04$ , а также  $I=0,25\text{А}$  и  $U_n=8,4\text{В}$ , найдем:

$$C=3200*0,25/(8,4*0,04)=2380 \text{ мкФ}$$

Принимаем емкость конденсатора из ряда Е6 и выбираем в его качестве конденсатор К50-35, с емкостью 3300мкФ, на напряжение 25В.

В качестве элемента, стабилизирующего питающее напряжение, выбираем LM7805. Его входное напряжение может менять в диапазоне до 40В и имеет точность стабилизации 2%. Конденсаторы С2 и С6 фильтруют высокочастотные пульсации в кривой напряжения на входе и выходе стабилизатора соответственно. Их емкости, в соответствии с рекомендациями производителя выбираем равными  $C2=0,33 \text{ мкФ}$  и  $C6=0,1 \text{ мкФ}$ .

Тиристорный коммутатор строится на двух основных элементах: симисторной оптопаре, выполняющей гальваническую развязку низковольтных цепей микроконтроллера и силовом симисторе, собственно подключающем электромагнит к питающей сети.

В качестве оптопары выберем симисторную оптопару МОС3041 [22], имеющий следующие параметры.

Максимальное напряжение на выходных контактах в закрытом состоянии = 400В.

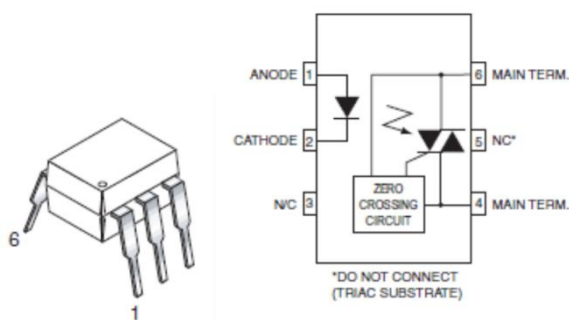
Прямой входной ток через светодиод оптопары = 15 мА.

Прямое входное напряжение = 3В

Единичный импульс тока – до 1 А.

Данная оптопара обладает свойством детектирования перехода через ноль напряжения нагрузки. Выходной тиристор оптопары открывается только в момент перехода сетевого напряжения через ноль.

Внешний вид корпуса оптопары и внутренняя структура показаны на рисунке 19 (а,б)



а)

б)

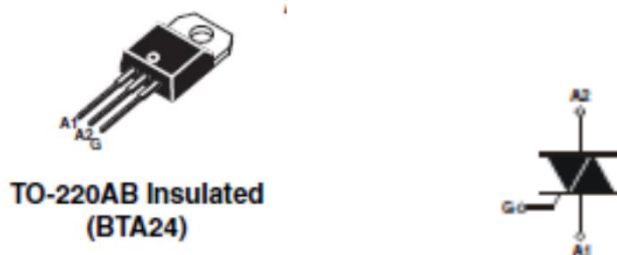
а) внешний вид корпуса оптопары MOC3041,

б) внутренняя структура оптопары MOC3041.

Рисунок 19 – Внешний вид корпуса оптопары

В качестве силового тиристора VS выбираем тиристор BTA24.

Он имеет максимально допустимый ток 20А, максимальное напряжение в закрытом состоянии 800В, и корпус в исполнении TO220AB (показан на рисунке 20 (а – внешний вид корпуса, б – обозначение выводов).



а)

б)

Рисунок 20 – Тиристор BTA24: а) – внешний вид корпуса; б) – условное графическое обозначение с обозначением выводов.

В соответствии с рекомендациями производителя оптопары МOC3041 сопротивления резисторов R1 и R2 принимаем следующими: R1=360 Ом, R2=330 Ом. Резистор R3 берем равным 360 Ом, а емкость конденсатора C1 =0,01 мкФ.

Мощность рассеивания резисторов R1 и R2 берем равной 0,5 Вт, а резистора R3 – 1 Вт.

Выбираем резисторы

R1 - МЛТ-0,5-360±5%;

R2 - МЛТ-0,5-330±5%;

R3 - МЛТ-1,0-360±5%;

Конденсатор СК45-Е3AD103ZYGNA, (конденсатор керамический дисковый, 0.01мкФ, 1 кВ, +80/-20% (Е+20/-55%)) Таким образом подобраны элементы с соответствующими номиналами для рассмотренных схем.

Выводы

Разработана схема электрическая принципиальная, произведен расчет параметров и выполнен выбор элементов схемы.

## 5 Разработка конструкции печатной платы размагничивателя

### 5.1 Конструкция устройства

Будем считать, что размагничиватель выполняется в виде отдельного устройства, выполненного в виде прямоугольного, корпуса к которому прикреплен магнит. Силовой электромагнит магнит подсоединяется к печатной плате с помощью разъемного соединения. На печатной плате выполнена схема, показанная на рисунке 4.5. Она содержит микроконтроллер с периферией, модуль питания на трансформаторе и стабилизаторе напряжения, модуль коммутации на тиристоре и развязывающем тиристорном оптроне. При этом, будем считать, что индикаторные светодиоды, тумблеры и кнопки управления располагаются не на печатной плате, а крепятся на корпус прибора. Переменные резисторы установим на краю печатной платы с одной стороны с движками, обращенными наружу.

### 5.2 Разработка печатной платы устройства

Для изготовления печатной платы будем изготавливать стеклотекстолит фольгированный двухсторонний толщиной 1,5 мм СФ-2-35-1,5. Его параметры представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры стеклотекстолита СФ-2-35-1,5

| Марка       | Электрические параметры фольгированного стеклотекстолита |                       |                                                  |                                          |
|-------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|
|             | Толщина изоляции d, мм                                   | Толщина фольги h, мкм | Максимальная плотность тока J, А/мм <sup>2</sup> | Удельное сопротивление изолятора ρ, Ом/м |
| СФ-2-35-1.5 | 1,5                                                      | 35                    | 4                                                | $1,2 \cdot 10^9$                         |

Схема состоит из информационных и силовых элементов, причем количество информационных элементов доминирует над силовыми. Поэтому при разводке печатной платы установим преобладающую ширину проводников равной 0,4 мм, расстояние между дорожками – 0,2 мм. А дорожки, относящиеся к силовой части схемы разведем дополнительно с учетом необходимой ширины непосредственно к разъему силового электромагнита. Дорожки от точек выхода модуля питания и в границах схемы модуля питания сделаем равными по ширине 1 мм.

В монтажных и переходных отверстиях будем делать металлизацию. Контактные площадки переходных отверстий сделаем равными диаметром 1 мм.

Учитывая описанные выше параметры, разведем проводники печатной платы в программе AltiumDesigner.

Результаты трассировки показаны на рисунке 21 и 22 для вида сверху и вида снизу на печатную плату.

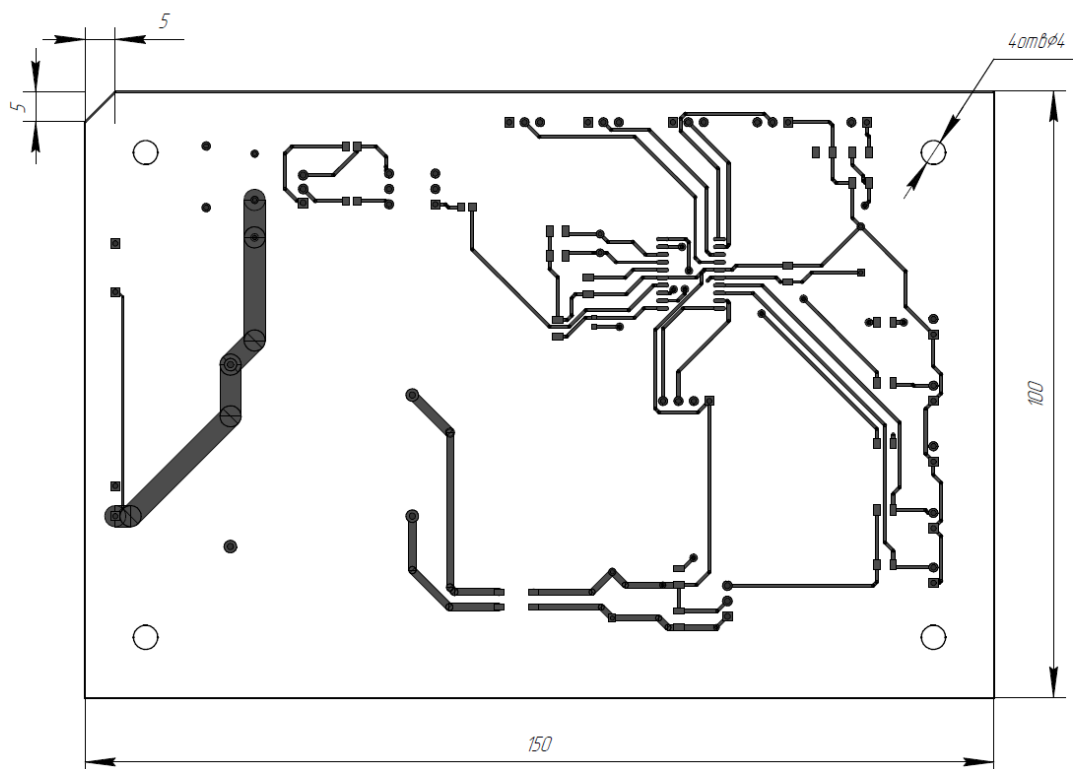


Рисунок 21 – Вид на печатную плату генератора размагничивающего тока  
сверху

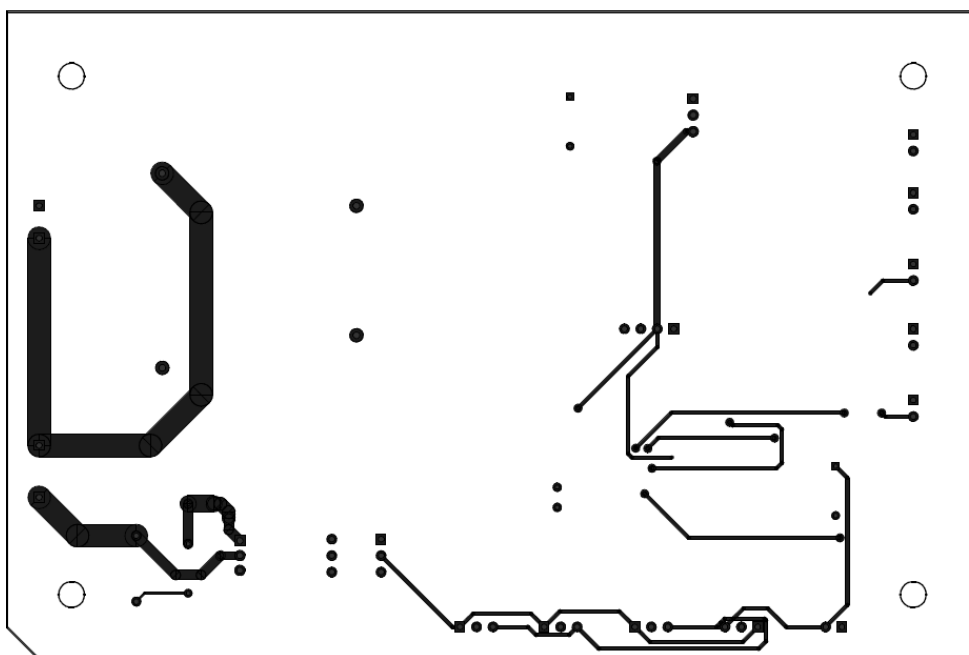


Рисунок 22 – Вид на печатную плату генератора размагничивающего тока  
снизу

### 5.3 Изготовление печатной платы

Печатная плата генератора размагничивающего тока изготавливается химическим способом травлением хлорным железом. Металлизацию отверстий производят электрохимическим способом. Для изоляции участков медной фольги, которые необходимо оставить в качестве токопроводящих дорожек покрывают материалом, стойким к хлорному железу, как правило - лаком.

После травления производят промывку печатной платы. Затем высверливают монтажные и переходные отверстия. После этого дорожки облуживают и наносят припой. Далее плату покрывают лаком, исключая места пайки. В завершение процесса на лак наносится текстово-графическая шелкография, с позиционными обозначениями элементов в соответствии с электрической принципиальной схемой.

На рисунке 23 показано расположение элементов на печатной плате.

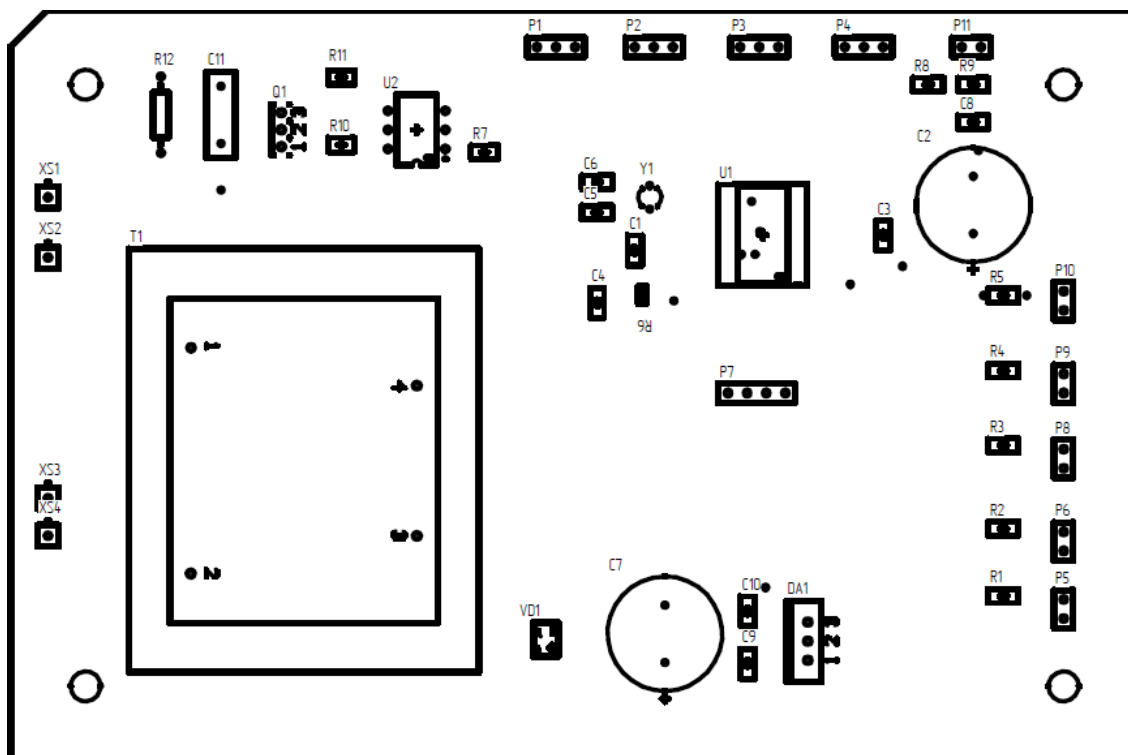


Рисунок 23 – Расположение элементов на печатной плате.

Таким образом, мы разместили все элементы в соответствии с необходимостью.

### Выводы

В разделе разработана конструкция печатной платы, проведена расстановка элементов, определены габаритные размеры получившегося печатного узла. Получены конструкторские документы в соответствии с заданием на ВКР.

## 6. Экономическая часть

Выполним расчет средств, необходимых для приобретения материалов и комплектующих, на основе сведений, доступных на сайтах розничных продавцов на момент написания работы. При этом будем учитывать дискретность минимального объема упаковки таких материалов, как фольгированный стеклотекстолит и хлорное железо

Результаты расчетов с учетом ручной технологии пайки занесем в таблицу 4.

Таблица 4 – Затраты на материалы для изготовления печатной платы генератора размагничивающего тока.

| Материал                     | Марка                               | ГОСТ, ТУ             | Ед. изм. | Норма расхода шт. | Цена за единицу (руб.) | Затраты (руб.) |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------|-------------------|------------------------|----------------|
| Флюс                         | Спиртовой раствор сосновой канифоли | 19113-84             | шт.      | 1                 | 25                     | 25             |
| Припой                       | ПОС60                               | 48-0220-57-93        | шт.      | 1                 | 90                     | 90             |
| Стеклотекстолит 2х-сторонний | СФ-2-35-1,5                         | 10316-78             | шт.      | 1                 | 62                     | 62             |
| Хлорное железо               | FeCl <sub>3</sub>                   | 6-00-05763458-129-91 | шт.      | 1                 | 68                     | 68             |
| Итого                        |                                     |                      |          |                   |                        | 245            |

Стоимость узлов и элементов свели в таблицу 5.

С учетом транспортно-заготовительных расходов суммарная стоимость покупных изделий:

$$C_{покуп} = \sum_{i=1}^n S_{покуп} \cdot (1 + K_{тз}) ,$$

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

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

$S_{\text{покуп}} = 1078 \cdot (1 + 0,04) = 1121,12$  руб.

Таблица 5 – Стоимость покупных узлов и элементов

| Наименование изделия | Марка, размер               | Количество, шт. | Цена за единицу (руб.) | Затраты (руб.) |
|----------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------|----------------|
| Микросхемы           | (Microchip) AT Tiny 87      | 1               | 210                    | 210            |
|                      | LM7805                      | 1               | 50                     | 50             |
|                      | МОС3041                     | 1               | 25                     | 25             |
| Диоды                | DB107                       | 1               | 18                     | 18             |
| Резисторы            | NTM 0805-0,063-1 кОм±5%     | 13              | 1,0                    | 13             |
|                      | МЛТ-0,5-360±5%              | 2               | 2                      | 4              |
|                      | МЛТ-1,0-360±5%              | 1               | 2                      | 2              |
| Конденсаторы         | K50-35 - 2000мкФ - 25В ±20% | 1               | 200                    | 200            |
|                      | Y5V - 0.1мкФ - 50В -+80-20% | 2               | 2                      | 4              |
|                      | CK45-E3AD103ZYGNA           | 1               | 15                     | 15             |
|                      | Y5V - 68пФ - 50В -+80-20%   | 2               | 2                      | 4              |
| Светодиоды           | GNL-3012HD                  | 1               | 5                      | 5              |
|                      | GNL-3012GD                  | 1               | 5                      | 5              |
| Терморезистор        | NTC10K-3950                 | 1               | 15                     | 15             |
| Трансформатор        | ТП112-3                     | 1               | 120                    | 120            |
| Тиристор             | ВТА24                       | 1               | 140                    | 140            |
| Провода              | SG6301, 3м                  | 3м              | 1,0р/м                 | 3              |
| Итого                |                             |                 |                        | 833            |

В результате определили, что затраты на приобретение материалов, узлов и элементов для изготовления одного экземпляра печатного узла генератора тока размагничивателя равняются 1121,12 руб.

#### Выводы

В разделе проведен расчет стоимости комплектующих для изготовления печатного узла размагничивателя.

## **7 Безопасность и экологичность работы**

В этом разделе определим опасные и вредные производственные факторы.

На персонал, выполняющий работы по монтажу, сборке и отладке действует ряд вредных и опасных производственных факторов. Это - повышенная загазованность и запыленность рабочих пространств; высокий и опасный уровень напряжения в электрических сетях; электромагнитные излучения, а также статическую нагрузку на тело человека.

Во время пайки рабочий персонал потенциально может вдыхать испарения флюсов, пары припоев, включающие в себя свинец, окись углерода и другие вредные и опасные элементы. При этом состав испаряющихся веществ определяется в каждом конкретном случае видом флюса и припоя. Обычно, считают, что припои являются токсичными. Влияние на организм человека этих веществ, зачастую вызывает острые или хронических профессиональные заболевания или отравления.

Кроме этого, во время монтажа схем, персонал может подвергнуться влиянию таких факторов, как поражение электрическим напряжением или статическим электричеством, поражение химическими веществами, при нарушении герметизации приборов содержащих опасные вещества. Также имеется возможность травм при работе со специнструментом, например, порезы и уколы о режущую кромку инструмента, такого как кусачки, монтажные ножи и т.п., ожогов расплавленным припоем или паяльником, порезов и уколов об острые части элементов схем. Кроме этого, на организм человека действуют вредные вещества из дыма, возникающего при монтаже элементов.

Таблица 6 – Перечень опасных и вредных факторов производства

| Наименование опасного и вредного производственного фактора | Виды работ, оборудование, технологические операции при которых встречается данный производственный фактор                                                                      |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Поражение химическими веществами                           | Пайка (аэрозоль флюс и припой), травление печатных плат (раствор хлорного железа)<br>нарушение герметизации приборов (электролитические конденсаторы)                          |
| Поражение электрическим током и статическим электричеством | Изготовление электронных схем. электрооборудование (неисправности, повышенные значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека) |
| Ожоги                                                      | Пайка (ожоги раскаленным припоем и паяльником)                                                                                                                                 |
| Порезы и уколы                                             | Изготовление печатных плат, монтаж элементов (острые части элементов схем)                                                                                                     |

### Выводы

В разделе определили перечень основных опасных и вредных факторов, связанных с изготовлением печатного узла размагничивателя.

## **Заключение**

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработана принципиальная электрическая схема программируемого генератора тока для размагничивателя технологической оснастки, работающая в соответствии с заданным временным профилем, состоящим из интервала времени увеличения амплитуды напряжения, а следовательно тока и магнитного поля в размагничивателе, интервала времени с максимальным значением магнитного поля, а также интервала времени с уменьшающейся величиной напряженности магнитного поля.

Составлен алгоритм работы всего устройства, включая работу микроконтроллера, датчиков, алгоритм опроса датчиков и реакции на их значения и оформлен в виде графической блок-схемы. Составленная блок-схема алгоритма функционирования устройства значительно облегчит в реальных проектах работу специалиста по программированию микроконтроллеров.

На основании данных задания на ВКР, алгоритма работы, необходимых для управления параметрами определены необходимые органы управления размагничивателем для работы оператора. Предполагается, что конструктивно эти органы управления будут находиться на стенках корпуса всего размагничивателя.

Разработана печатная плата устройства с использованием специализированного программного пакета Altium Designer. Размещены элементы на поверхности печатной платы, выбран способ изготовления в виде химического травления проводящего медного слоя. Сквозные отверстия, выполненные методом сверления должны быть металлизированы для улучшения электрического контакта между выводами элементов и проводящими областями на плате.

Определена стоимость комплектующих узлов и элементов системы на момент выполнения бакалаврской работы.

## Список используемой литературы

1. Андреев Ю.Н., Антонян А.И., Иванов Д.М. и др.; Под ред. И.И. Четверткова Резисторы(справочник) – М. Энергоиздат, 1981.- 352 с.
2. Берзан В. П., Геликман М. Ю.. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 656 с.: ил.
3. Масленников М.Ю., Соболев Е.А. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база. Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 298 с
4. Оганесян А. Т. Режим работы размагничивающего устройства для постоянных магнитов // Известия вузов. Электромеханика. 2013. Т. 4
5. Оганесян А., Питкевич Г. Структура и принцип работы размагничивающей установки // Силовая электроника, № 2, 2017.
6. Седалищев В.Н., Физические основы получения информации: учебное пособие/Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014.- Ч.1. Генераторные и параметрические измерительные преобразователи. – 283с. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. М.: Изд-во стандартов, 1979. 18 с.
7. Сидоров И. Н., Мукосеев В. В., Христинин А. А.. Малогабаритные трансформаторы и дроссели. – М.: Радио и связь, 1985. – 416 с., ил.
8. Трансформатор ТП-112. Справочные данные // <https://www.chipdip.ru/product/tp112-3>
9. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники, 2011. – 593 с.
10. Шпак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров.- К.: «МК-Пресс», 2006. – 400 с.
11. Щербинин В. Е. Магнитный контроль качества металлов / В. Е. Щербинин, Э. С. Горкунов / УрОРАН. Екатеринбург, 1996. 263 с.
- 12.AVR® Microcontroller Hardware Design Considerations. AN2519. DS00002519B // Application Note. Microchip Technology 2018

13. DS40002167A. ATtiny87/167. tinyAVR® Data Sheet // Microchip Technology Inc. 2020 // <https://www.microchip.com/en-us/product/ATTINY87>
14. Getting Started with General Purpose Input/Output (GPIO). TB3229. DS90003229B // Technical Brief. Microchip Technology Inc. 2021
15. GNL-3012xx (3mm ROUND TYPE) Standard Brightness. // G-NOR OPTOELECTRONICS Co.,Ltd.
16. <http://ooobskspetsavia.ru/2015/11/07/razmagnichivanie-detalej/> Размагничивание деталей // интернет ресурс посвященный авиации и технологическим процессам в авиастроении.
17. <http://slovari.yandex.ru/dict/bse>
18. <https://helpiks.org/1-122556.html> / Размагничивание деталей // интернет ресурс посвященный электротехническим устройствам.
19. <https://www.copydisk.ru/erasers.html> // интернет ресурс производителя-продавца размагничивающих устройств
20. <https://www.kobalt-tools.ru/product/namagnichivatel-kobalt-dlya-otvertok-i-bit-1-sht-blister/> // интернет магазин электротехнического оборудования
21. <https://xn--80agpnh5a4d.su/goods/Razmagnichivatel-100-vatt> // интернет ресурс производителя-продавца размагничивателей технологической оснастки.
22. MOC303XM, MOC304XM Rev1.6. Fairchild Semiconductor Corporation // [www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)
23. Radial Lead RF Chokes. REV. 06/07 // [www.bourns.com](http://www.bourns.com)
24. [www.atmel.com](http://www.atmel.com) // интернет ресурс производителя электронных компонентов [www.chipdip.ru](http://www.chipdip.ru) - Интернет-сервер электронных компонентов и приборов. Интернет-магазин, описание, техническая документация на электронные компоненты.
25. [www.chipdip.ru](http://www.chipdip.ru) - Интернет-сервер электронных компонентов и приборов. Интернет-магазин, описание, техническая документация на электронные компоненты.

26. [www.chipinfo.ru](http://www.chipinfo.ru) – Интернет-сервер поиска электронных компонентов и радиодеталей.
27. [www.cxem.net](http://www.cxem.net) // интернет ресурс, посвященный электронике и микроконтроллерам
28. [www.gaw.ru](http://www.gaw.ru) // интернет ресурс, посвященный электронике и микроконтроллерам
29. [www.platan.ru](http://www.platan.ru) – Интернет-сервер электронных компонентов и измерительной техники. Интернет-магазин, электронные компоненты, техническая информация.
30. [www.radiokot.ru](http://www.radiokot.ru) // интернет ресурс, посвященный электронике и микроконтроллерам