

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 Лабораторный стенд для изучения светодиодов

Обучающийся

И. Ф. Гареев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А. В. Прядилов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Объем 59 с., 54 рис., 3 табл., 23 источника
СВЕТОДИОД, СВЕРХЯРКИЙ СВЕТОДИОД, ЛАБОРАТОРНЫЙ
СТЕНД.

Объектом исследования является лабораторный стенд для изучения светодиодов.

Цель работы: разработка лабораторного стенда для изучения сверх ярких светодиодов.

Задачи работы:

- выбор изучаемых светодиодов,
- разработка структурной схемы,
- разработка электрической принципиальной схемы,
- расчет схемы и выбор элементов,
- разработка конструкции стенда.

Данные задачи решены в 6 главах работы.

Степень внедрения: теоретически рассчитаны параметры системы, разработана схема и выбраны элементы, разработана конструкция стенда и создана его 3д модель.

В данной работе происходит разработка лабораторного стенда для изучению сверх ярких светодиодов. Социальный эффект разработки лабораторного стенда состоит в облегчении изучения сверхъярких светодиодов, проверке на практике их свойств. Разработки подобных лабораторных стендов также дает предпосылки для дальнейшего более углубленного изучения сверхъярких светодиодов.

Abstract

The title of the graduation work is «Laboratory stand for the study of LED».

The senior paper consists of an introduction, 5 parts, a conclusion, 54 picture, 3 tables, list of references including 6 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The object of the study is a laboratory stand for studying LEDs.

The purpose of the work: to develop a laboratory stand for the study of ultra-bright LEDs.

- selection of LEDs to be studied,
- development of a block diagram,
- development of an electrical circuit diagram,
- calculation of the scheme and selection of elements,
- design of the stand.

The degree of implementation: the system parameters are theoretically calculated, the scheme is developed and the elements are selected, the design of the stand is developed and its 3d model is created. The scope of this work is use in everyday life.

In this work, a laboratory stand is being developed for the study of ultra-bright LEDs. The social effect of developing a laboratory stand is to facilitate the study of ultra-bright LEDs, and to test their properties in practice. The development of such laboratory stands also provides prerequisites for further in-depth study of ultra-bright LEDs.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Общие сведения о сверхъярких светодиодах.....	7
1.2 Области применения и устройство сверхъярких светодиодов	7
1.3 Выбор светодиодов	8
2 Разработка структурной схемы стенда	14
3 Выбор измерительной аппаратуры	15
3.1 Выбор амперметра	15
3.2 Выбор шунта.....	18
3.4 Выбор люксметра.....	22
4 Разработка и расчет электрической принципиальной схемы.....	24
4.1 Питание	24
4.2 Выбор стабилизаторов.....	24
4.3 Ток потребления схемы	26
4.4 Выбор диодного моста	26
4.5 Выбор трансформатора	27
4.6 Выбор конденсаторов	28
4.7 Расчет перегрева элементов	35
4.8 Расчет токоограничивающего резистора.....	39
4.11 Выбор переключателя светодиодов	48
4.12 Выбор предохранителя.....	49
4.13 Выбор кнопки включения	50

5 Разработка конструкции стенда.....	51
5.1 Выбор корпуса.....	51
5.2 Планировка расположения элементов стенда в корпусе	52
5.3. Выбор вспомогательных элементов.....	63
5.4 Безопасность и экологичность при изготовлении и эксплуатации стенда.....	64
5.5 Порядок работы со стендом.....	65
Заключение	67
Список используемой литературы	68

Введение

Сверхъяркие светодиоды получают все большее распространение в различных областях быта и промышленности. Сегодня сверхъяркие светодиоды не имеют аналогов по надежности, экономичности, долговечности и световым характеристикам и являются очень перспективным направлением развития науки и техники.

Led светодиоды (light emitting diode - излучающий свет диод), в том числе светодиоды smd быстро получили самое широкое распространение. Благодаря им освещение стало компактным, экономичным, безопасным и долговечным.

Чтобы лучше понять принцип действия, характеристики, закономерности, по которым меняются эти характеристики мощных светодиодов и создается лабораторный стенд для изучения сверхъярких светодиодов.

В нем в одной цепи будут присутствовать четыре изучаемых светодиода, вольтметр, амперметр, люксметр. Это позволит получать экспериментальным путем такие характеристики как: зависимость освещенности от силы тока, зависимость освещенности от напряжения, вольтамперная характеристика светодиода.

Полученные характеристики сравниваются с заявленными производителем и друг с другом.

1 Состояние вопроса

1.1 Общие сведения о сверхъярких светодиодах

Светодиоды, заявившие о себе в середине XX века, прошли долгий путь, прежде чем смогли конкурировать с классическими источниками освещения. Дело было в относительно небольшой светоотдаче, которая ограничивала использование светодиодов только для индикации. Вторую волну популярности этой технологии подарило изобретение сверхъярких светодиодов, светоотдача которых во много раз превышала первоначальный вариант. С этого момента сверхъяркие светодиоды стали использоваться как полноценные источники света [1], [7], [10], [11], [12], [13], [20].

Сверхъяркие светодиоды буквально ворвались в нашу жизнь, и, видимо, обосновались надолго. Сегодня сверхъяркие светодиоды не имеют аналогов по надежности, экономичности, долговечности и световым характеристикам и имеют все шансы в будущем вытеснить многие традиционное освещение.

1.2 Области применения и устройство сверхъярких светодиодов

Примеры применения сверхъярких светодиодов показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 - Примеры применения сверхъярких светодиодов

Светодиод разработан на базе полупроводникового диода. На рисунке 2 показана схема и энергетическая диаграмма полупроводникового светодиода.

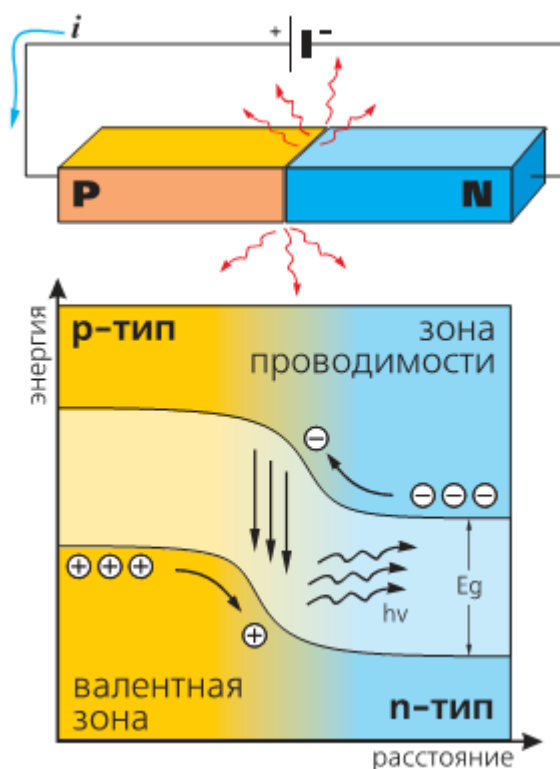


Рисунок 2 - схема и энергетическая диаграмма полупроводникового светодиода

Носители заряда под действием внешнего напряжения переходят в другую зону, где комбинируют с выделением квантов света.

1.3 Выбор светодиодов

Для изучения и сравнения характеристик светодиодов были выбраны 4 светодиода имеющие различные характеристики [4], [5], [19].

Выбор светодиодов осуществлялся исходя из невысокой стоимости и примерно равного диапазона допустимых силы тока и напряжений. Представленные светодиоды от различных производителей, с различными цветовыми температурами, световыми потоками и углами половинной яркости. В ходе эксперимента можно будет сравнить соответствие заявленных характеристик светодиодов производителями и их реальные показатели.

Сверхъяркий светодиод 3HPD1 фирмы Рубикон (рис. 3)



Рисунок 3 - Светодиод 3HPD1

Его основные характеристики:

Максимальный прямой ток	700 мА
Импульсный прямой ток	1400 мА
Рассеиваемая мощность (при $I_f=350\text{мА}$)	1.12 В
Температура перехода	130°C
Рабочая температура	-50...+85°C

Температура хранения	-55...+100°C
Температура пайки	265°C в течении 5 сек
Прямое напряжение (при $I_f=350\text{мА}$)	3.1-3.3 В
Угол половинной яркости	120°
Тепловое сопротивление	5°C/В
Световой поток (при $I_f=350\text{мА}$)	110 Лм
Цветовая температура	3000-4000 К

Сверхъяркий светодиод 2EL-CW фирмы Рубикон (рис. 4)



Рисунок 4 - Сверхъяркий светодиод 2EL-CW

Его основные характеристики:

Максимальный прямой ток	350 мА
Импульсный прямой ток	800 мА
Рассеиваемая мощность	1.15 В
Температура перехода	130°C

Рабочая температура	-45...+70°C
Температура хранения	-50...+100°C
Температура пайки	265°C в течении 5 сек
Падение напряжения (при $I_f=350\text{mA}$)	3.2-3.6 В
Угол половинной яркости	120°
Тепловое сопротивление	8°C/В
Световой поток (при $I_f=350\text{mA}$)	70-110 Лм
Цветовая температура	6000-7500 К

Сверхяркий светодиод kрwh-080-1-70 фирмы Рубикон (рис.5)



Рисунок 5 - Сверхяркий светодиод kрwh-080-1-70

Его основные характеристики:

Максимальный прямой ток	350 мА
Импульсный прямой ток	500 мА
Температура перехода	135°C
Рабочая температура	-40...+100°C
Температура хранения	-40...+100°C

Падение напряжения (при $I_f=350\text{мА}$)	2.8-3.8 В
Угол половинной яркости	70°
Тепловое сопротивление	10°C/В
Световой поток (при $I_f=350\text{мА}$)	70-110 Лм
Цветовая температура	4500-10000 К

Сверхяркий светодиод Sunnix7 фирмы Samsung (рис.6)



Рис.6 - Сверхяркий светодиод Sunnix7 фирмы Samsung

Его основные характеристики:

Максимальный прямой ток	700 мА
Импульсный прямой ток	1000 мА
Температура перехода	125°C

Рабочая температура	-40...+85°C
Температура хранения	-40...+110°C
Падение напряжения (при $I_f=350\text{mA}$)	3-4 В
Угол половинной яркости	110°
Тепловое сопротивление	7°C/В
Световой поток (при $I_f=350\text{mA}$)	95-105 Лм
Цветовая температура	5310-7040 К

В таблице 1 показано сравнение основных характеристик выбранных светодиодов.

Таблица 1 – основные характеристики светодиодов

Фирма	Модель	I_{max} , мА	$U_{\text{раб}}$, В	Цветовая температура, К	Угол половинной яркости	Световой поток, Лм
Рубикон	3HPD-1	350	3-3,5	3000-4000	120	100
Рубикон	2EL-CW	350	3,2- 3,6	6000-7500	120	70-90
KTL	KPWH- 080-1-70	350	2,8-4	4500-10000	70	100-150
Samsung	Sunnix7	700	3-4	5310-7040	110	95-105

Выводы по разделу

Приведены краткие сведения о строении и работе светодиодов, выбраны светодиоды для исследования в лабораторном стенде.

2 Разработка структурной схемы стенда

Целью ВКР является разработка лабораторного стенда для изучения сверхъярких светодиодов

Лабораторный стенд состоит из испытуемых светодиодов, измерительной аппаратуры - амперметра, вольтметра, люксметра и источника питания. Изменение напряжения и силы тока на светодиодах фиксируется соответственно амперметром и вольтметром, изменение интенсивности излучения фиксируется люксметром. Напряжение меняется в диапазоне 0-4 В, сила тока в диапазоне 0-350 мА.

Четыре светодиода соединены с источником питания через тумблер. В один момент может гореть только один светодиод. Все светодиоды помещены внутрь колбы, имеющей светоотражающие внутренние стенки. Они служат для отражения всего света, излучаемого светодиодами. Это позволяет в наибольшей степени учесть их светотдачу независимо от их различных углов половинной яркости.

Непосредственное измерение интенсивности освещенности люксметром происходит путем приложения измерительной головки к колбе.

Структурная схема стенда изображена на рисунке 7.

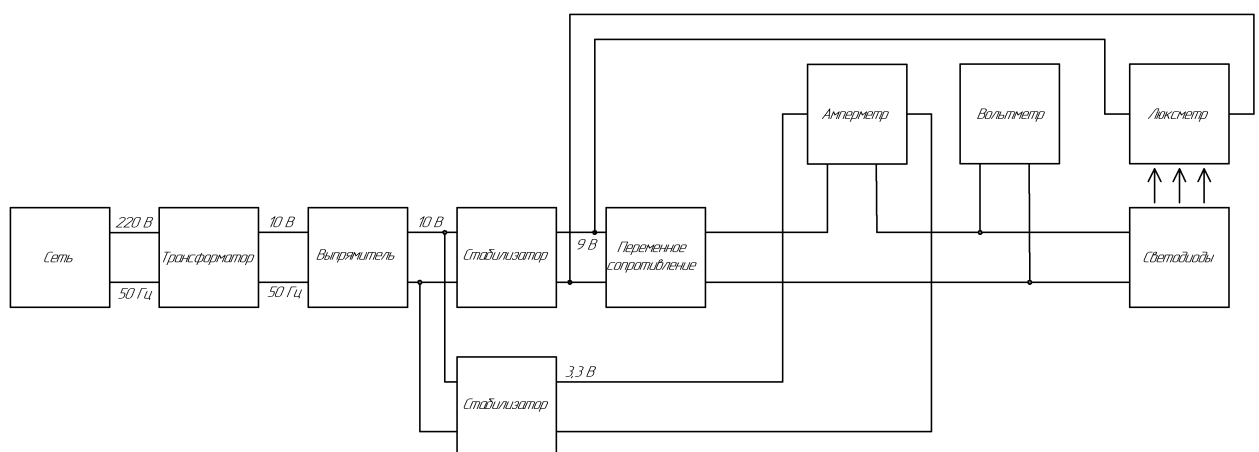


Рисунок 7 - структурная схема стенда

3 Выбор измерительной аппаратуры

3.1 Выбор амперметра

Выбор амперметра осуществлялся исходя из следующих требований:

- электронный циферблат, для удобства фиксации результатов;
- щитовое исполнение, для компактности и эстетики стенда;
- измерение постоянного тока в диапазонах 0-350 мА.
- низкий предел допускаемой погрешности

По заданным требованиям был выбран цифровой мультдиапазонный амперметр постоянного тока с LCD-дисплеем SAL0006 - рис. 8



Рисунок 8 - цифровой мультдиапазонный амперметр постоянного тока SAL0006

Его основные характеристики:

погрешность измерения	2%
подсветка	нет
напряжение питания от внешнего источника питания	3В
ток потребления от источника питания	0,35мА
номинальное напряжение шунта	75мВ
диапазон рабочих температур	-40...+ 80С
вес с элементом питания	24г

Амперметр SAL006 используется совместно с шунтом, от номинала которого зависит диапазон измерений амперметра.

Примеры схемы его соединения представлены на рисунках 9 и 10

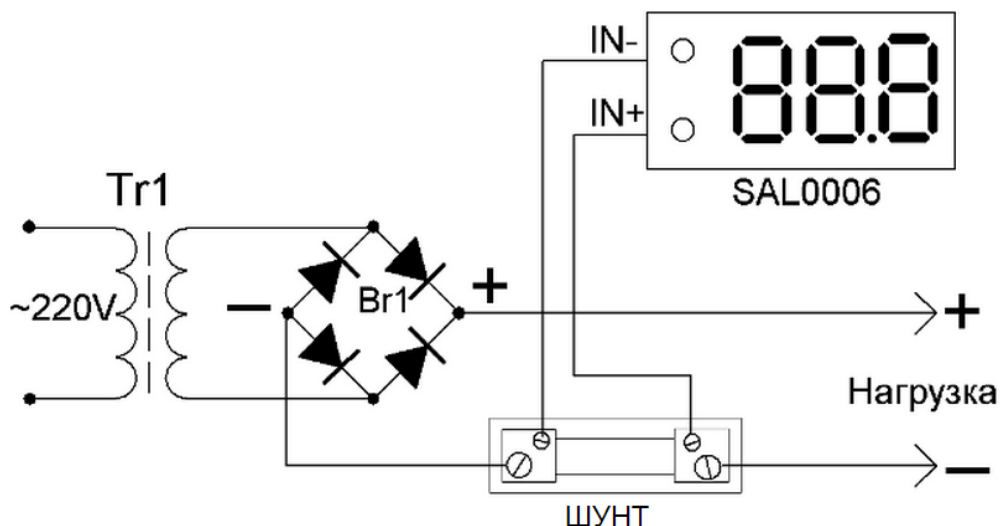


Рисунок 9 - Примеры схемы соединения амперметра SAL0006 в разрыве минуса

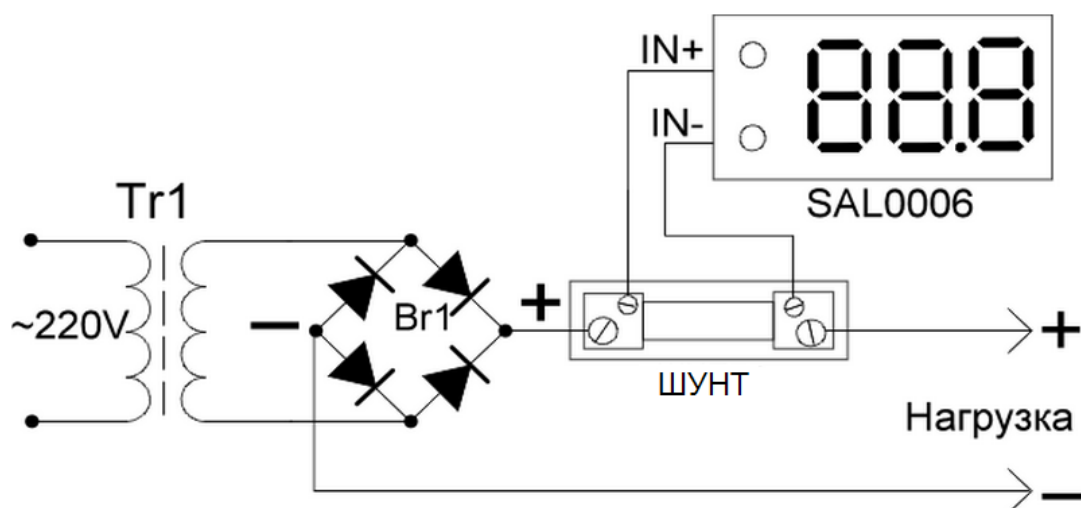


Рисунок 10 - Примеры схемы соединения амперметра SAL0006 в разрыве плюса

Для задания определенного диапазона измерений требует сначала выставить режим работы амперметра. Это делается с помощью 5 джамперов (рис. 11) , которыми выставляется определенная последовательность соответствующая конкретному режиму работы - таблица 2

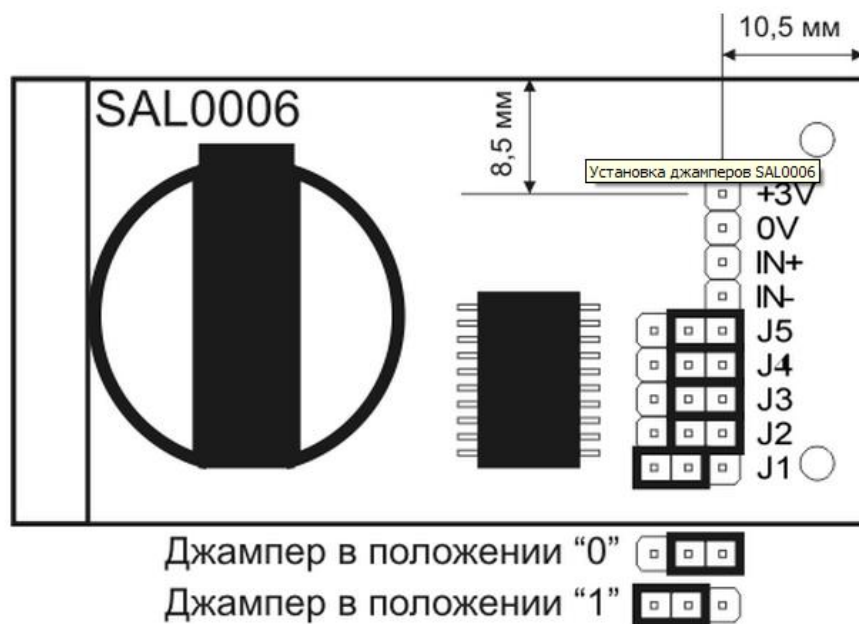


Рисунок 11 - Способ выставления джамперов амперметра SAL0006

Таблица 2 - Таблица соответствия комбинаций установок джамперов и режимов работы амперметра

Номер джамп. 5-4-3-2-1 соотв.	Режим	Индикация режима	Используемые шунты
0	1	999	1мкА, 1мА, 1А
1	2	5.00	5мкА, 5мА, 5А
10	3	сен.99	10мкА, 10мА, 10А
11	4	20.0	20мкА, 20мА, 20А
100	5	25.0	25мкА, 25мА, 25А
101	6	30.0	30мкА, 30мА, 30А
110	7	40.0	40мкА, 40мА, 40А
111	8	50.0	50мкА, 50мА, 50А
1000	9	60.0	60мкА, 60мА, 60А
1001	10	75.0	75мкА, 75мА, 75А
1010	11	99.9	100мкА, 100мА, 100А

Продолжение таблицы 2

Номер джамп. 5-4-3-2-1 соотв.	Режим	Индикация режима	Используемые шунты
1011	12	150	150мкА, 150мА, 150А
1100	13	200	200мкА, 200мА, 200А
1101	14	250	250мкА, 250мА, 250А
1110	15	300	300мкА, 300мА, 300А
1111	16	400	400мкА, 400мА, 400А
10000	17	500	500мкА, 500мА, 500А
10001	18	600	600мкА, 600мА, 600А
10010	19	750	750мкА, 750мА, 750А
10011	20	999	1000мкА, 1000мА, 1000А
все остальные комбинации	-	Err	-

Для установки конкретного режима работы, выберем шунт

3.2 Выбор шунта

Выбор номинала шунта производится по таблице соответствия пределов изменения тока и номинального сопротивления шунта (табл. 3), при этом номинальное напряжение шунта должно быть 75 мВ

Таблица 3 - Таблица соответствия пределов изменения тока и номинального сопротивления шунта

Предел изм. Тока (мкА)	Сопр. Шунта (Ом)	Предел изм. Тока (мА)	Сопр. Шунта (мОм)	Предел изм. Тока (А)	Сопр. Шунта (мкОм)
1	75000	1	75000	1	75000
5	15000	5	15000	5	15000
10	7500	10	7500	10	7500
20	3750	20	3750	20	3750
25	3000	25	3000	25	3000
30	2500	30	2500	30	2500
40	1875	40	1875	40	1875
50	1500	50	1500	50	1500
60	1250	60	1250	60	1250
75	1000	75	1000	75	1000
100	750	100	750	100	750
150	500	150	500	150	500
200	375	200	375	200	375
250	300	250	300	250	300
300	250	300	250	300	250
400	187,5	400	187,5	400	187,5
500	150	500	150	500	150
600	125	600	125	600	125
750	100	750	100	750	100
1000	75	1000	75	1000	75

Необходимый диапазон измеряемой силы тока от 0 до 350 мА, то есть номинальное сопротивление шунта должно быть 0,1875 Ом или меньше - для

более широкого диапазона (согласно рис. 3). При этом номинальное сопротивление не должно быть слишком малым, так как в этом случае диапазон измерения амперметра будет большим и, как следствие, неточным. Таким образом, диапазон номинальных сопротивлений шунта примем от 0,075 Ом до 0,1875 Ом, что соответствует пределам измерения тока 1 А и 400 мкА соответственно. Оба предела позволят с достаточной точностью определять силу тока на светодиодах.

Таким образом, шунт выбирался по следующим требованиям:

- номинальное напряжение 75 мВ
- номинальное сопротивление 0,075-0,1875 Ом

По заданным требованиям был выбран шунт 75ШИСВ.2 - рис. 12



Рисунок 12 - шунт 75ШИСВ.2

Его основные характеристики:

- номинальное напряжение 75 мВ
- номинальное сопротивление 75 мОм
- номинальный ток 1 А
- класс точности 0,5
- рабочая температура -40...+50°C

Шунт с номинальным сопротивлением 75 мОм или номинальным током 1 А предназначен при использовании амперметра SAL006 в первом режиме работы (соответственно таблице 1). Для этого необходимо выставить последовательность 00000, при этом на дисплее амперметра произойдет

индикация режима «999». После этого амперметр будет готов к использованию.

3.3 Выбор вольтметра

Выбор вольтметра осуществлялся исходя из следующих требований:

- электронный циферблат, для удобства фиксации результатов;
- щитовое исполнение, для компактности и эстетики стенда;
- измерение постоянного напряжения в диапазонах 0-3,5 В.
- низкий предел допускаемой погрешности

По заданным требованиям был выбран цифровой встраиваемый вольтметр постоянного тока SVH0001R-10 (рис. 13)



Рисунок 13 - цифровой встраиваемый вольтметр постоянного тока SVH0001R-10

Его основные характеристики:

Напряжение питания (фильтрованное)	6В...20
Потребляемый ток	0,06А +/-10%

Диапазон измеряемых напряжений	0...+9,99В
Дискретность измерения	0,01В
Погрешность измерения	2%
Входное сопротивление	>300 КОм
Цвет свечения индикатора	Красный
Высота символов индикатора	14мм
Размер модуля	45x19x14мм
Вес модуля	11г

Пример схемы его соединения представлен на рис.14

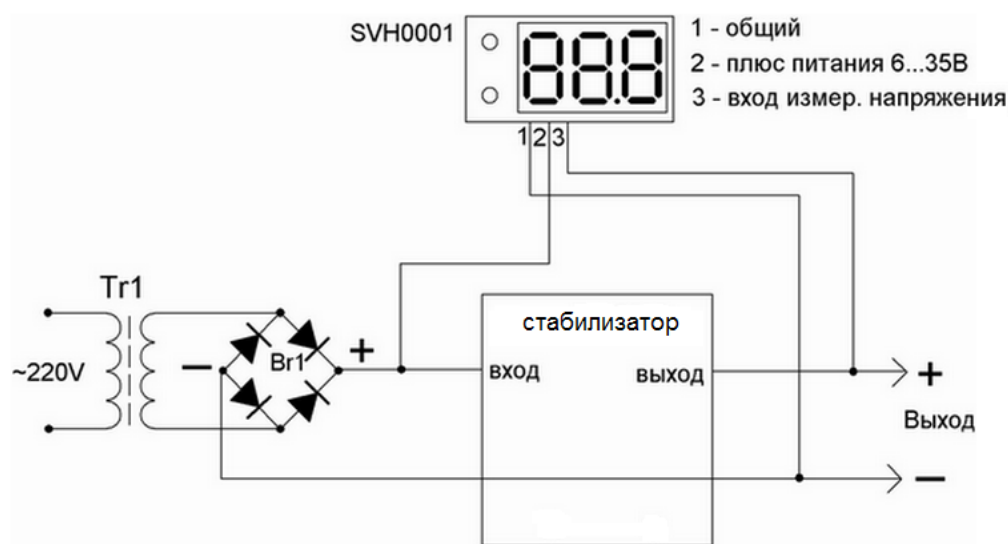


Рисунок 14 - Пример схемы соединения вольтметра SVH0001R-10

3.4 Выбор люксметра

Выбор люксметра осуществлялся исходя из следующих требований:

- большой диапазон измерения освещенности
- выносной оптический датчик освещенности для удобства измерений
- прочность

По заданным требованиям был выбран люксметр LX1010В (рис. 15)



Рисунок 15 - люксметр LX1010B

Его основные технические характеристики:

Измерение освещенности:	1 Лк ... 50000 Лк;
Точность	$\pm 5\%$
ЖК дисплей:	3 1/2 разряда
Максимальное значение	1999
Выбор пределов измерения	ручной
Время измерения:	0,4 секунды
Размеры:	118 x 70 x 29 мм,
Масса:	200 г
Питание:	1 x 9В батарея тип "Крона"

Выводы по разделу

В данном разделе произведены выбор и описание применения амперметра, шунта и люксметра.

4 Разработка и расчет электрической принципиальной схемы

В соответствии со структурной схемой была разработана электрическая принципиальная схема (рисунок 16).

Для разработки схемы пользовались учебниками: [2], [14]-[16], [22], [23].

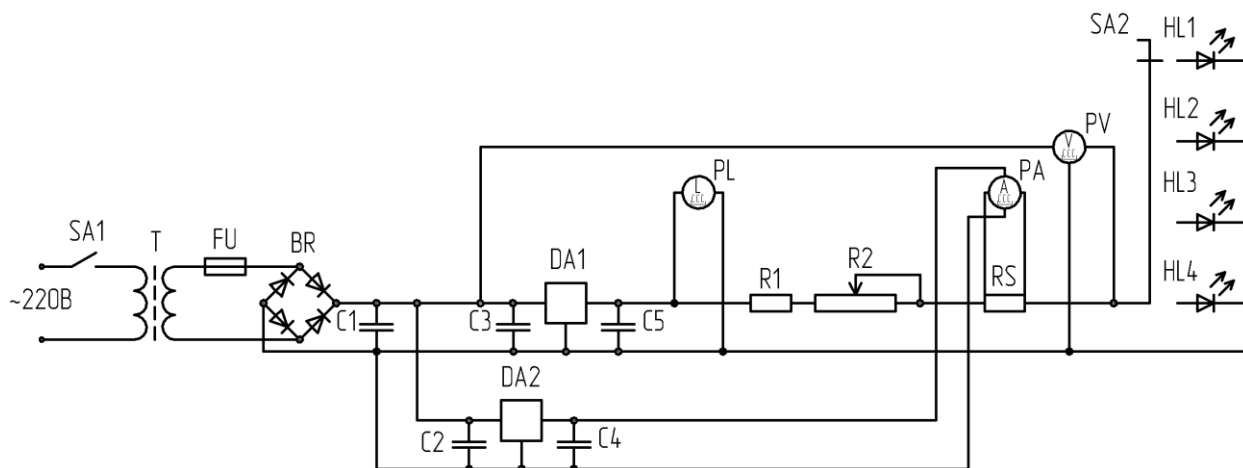


Рисунок 16 – Схема электрическая принципиальная

4.1 Питание

- Люксметр питается одной батареей на 9 В типа 006Р. Так как люксметр будет использоваться стационарно вместе с лабораторным стендом (рисунок 16), целесообразно будет питать его от источника питания схемы.
- Амперметр питается от напряжения 3,3 В.
- Вольтметр питается от напряжения в диапазоне 6-20 В.

4.2 Выбор стабилизаторов

Для питания всех элементов схемы понадобятся два стабилизатора [19], [21], один с выходным напряжением 9 В, для питания люксметра ($U_{пит}=9В$), вольтметра ($U_{пит}=6-20В$) и светодиодов, второй для питания амперметра напряжением 3,3 В.

Расчет максимального тока стабилизаторов:

Для первого стабилизатора на 9В, максимальный выходной ток:

$$I_{\max 1} = (I_b + I_{vd} + I_l) \times 120\% = 494 \text{ мА.} \quad (1)$$

Для второго стабилизатора на 3В, максимальный выходной ток:

$$I_{\max 2} = I_a \times 120\% = 0,42 \text{ мА.} \quad (2)$$

Первый стабилизатор выбирается по следующим требованиям:

- выходное напряжение 9 В
- широкий диапазон входного напряжения
- SMD корпус, как самый компактный и дешевый
- максимальный выходной ток не $< 494 \text{ мА}$

По заданным требованиям был выбран линейный стабилизатор L7809CV, его основные характеристики [19], [21]:

Производитель	ST Microelectronics
Корпус	TO-220
Тип регулятора	Linear Regulator
Входное напряжение	11.5-26 В
Выходное напряжение	8.55-9.45 В
Максимальный выходной ток	1.5 А
Ток собственного потребления	8 мА
Погрешность установки выходного напряжения	5%
Рабочая температура	0...150°C

Второй стабилизатор выбирается по следующим требованиям:

- выходное напряжение 3 В
- широкий диапазон входного напряжения
- SMD корпус, как самый компактный и дешевый

- максимальный выходной ток не $< 0,42$ мА

По заданным требованиям был выбран линейный стабилизатор LM1117, его основные характеристики:

Производитель	Texas Instruments
Корпус	TO-220
Тип регулятора	Linear Regulator
Входное напряжение	4.5-15 В
Выходное напряжение	3.3 В
Максимальный выходной ток	1.5 А
Ток собственного потребления	8 мА
Погрешность установки выходного напряжения	5%
Рабочая температура	0...150°C

4.3 Ток потребления схемы

Ток потребления схемы = ток потребления вольтметра 60 мА + ток потребления светодиода 350 мА + ток потребления люксметра 2 мА + ток потребления амперметра 0,35 мА + ток потребления стабилизатора L7809CV 8 мА + ток потребления стабилизатора LM1117 10 мА:

$$I = I_v + I_{vd} + I_l + I_a + I_{s1} + I_{s2}; \quad (3)$$

$$I = 60 + 350 + 2 + 0,35 + 8 + 10 = 450,35 \text{ мА.}$$

Вся схема будет потреблять до 450,35 мА.

4.4 Выбор диодного моста

Диодный мост выбирается по следующим требованиям:

- конфигурация: однофазный;
- максимальный ток не менее 450,35 мА;
- максимальное напряжение не менее 15 В;

По заданным требованиям был выбран диодный мост KBL005, его основные характеристики [18]:

Максимальное постоянное обратное напряжение	50 В
Максимальный прямой(выпрямленный) ток	4
Способ монтажа	в отверстие
Максимальное импульсное обратное напряжение	60 В
Максимальный допустимый прямой импульсный ток	200 А
Максимальный обратный ток	10 мкА
Максимальное прямое напряжение	1,1 В
Рабочая температура	-55...125

4.5 Выбор трансформатора

Ток потребления схемы $I=450,35$ мА, для выбора трансформатора, возьмем его с 20% запасом:

$$I_t = I_x \cdot 120\%; \quad (4)$$

$$I_t = 540,42 \text{ мА.}$$

Входное напряжение стабилизаторов $U(\text{вх ст})$ от 11,5 до 15 В, при этом на входе стабилизаторов напряжение должно быть выше чем на их выходе, то есть должно быть больше 9 В, интервал от 11,5 до 15 В удовлетворяет этому требованию.

При этом напряжение на входе стабилизаторов не должно намного превышать напряжение на выходе, чтобы избежать перегрева стабилизаторов. Возьмем величину $U(\text{вх ст})=12$ В.

После трансформатора напряжение выпрямляется с помощью диодного моста, это увеличивает его значение примерно в 1,41 раза, и падает на нем же на величину $U(\text{пад } v_d)=1,1$ В (взято из технической документации на диодный мост). Таким образом, напряжение на вторичной обмотке трансформатора должно быть равно:

$$U_{тр} = U(вх ст) / 1,41 + U(пад vd); \quad (5)$$

$$U_{тр} = 12 / 1,41 + 1,1;$$

$$U_{тр} = 9,61.$$

Трансформатор выбирается по следующим требованиям:

- входное напряжение 220 В;
- частота входного напряжения $f = 50$ Гц;
- выходное напряжение не менее 9,61 В;
- выходной ток не менее 540,42 мА;

По заданным требованиям был выбран трансформатор ТТП-15, 10В

1.5А. Его основные характеристики:

Производитель	Торэл
Входное напряжение	220 В/50 Гц
Выходное напряжение	10 В
Номинальный ток вторичной обмотки	1,5 А
Максимальная выходная мощность	15 Вт
Габариты	55x16x35

4.6 Выбор конденсаторов

Конденсатор С1 является фильтрующим, рассчитаем его параметры.

На вход стабилизаторов L7809CV и LM1117 необходимо подавать напряжение 11,5-26 В и 4,5-15 В соответственно. При этом на выходе диодного моста напряжение равно:

$$U(вых vd) = U(вых тр) \times 1,41 - U(пад vd), \quad (6)$$

где $U(пад vd) = 1,1$ В - падение напряжения на диодном мосте, берется из технической документации на диодный мост.

$$U(вых vd) = 10 \times 1,41 - 1,1 = 13 \text{ В}.$$

Чтобы обеспечить сглаживание пульсаций напряжения на входе стабилизатора, необходимо чтобы

$$U(\text{вых vd}) - U_c > U(\text{вх ст}), \quad (7)$$

где U_c - пульсация напряжения после сглаживания фильтрующего конденсатора (рис. 4.6.1)

$$U_c = I_{xt1} / C, \quad (8)$$

где t_1 - время разряда конденсатора (рис. 17). Так как время разряда конденсатора t_1 и его емкость C прямо пропорциональны, t_1 возьмем с запасом 10 мс.

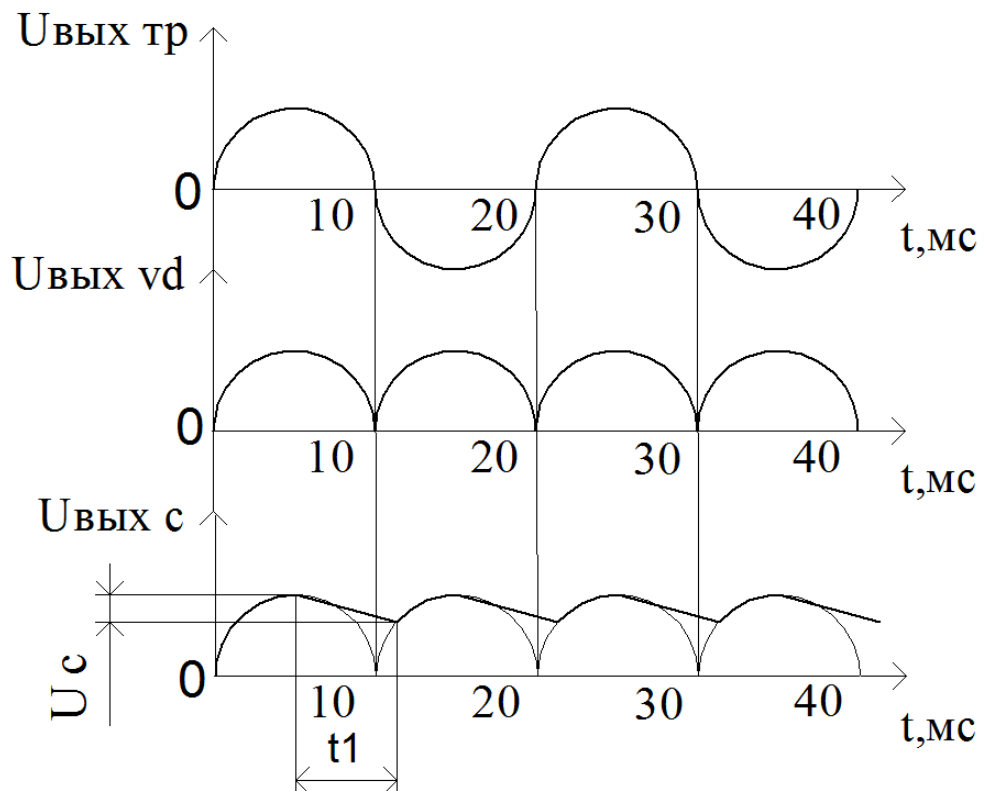


Рисунок 17 - Схематичное изображение изменения напряжения после диодного моста и фильтрующего конденсатора

Из формулы следует:

$$U_c < U(\text{вых vd}) - U(\text{вх ст}); \quad (9)$$

$$U(\text{вх ст}) = U(\text{вых ст}) + U(\text{пад ст}); \quad (10)$$

$$I_{xt1} / C < U(\text{вых vd}) - U(\text{вых ст}) - U(\text{пад ст}); \quad (11)$$

$$C > (U(\text{вых vd}) - U(\text{вых ст}) - U(\text{пад ст})) \times I_{xt1}. \quad (12)$$

Рассчитаем минимальные емкости для фильтрующего конденсатора для каждого стабилизатора, и возьмем наибольшую емкость.

Для стабилизатора L7809CV:

Ток возьмем с двадцати процентным запасом, он вычисляется по формуле

$$I(\text{вых } l7809cv)=494 \text{ мА.}$$

Падение напряжения на стабилизаторе L7809CV возьмем из его технической документации (рис. 18). Падение напряжения обратно пропорционально емкости конденсатора, по этому возьмем его минимальное значение. Для тока 500 мА оно составляет:

$$U(\text{пад } l7809cv)= 1,45 \text{ В.}$$

Рассчитаем минимальную емкость фильтрующего конденсатора относительно стабилизатора L7809CV по формуле 4.6.7:

$$C(l7809cv)>(13-9-1,45)\times 0,494\times 10;$$

$$C(l7809cv)>12,597 \text{ мкФ.}$$

Для стабилизатора LM1117:

Ток возьмем с двадцати процентным запасом, он вычисляется по формуле

$$I(\text{вых } lm1117)=0,42 \text{ мА.}$$

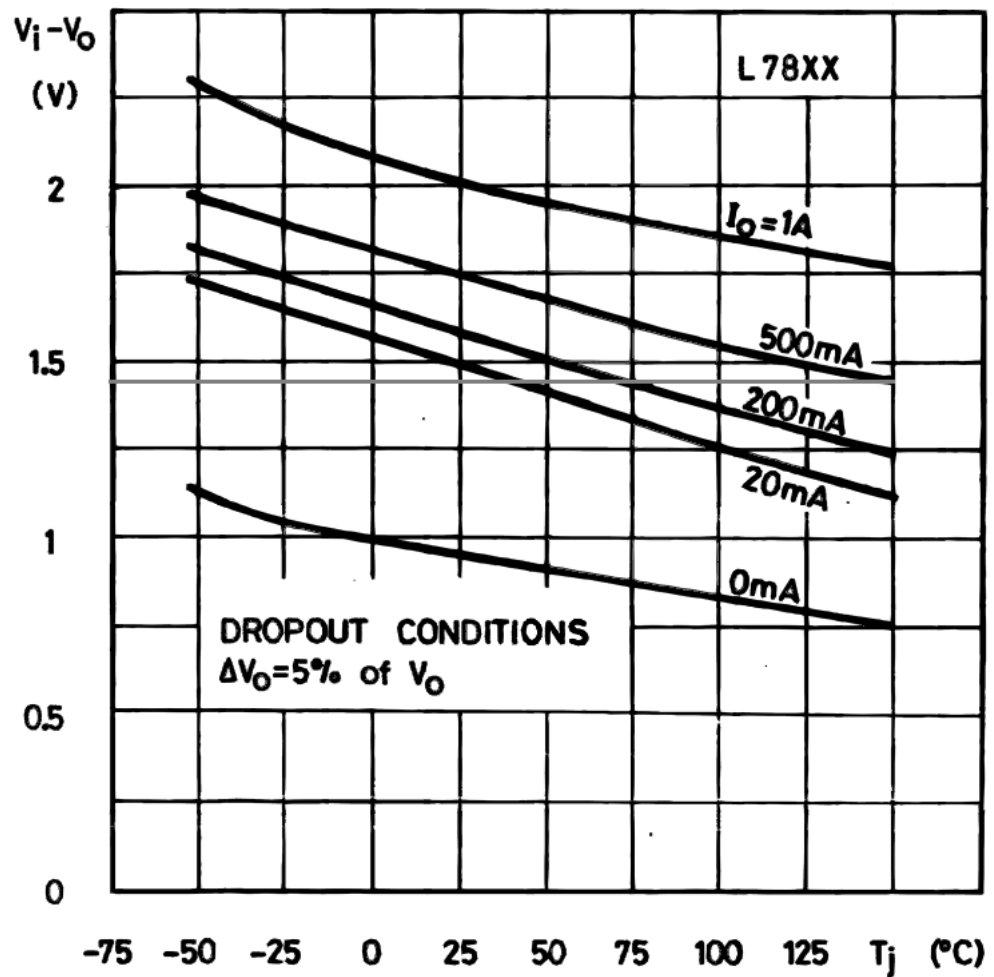


Рисунок 18 - График зависимости падения напряжения на стабилизаторе L7809CV от температуры перехода при разном токе

Падение напряжения на стабилизаторе LM1117 возьмем из его технической документации (рис. 19). Падение напряжения обратно пропорционально емкости конденсатора, по этому возьмем его минимальное значение. Для тока близкого к нулю оно составляет:

$$U(\text{пад lm1117}) = 0,85 \text{ В}$$

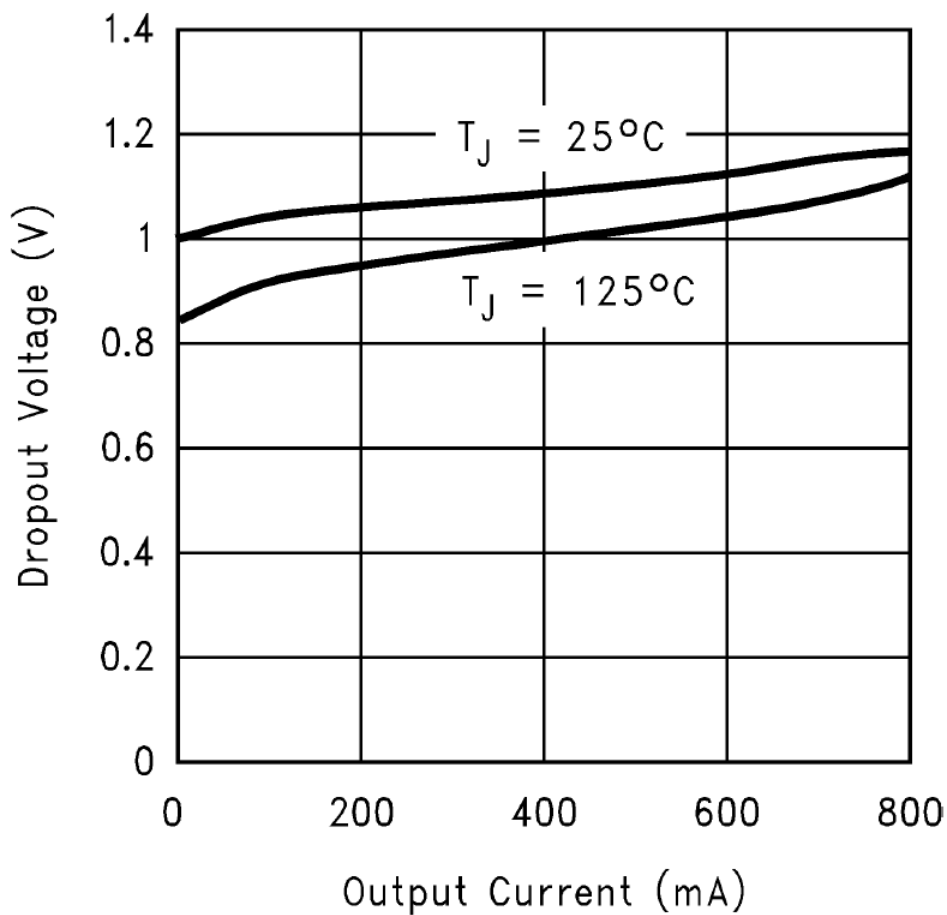


Рисунок 19 - График зависимости падения напряжения на стабилизаторе LM1117 от тока при температурах перехода 25°C и 125°C

Рассчитаем минимальную емкость фильтрующего конденсатора относительно стабилизатора LM1117 по формуле 4.6.7:

$$C(\text{lm1117}) > (13 - 3,3 - 0,85) \times 0,00042 \times 10; \quad (13)$$

$$C(\text{lm1117}) > 0,037 \text{ мкФ};$$

$$C(\text{l7809cv}) > C(\text{lm1117}) > 12,597 \text{ мкФ}.$$

Возьмем конденсатор с номиналом $> 12,597 \text{ мкФ}$

Максимальное напряжение на фильтрующем конденсаторе берем с 20% запасом:

$$U(\text{max c}) = U(\text{вых vd}) \times 120\%; \quad (14)$$

$$U(\text{max c}) = 13 \times 120\% = 15,6 \text{ В}.$$

По заданным требованиям был выбран конденсатор К50-35 22

C1 - электролитический конденсатор К50-35 22 мкФ х 63В, его основные характеристики:

Производитель	Panasonic Industrial
Рабочее напряжение	63 В
Номинальная емкость	22 мкФ
Допуск номинальной емкости	20%
Рабочая температура	-55...105°C

Учтем допуск номинальной емкости. Минимальная емкость будет равна

$$C(\min)=C(\text{nom})-20\%; \quad (15)$$

$$C(\min)=17,6 \text{ мкФ};$$

$$17,6 > 15,6;$$

$$C(\min) > C(\text{L7809CV}).$$

Вывод: конденсатор К50-35 удовлетворяет требованиям

Номиналы конденсаторов C2, C3, C4, C5 известны из технической документации на стабилизаторы LM1117 и L7809CV. Схемы их соединения показаны на рисунках 20 и 21.

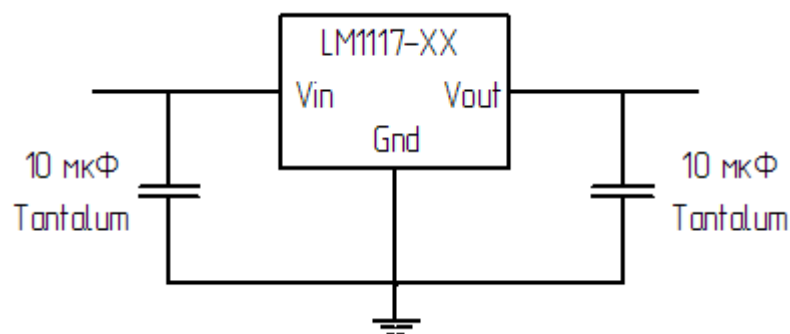


Рисунок 20 Схема соединения стабилизатора LM1117

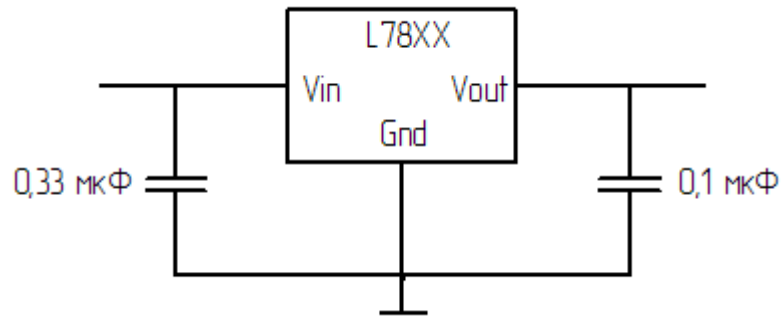


Рисунок 21 Схема соединения стабилизатора L7809CV

$$C2=10 \text{ мкФ};$$

$$C3=0,33 \text{ мкФ};$$

$$C4=10 \text{ мкФ};$$

$$C5=0,1 \text{ мкФ};$$

На конденсаторы C2 и C3 падает равное напряжение $U(\text{вых } v_d)=13 \text{ В}$. Минимальное напряжение на конденсаторах C2 и C3 возьмем с двадцати процентным запасом:

$$U(c2min)=U(c3min)=U(\text{вых } v_d) \times 120\%; \quad (16)$$

$$U(c2min)=13 \times 120\% = 15,6 \text{ В}.$$

На конденсатор C4 на выходе стабилизатора LM1117 падает напряжение 3,3 В, минимальное напряжение при подборе конденсатора возьмем с 20% запасом:

$$U(c4min)=U(\text{вых } lm1117) \times 120\%; \quad (17)$$

$$U(c4min)=3,3 \times 120\% = 3,96 \text{ В}.$$

На конденсаторе C5 на выходе стабилизатора L7809CV падает напряжение 9 В, минимальное напряжение при подборе конденсатора возьмем с 20% запасом:

$$U(c5min)=U(\text{вых } l7809cv) \times 120\%; \quad (18)$$

$$U(c5min)=9 \times 120\% = 10,8 \text{ В}.$$

Таким образом, конденсаторы C2-C5 выбирались по следующим требованиям:

$C2=10 \text{ мкФ}$, $U(c2min)=15,6 \text{ В}$;

$C3=0,33 \text{ мкФ}$, $U(c3min)=15,6 \text{ В}$;

$C4=10 \text{ мкФ}$, $U(c4min)=3,96 \text{ В}$;

$C5=0,1 \text{ мкФ}$, $U(c5min)=10,8 \text{ В}$;

По заданным требованиям были выбраны конденсаторы:

C2 - Конденсатор танталовый 10 мкФ х 25В, тип С;

C3 - Конденсатор танталовый 0,47 мкФ х 35В, тип А;

C4 - Конденсатор танталовый 10 мкФ х 10В, тип В, (20%);

C5 - Конденсатор танталовый 0.1 мкФ х 50В, тип А (20%);

4.7 Расчет перегрева элементов

При работе схемы, перегреву наиболее будут подвержены светодиоды и стабилизаторы, остальные элементы подобраны по мощности с запасом, что предотвращает их перегрев.

4.7.1 Расчет перегрева светодиодов

Светодиоды используются с теплоотводящей подложкой при токе до 350 мА. На рисунках 22-25 показано соотношение допустимого прямого тока и температуры окружающей среды в этих условиях, согласно технической документации на светодиоды:



Рисунок 22 - Отношение допустимого прямого тока и температуры окружающей среды для светодиода 3HPD1

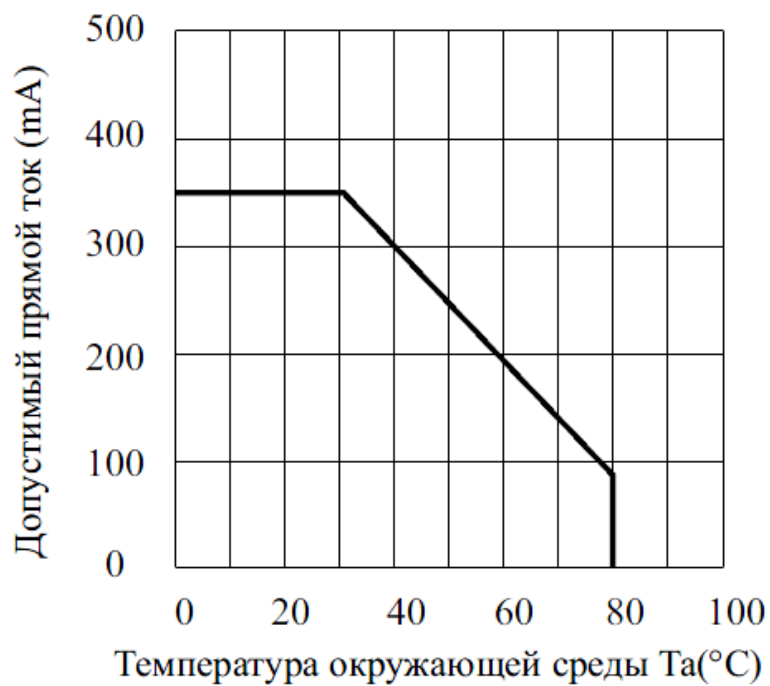


Рисунок 23 - Отношение допустимого прямого тока и температуры окружающей среды для светодиода 2 EL-CW

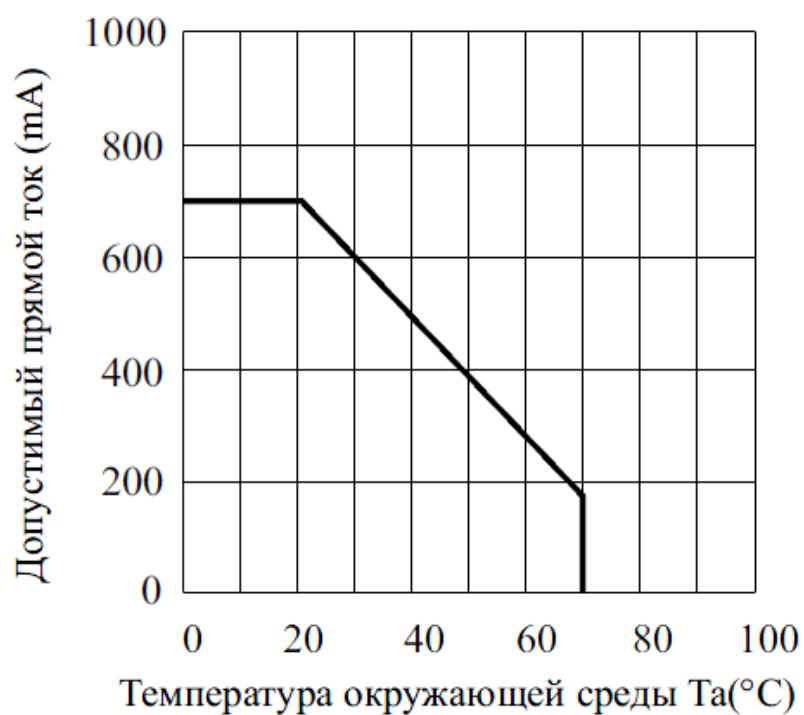


Рисунок 24 - Отношение допустимого прямого тока и температуры окружающей среды для светодиода kprwh-080-1-70

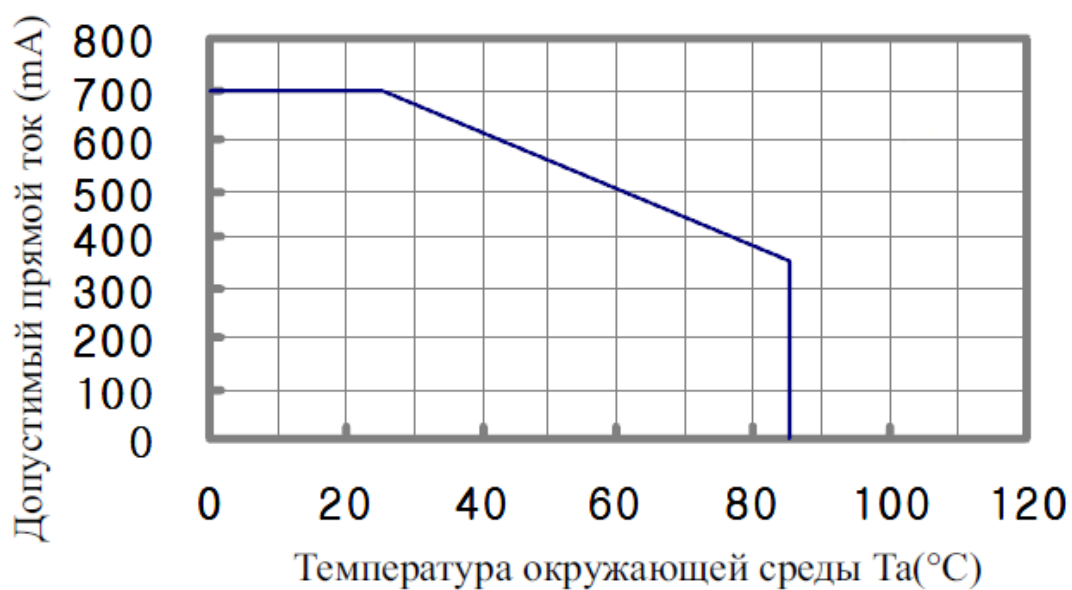


Рисунок 25 - Отношение допустимого прямого тока и температуры окружающей среды для светодиода Samsung Sunnix7

Из графиков видно, что при комнатной температуре 20-25°C допустимый ток намного превышает максимальный ток на светодиодах 350 мА. Это говорит о том, что в данных условиях перегрев светодиодов происходить не будет

Вывод: Дополнительное охлаждение светодиодам не требуется.

4.7.2 Расчет перегрева стабилизаторов

Рассчитаем мощность потерь стабилизаторов.

Мощность потерь уходит на нагрев стабилизатора, и рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{пот}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}}) \times I, \quad (19)$$

где

$$U_{\text{вх}} = U(\text{вых } v_d) = 15,82 \text{ В.}$$

Рассчитаем мощность потерь стабилизатора L7809CV:

$$P(\text{пот } l7809cv) = (U(\text{вых } v_d) - U(\text{вых } l7809cv)) \times I(l7809cv), \quad (20)$$

где

$$I(l7809cv) = I_{\text{max1}} = 494 \text{ мА,}$$

рассчитанный по формуле 4.2.1.

$$P(\text{пот } l7809cv) = (13 - 9) \times 0,494;$$

$$P(\text{пот } l7809cv) = 1,976 \text{ Вт.}$$

Корпус стабилизатора L7809CV выполнен в стандарте TO220, отводящая мощность которого $P(\text{отв } l7809cv) = 2 \text{ Вт}$

$$2 > 1,976;$$

$$P(\text{отв } l7809cv) > P(\text{пот } l7809cv). \quad (21)$$

Вывод: перегрев стабилизатора происходить не будет, то есть дополнительное охлаждение стабилизатору L7809CV не требуется.

Рассчитаем мощность потерь стабилизатора LM1117:

$$P(\text{пот } \text{lm1117}) = (U(\text{вых } \text{vd}) - U(\text{вых } \text{lm1117})) \times I(\text{lm1117}); \quad (22)$$

$$I(\text{lm1117}) = I_{\text{max2}} = 0,42 \text{ мА},$$

рассчитанный по формуле 4.2.2.

$$P(\text{пот } \text{lm1117}) = (13 - 3,3) \times 0,00042 = 0,004074.$$

Корпус стабилизатора LM1117 выполнен в стандарте TO220, отводящая мощность которого $P(\text{отв } \text{lm1117}) = 2 \text{ Вт}$.

$$2 > 0,004074;$$

$$P(\text{отв } \text{lm1117}) > P(\text{пот } \text{lm1117}). \quad (23)$$

Вывод: перегрев стабилизатора происходить не будет, то есть дополнительное охлаждение стабилизатору LM1117 не требуется.

4.8 Расчет токоограничивающего резистора

Для демонстрации зависимости свечения светодиодов от силы тока и напряжения, необходимо менять их в широком диапазоне. Максимальная сила тока уже определена, она составляет соответственно 350 мА.

Определим ее минимальное значение.

Определим минимальную силу тока, при которой светодиоды будут гореть, с помощью графиков зависимости относительного светового потока от прямого тока на все светодиоды, взятые из их технической документации, сравнив их, возьмем наименьшую.

Для светодиода 3HPD1 $I_{\text{min1}} = 30 \text{ мА}$ (рис. 26).

Для светодиода 2EL-CW $I_{\text{min2}} = 30 \text{ мА}$ (рис. 27).

Для светодиода kрwh-080-1-70 $I_{\text{min3}} = 40 \text{ мА}$ (рис. 28).

Для светодиода Samsung Sunnix7 $I_{\text{min4}} = 50 \text{ мА}$ (рис. 29).

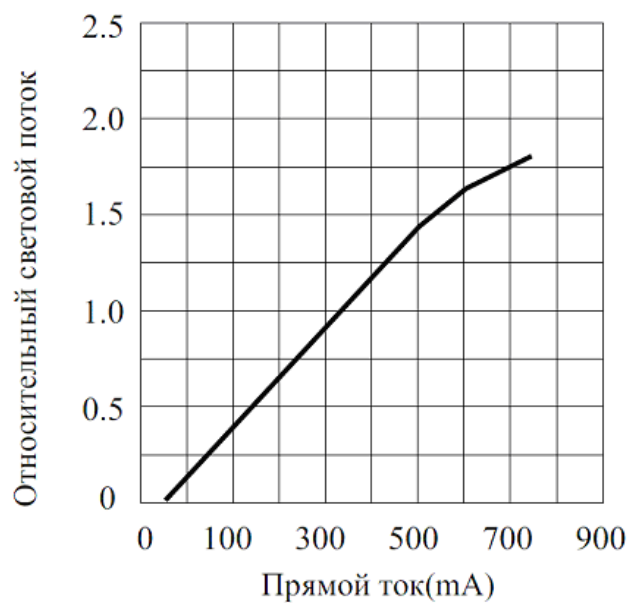


Рисунок 26 - Зависимость относительного светового потока от прямого тока для светодиода 3HPD1

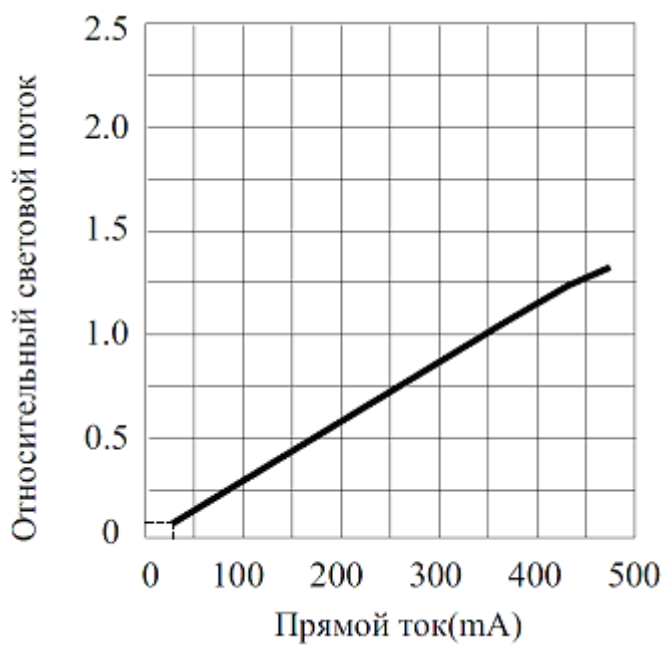


Рисунок 27 - Зависимость относительного светового потока от прямого тока для светодиода 2EL-CW

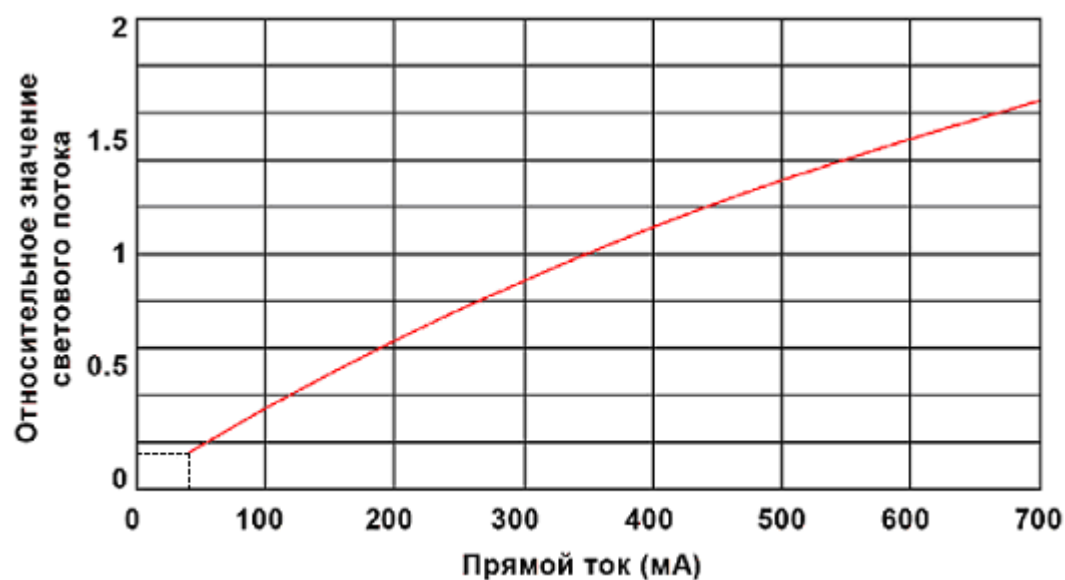


Рисунок 28 - Зависимость относительного светового потока от прямого тока для светодиода kpwh-080-1-70

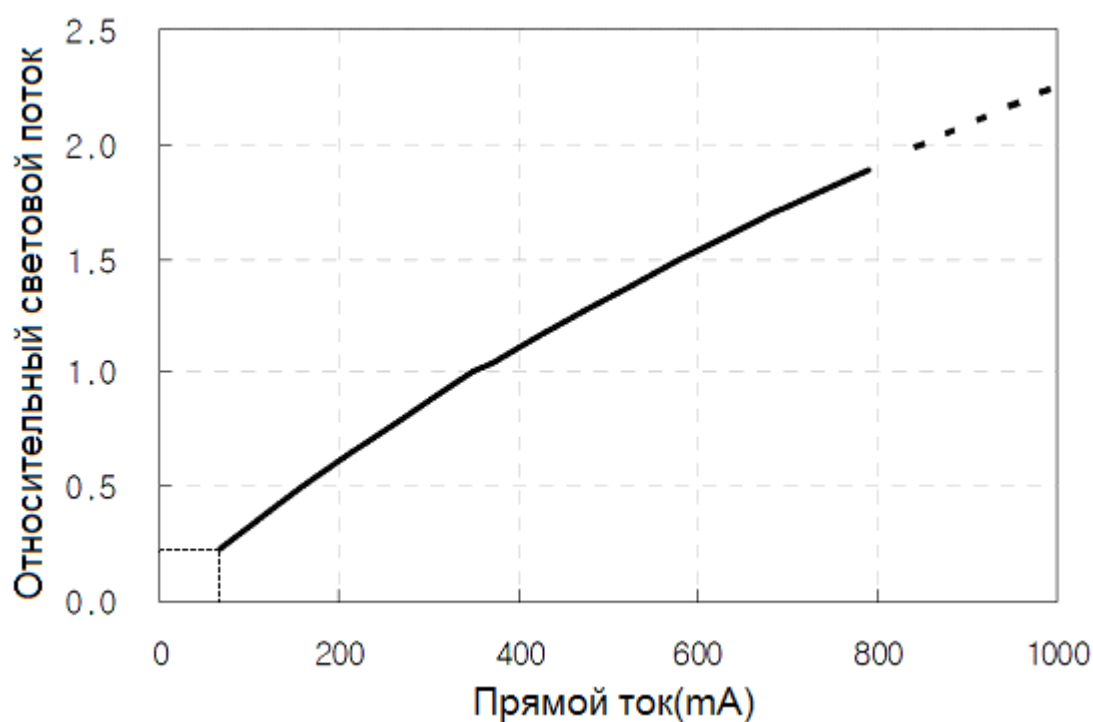


Рисунок 29 - Зависимость относительного светового потока от прямого тока для светодиода Samsung Sunnix7

Примем минимальную силу тока на светодиодах, при которой ни один светодиод гореть не будет, равной $I_{min}=30$ мА.

Силу тока на светодиодах будем менять в диапазоне 30-350 мА.

С помощью вольтамперных характеристик четырех светодиодов определим диапазон изменения напряжения на светодиодах, чтобы в дальнейшем рассчитать необходимое переменное сопротивление для регулирования напряжения и силы тока на светодиодах.

Для светодиода 3HPD1 диапазон изменения напряжения 2,9-3,45 В (рис. 30).

Для светодиода 2EL-CW диапазон изменения напряжения 3,07-3,5 В (рис. 31).

Для светодиода kрwh-080-1-70 диапазон изменения напряжения 2,6-3,35 В (рис. 32).

Для светодиода Sunnix7 диапазон изменения напряжения 2,7-3,28 В (рис. 33).

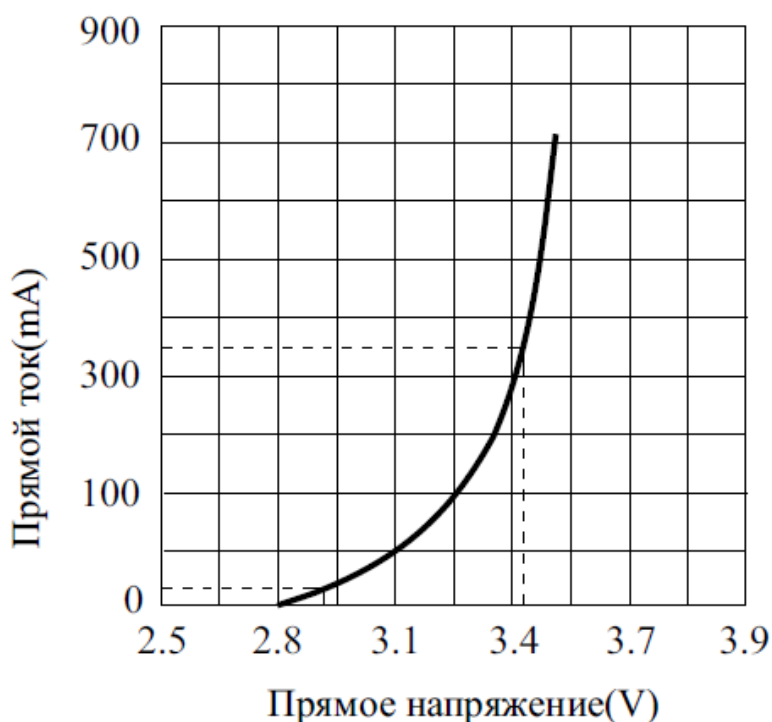


Рисунок 30 - Вольтамперная характеристика светодиода 3HPD1

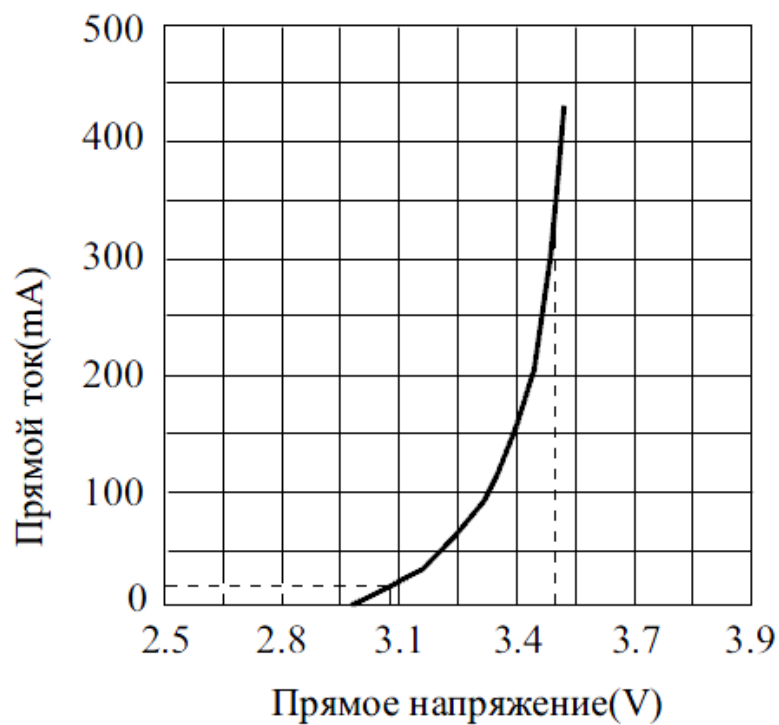


Рисунок 31 - Вольтамперная характеристика светодиода 2EL-CW

Таким образом, диапазоны изменений напряжения на светодиодах составляют:

- 1) ЗНPD1: 2,9-3,45 В;
- 2) 2EL-CW: 3,07-3,5 В;
- 3) крwh-080-1-70: 2,6-3,35 В;
- 4) Sunnix7: 2,7-3,28 В.

Напряжение на светодиодах должно меняться в диапазоне 2,6-3,5 В, этот диапазон обеспечит изменение силы тока на всех светодиодах как минимум в диапазоне 30-350 мА.

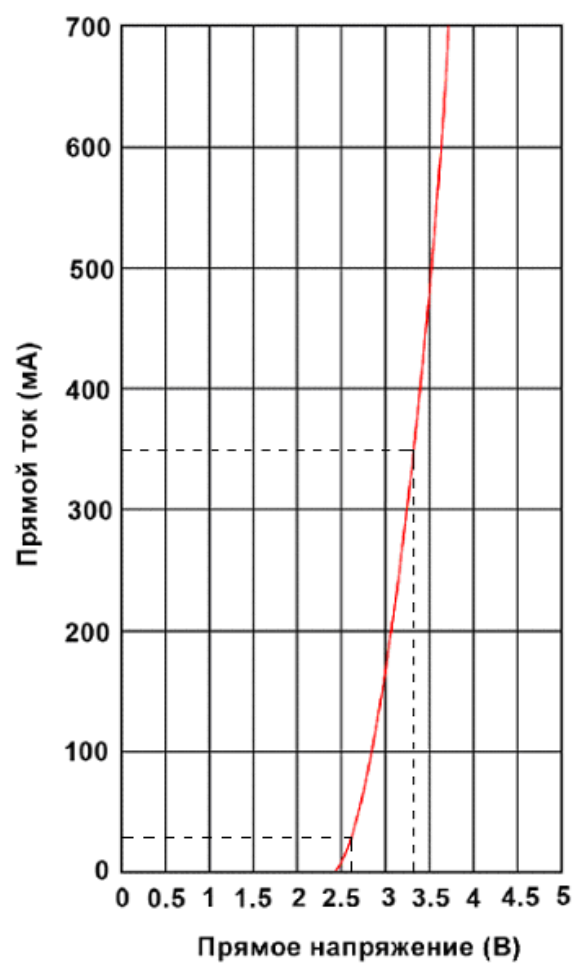


Рисунок 32 - Вольтамперная характеристика светодиода kprwh-080-1-70

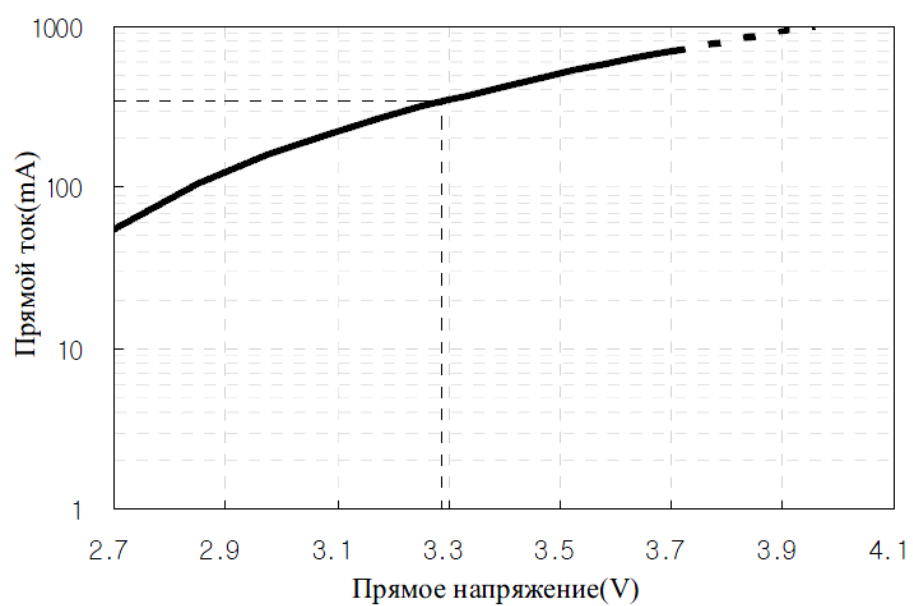


Рисунок 33 - Вольтамперная характеристика светодиода Sunnix7

Рассчитаем диапазон изменения сопротивления перед светодиодами:

Максимальное сопротивление, при котором на светодиодах установится минимальное напряжение и ток:

$$R(\max) = (U(\text{вых L7809CV}) - U(\text{vd min})) / I(\text{vd min}), \quad (24)$$

где $U(\text{вых L7809CV}) = 9 \text{ В}$ - выходное напряжение стабилизатора L7809CV,

$U(\text{vd min}) = 2,6 \text{ В}$ - минимальное напряжение на светодиодах при минимальном токе в 30 мА,

$I(\text{vd min}) = 30 \text{ мА}$ - минимальный ток на светодиодах.

$$R(\max) = (9 - 2,6) / 0,03 = 213 \text{ Ом}.$$

Минимальное сопротивление, при котором на светодиодах установится максимальное напряжение и ток:

$$R(\min) = (U(\text{вых L7809CV}) - U(\text{vd max})) / I(\text{vd max}), \quad (25)$$

где

$U(\text{vd max}) = 3,5 \text{ В}$ - максимальное напряжение на светодиодах при минимальном токе в 30 мА,

$I(\text{vd max}) = 350 \text{ мА}$ - максимальный ток на светодиодах.

$$R(\min) = (9 - 3,5) / 0,35 = 15,7 \text{ Ом}.$$

Таким образом, для изменения напряжения на светодиодах в диапазоне от 2,6 до 3,5 В, необходимо изменять сопротивление перед светодиодами в диапазоне 15,7-213 Ом. Это можно реализовать путем включения в цепь последовательно соединенных потенциометра и постоянного ограничивающего сопротивления. Возьмем потенциометр с диапазоном изменения сопротивления от 1 до 200 Ом и ограничивающее сопротивление с номиналом близким к

$$R(\text{огр}) = R(\max) - R(\min \text{ пот}), \quad (26)$$

где $R(\min \text{ пот}) = 1 \text{ Ом}$ - минимальное сопротивление потенциометра

$$R(\text{огр}) = 213 - 1 = 212 \text{ Ом}.$$

Рассчитаем максимальную мощность на потенциометре и ограничивающем резисторе:

$$P(\max)=(U(\text{вых L7809CV})-U(\text{vd max})) \times I(\text{vd max}) \quad (27)$$

$$P(\max)=(9-3,5) \times 0,35=1,925 \text{ Вт}$$

4.9 Выбор ограничивающего резистора R1

Ограничивающий резистор выбирается по следующим требованиям:

- номинальное сопротивление не менее 14,7 Ом;
- максимальная мощность не менее 2 Вт.

По заданным требованиям был выбран SQP резистор 5 Вт 15 Ом (рис. 34)



Рисунок 34 - SQP резистор 5 Вт 15 Ом

Его основные характеристики:

Материал резистивного элемента	керметный
Серия	SQP
Номинальное сопротивление	15 Ом
Точность	5%
Номинальная мощность	5 Вт
Тип корпуса	цилиндрический
Макс.рабочее напряжение	350 В
Рабочая температура	-55...155°C
Длина корпуса	22 мм

Ширина (диаметр) корпуса W(D)

9.5 мм

4.10 Выбор потенциометра R2

Потенциометр выбирается по следующим требованиям:

- диапазон изменения сопротивления 1-200 Ом;
- многооборотный, для тонкого регулирования параметров;
- максимальная мощность не менее 1,925 Вт.

По заданным требованиям был выбран прецизионный многооборотный резистор Spectrol серии 534 (рис. 35)

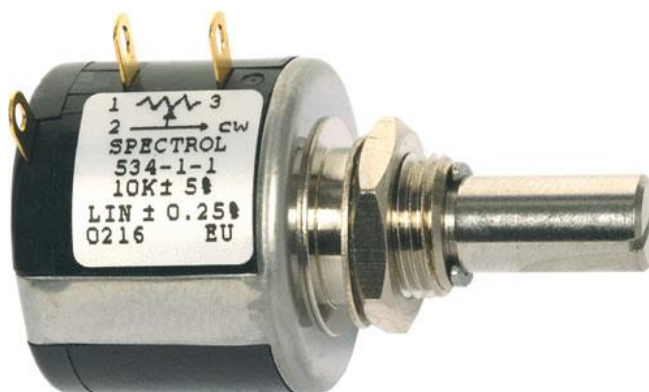


Рисунок 35 - многооборотный резистор Spectrol серии 534

Его основные характеристики:

Тип потенциометра	проволочный, прецизионный, многооборотный
Погрешность	±5%
Мощность	2 Вт
Сопротивление изоляции мин.	1000 МОм
Нелинейность	±0,25%
Количество оборотов	10
Рабочая температура	-55...125°C

4.11 Выбор переключателя светодиодов

Переключатель светодиодов подбирается по следующим требованиям:

- 4 позиции переключения;
- максимальный ток не менее 350 мА;
- максимальное напряжение не менее 9 В.

По заданным требованиям был выбран переключатель галетный RCL371-1-3-4 (рис. 36)



Рисунок 36 - переключатель галетный RCL371-1-3-4

Его основные характеристики:

Параметры коммутации	30 В; 0,5 А
Сопротивление контактов	не более 0,025 Ом
Сопротивление изоляции	100 МОм
Электрическая прочность	500 В

Сопротивлением контактов в 0,025 Ом в расчете ограничивающего резистора и потенциометра можно пренебречь.

Для того чтобы обезопасить все оборудование лабораторного стенда при скачках напряжения в сети, подберем предохранитель, подключенный к схеме непосредственно после сети.

Так как в сети присутствует трансформатор и стабилизаторы, при включении стенда возможны скачки величины тока. В связи с этим возьмем предохранитель с запасом по току в 2 раза, то есть на 1 А.

4.12 Выбор предохранителя

Выбор предохранителя осуществлялся по следующим требованиям:

- рабочий ток 1А;
- самовосстановление, для удобства эксплуатации;
- SMD конструкция как самая компактная.

По заданным требованиям был выбран SMD предохранитель самовосстанавливающийся MF-SM050 (рис. 37)



Рисунок 37 - SMD предохранитель самовосстанавливающийся MF-SM050

Его основные характеристики:

Серия	MF-SM
Максимальное рабочее напряжение	30 В
Максимально допустимый ток	10 А
Максимальная мощность в переключенном состоянии	1.70 Вт
Максимальный ток, не приводящий к срабатыванию	0.50 А
Минимальный ток, приводящий к срабатыванию	1.00 А
Минимальное начальное сопротивление	0.35 Ом
Максимальное начальное сопротивление	1.40 Ом

Максимальное время срабатывания	4.0 с
Способ монтажа	SMD2029
Диаметр (ширина) корпуса	3.2 мм
Рабочая температура	-40...85°C
Производитель	Bourns Inc.

4.13 Выбор кнопки включения

Для включения и выключения стенда необходима кнопка включения.

Подбор кнопки включения производился по следующим требованиям:

- рабочее напряжение не менее 220 В;
- рабочий ток не менее 0,5 А;
- алгоритм работы ON-OFF;
- минимальное количество контактных групп 2.

По заданным требованиям была выбрана кнопка H8800VA (рис. 38)



Рисунок 38 - кнопка H8800VA

Выводы по разделу

В данном разделе происходит разработка и расчет электрической принципиальной схемы и всех ее элементов.

5 Разработка конструкции стенда

5.1 Выбор корпуса

Разработку конструкции начали с выбора корпуса.

Выбор корпуса стенда осуществлялся по следующим требованиям:

- материал - пластик, для безопасности работы со стендом;
- достаточные габариты для размещения всего оборудования (около 300x200x50).

По заданным требованиям был выбран корпус G735VA (рис. 39)



Рисунок 39 - корпус G735VA

Его основные характеристики:

Материал	пластик
Длина	300
Ширина	200
Высота	75
Производитель	Gainta Industries Ltd.

5.2 Планировка расположения элементов стенда в корпусе

Плата и элементы на плате (рис. 40)

На плате располагаются: 4 светодиода на подложках, предохранитель, диодный мост, 5 конденсаторов, 2 стабилизатора, ограничивающее сопротивление, шунт амперметра. На сборочном чертеже платы и элементов на ней, представлены только сама плата и четыре светодиода на подложках, так как только они обладают конструктивно важным расположением на плате. Остальные элементы не занимают много места, то есть не помешают расположению других элементов лабораторного стенда и не имеют конструктивно важного расположения на плате, по этому на сборочном чертеже платы и элементов на ней отсутствуют.

По центру корпуса с некоторым углублением внутрь корпуса на плате располагаются светодиоды. Плата закреплена с помощью 6 стоек HTSMG-M3-40-5.5-2, 6 винтов В2.М3-6gx7. Крепление для стоек предусмотрено в нижней части корпуса. Сверху платы посажена на клей светоотражающая колба. В крышке корпуса проделано отверстие под колбу.

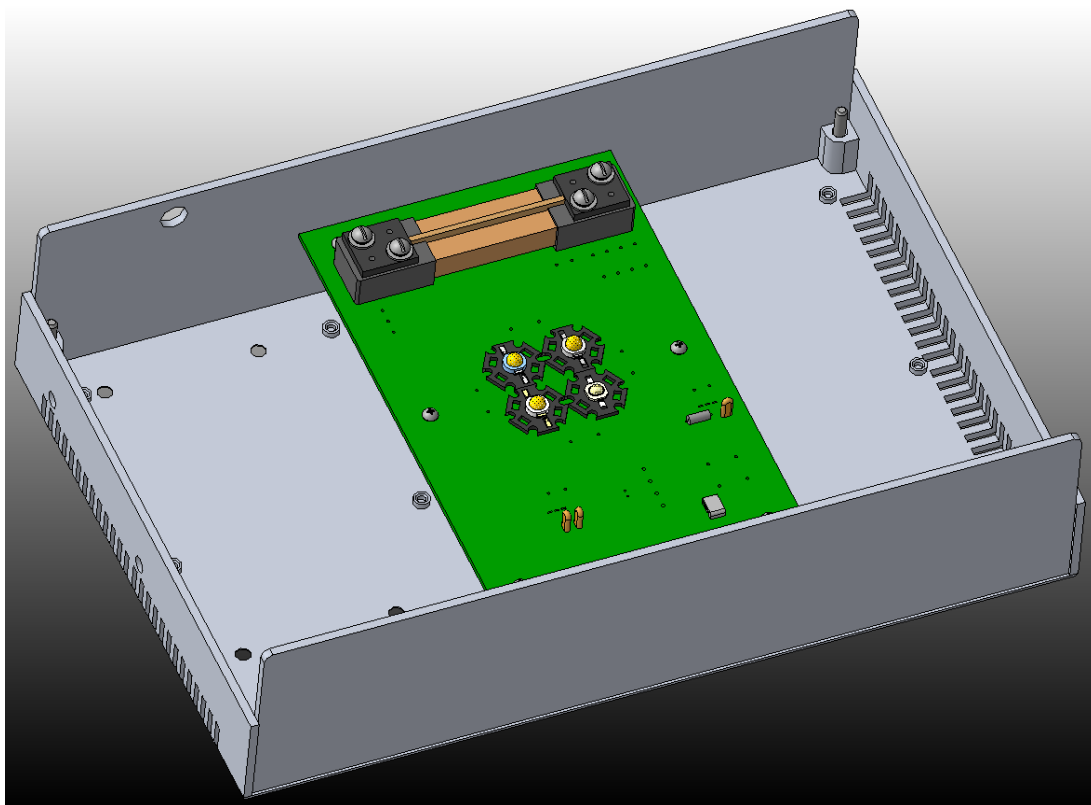


Рисунок 40 - Расположение в корпусе платы и элементов на ней
(крышка корпуса не показана).

Вольтметр и амперметр (рис. 41)

Вольтметр и амперметр располагаются в верхней правой части стенда. В крышке корпуса сделаны отверстия под дисплеи амперметра и вольтметра и отверстия с фасками под винты для их крепления.

Вольтметр крепится к крышке корпуса при помощи 2 стоек стоек МЗ-5-5.5-2, двух винтов А2.МЗ-6gx7, 2 шайб А.3.31, 2 нормальных пружинных шайб 3 БрКМц3-1, 2 гаек МЗ-6Н.04.

Амперметр крепится к крышке корпуса при помощи 2 винтов А2.МЗ-6gx12, 2 шайб А.3.31, 2 нормальных пружинных шайб 3 БрКМц3-1, 2 гаек МЗ-6Н.04.

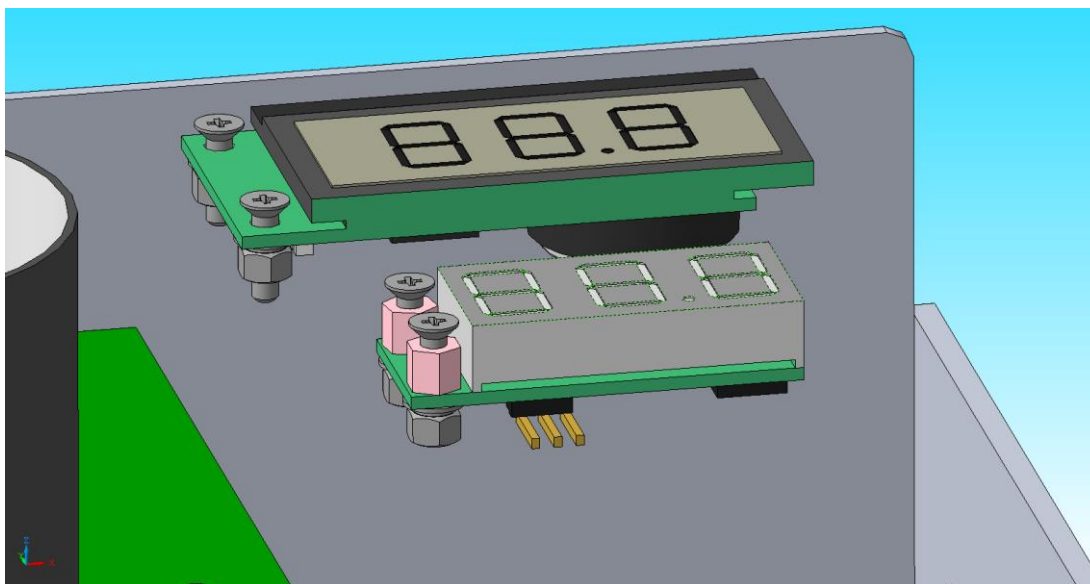


Рисунок 41 - Расположение в корпусе вольтметра и амперметра
(крышка корпуса не показана).

Трансформатор (рис. 42)

Трансформатор крепится ко дну корпуса, под платой, при помощи чашки как показано на рисунке 42.

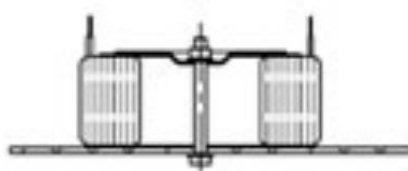


Рисунок 42 - трансформатор с креплением к шасси чашкой

Для его крепления используется чашка, одна стойка HTSMG-M3-30-5.5-2, один винт В2.М3-6gx7. Крепление для стойки предусмотрено в конструкции корпуса.

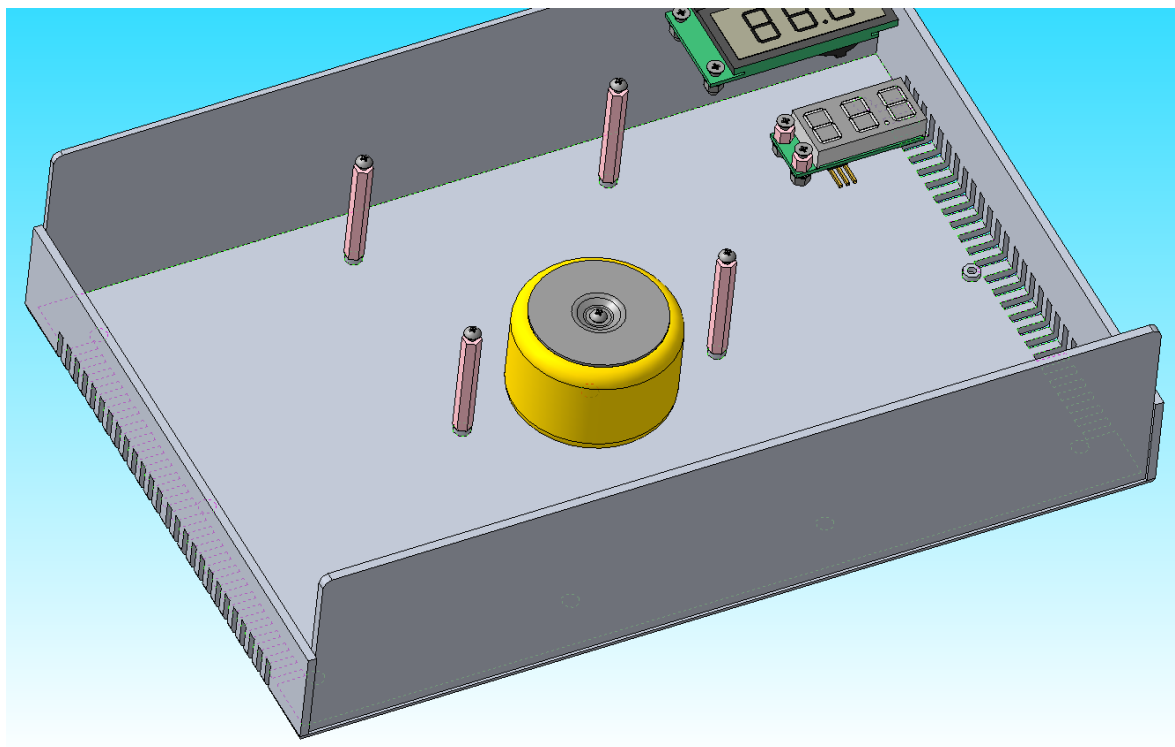


Рисунок 43 - Расположение в корпусе трансформатора (крышка корпуса не показана).

6.2.4 Потенциометр и переключатель (рис. 44)

Потенциометр и переключатель расположены в правой нижней части стенда. В крышке стенда для крепления потенциометра и переключателя сделаны отверстия.

Потенциометр крепится к крышке с помощью одной гайки М8х1-6Н.04.

Переключатель крепится к крышке с помощью одной гайки М6-6Н.04.

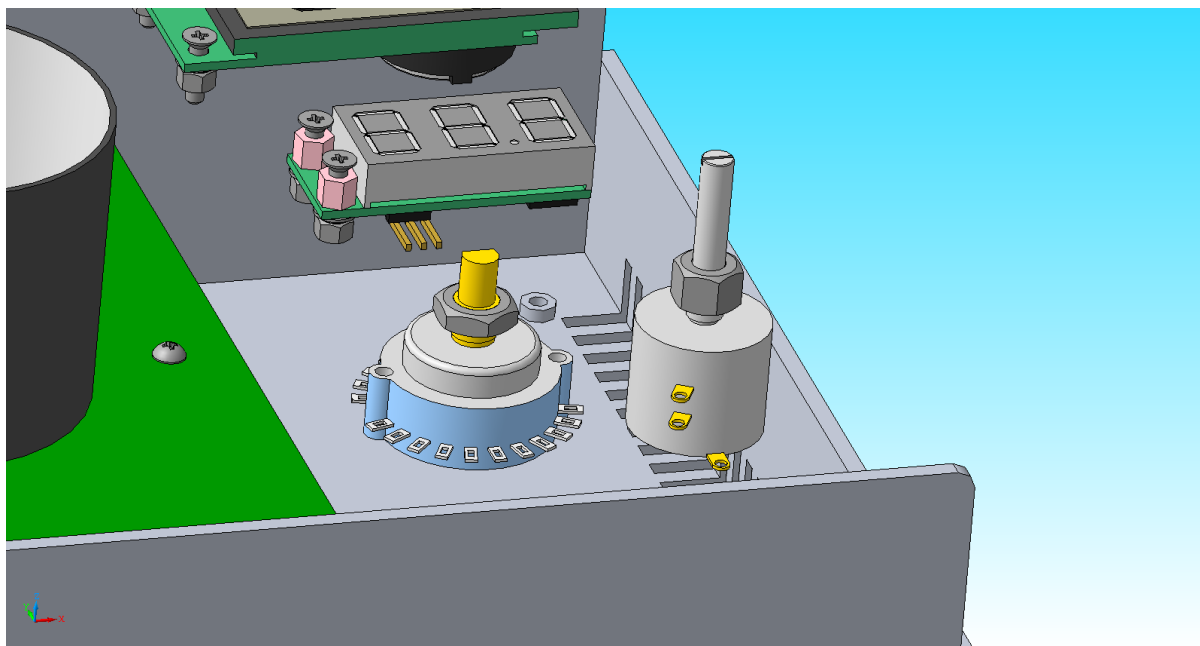


Рисунок 44 - Расположение в корпусе потенциометра и переключателя (крышка корпуса не показана).

6.2.5 Кнопка включения (рис. 45)

Кнопка включения располагается в левой нижней части стенда. Она крепится к крышке защелкивающим механизмом. В крышке стенда сделано отверстие под кнопку включения. Размеры отверстия взяты из документации на кнопку включения (рис. 46).

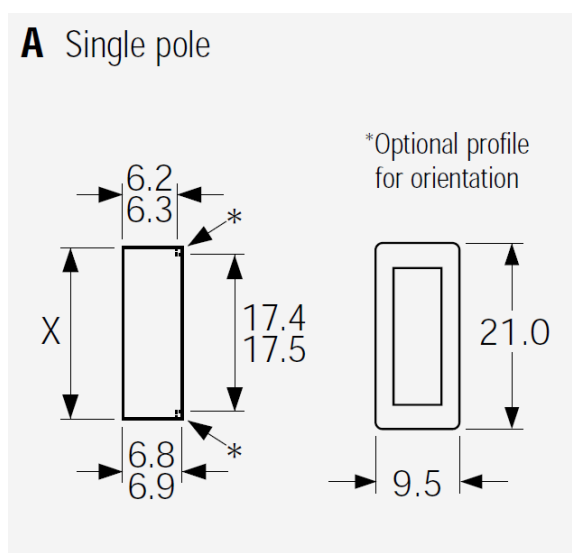


Рисунок 45 - Выноска из документации на кнопку включения H8800VA

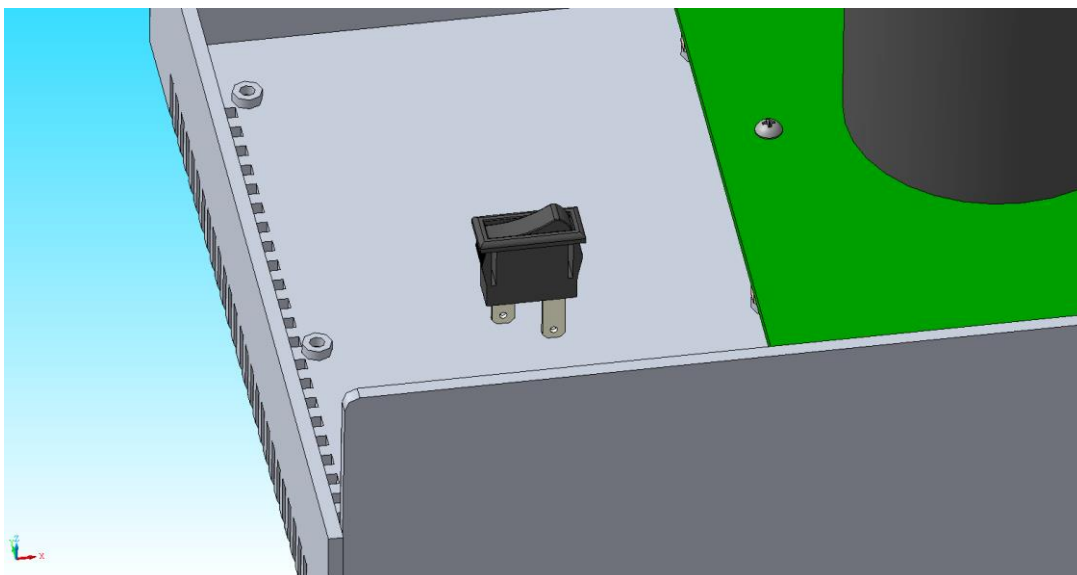


Рисунок 46 - расположение в корпусе кнопки включения (крышка корпуса не показана).

6.2.6 Люксметр

Люксметр состоит из двух частей: самого люксметра и измерительной головки, соединенных между собой проводом.

Сам люксметр помещается внутрь корпуса на специальном креплении - держателе люксметра (рис. 47)

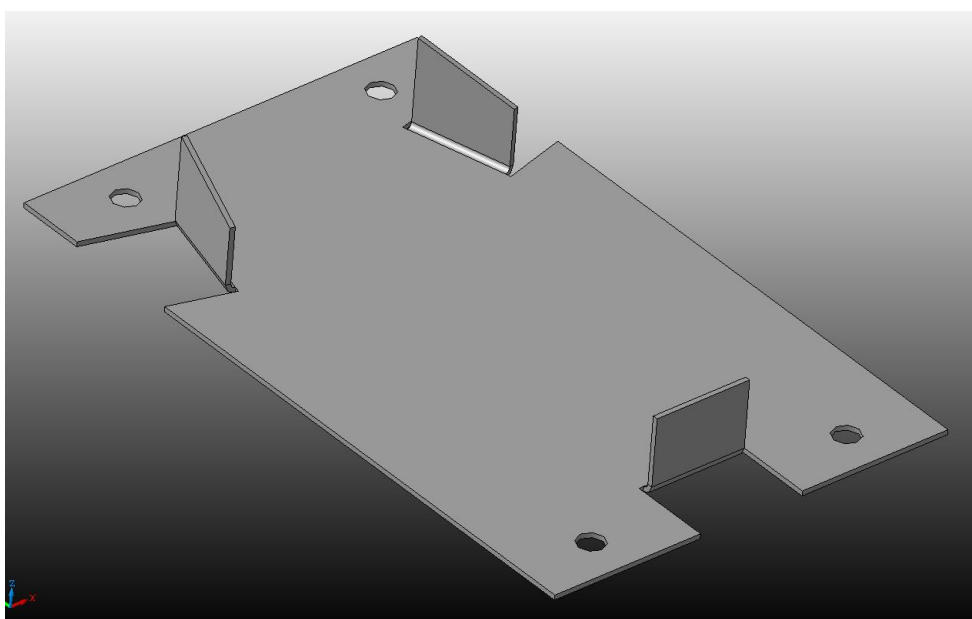


Рисунок 47 - держатель люксметра

Держатель люксметра в свою очередь крепится ко дну стенда с помощью четырех стоек (рис. 48)

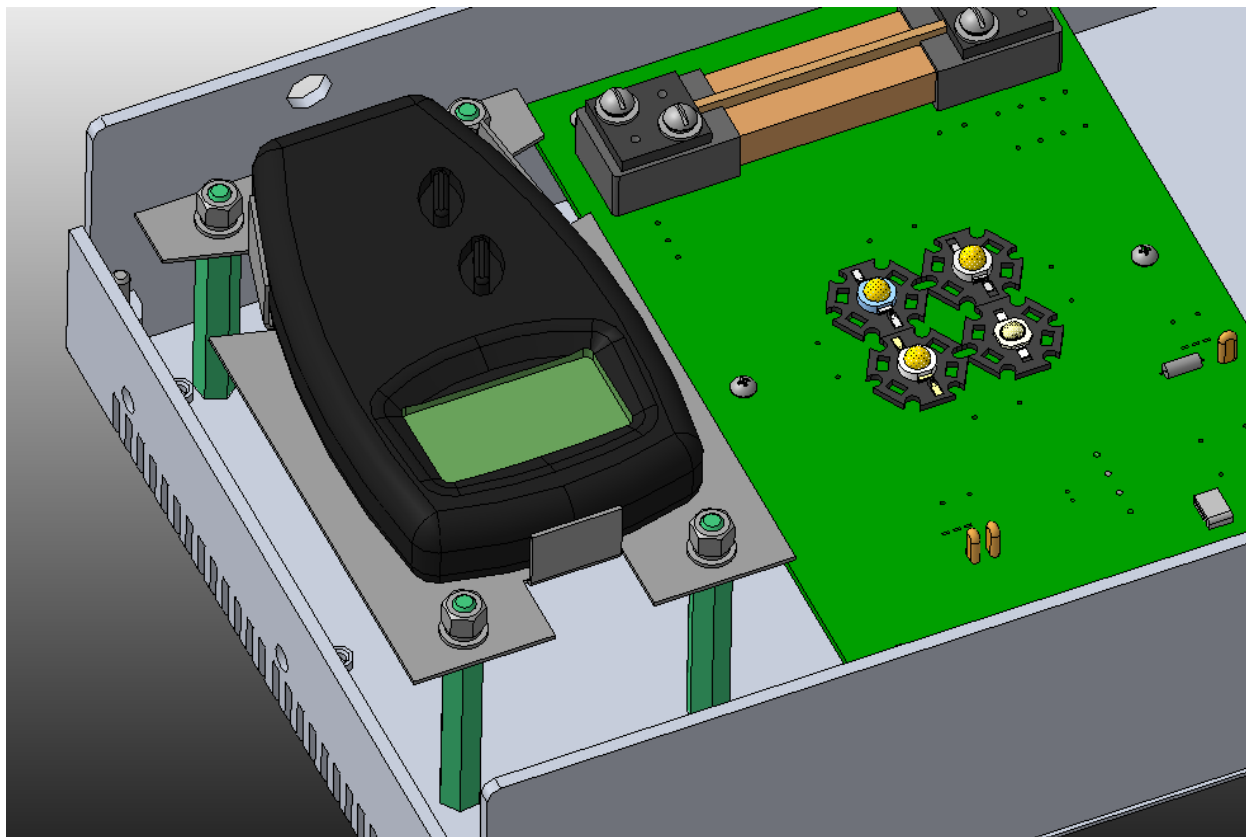


Рисунок 48 - Крепление держателя люксметра к корпусу стенда (крышка корпуса не показана).

Высота стоек, позволяющая прижать люксметр к верхней крышке, составляет 49 мм, но стойки с такой длиной не выпускаются. По этому для крепления люксметра используются стойки М5х60 по ГОСТу 20862-81, длина которых составляет 60 мм. При этом они дорабатываются до длины 49 мм.

Ко дну корпуса стойки крепятся четырьмя винтами А2.М5-6gx13. Для них в нижней части корпуса проделаны отверстия с фасками.

Крепление держателя люксметра к стойкам осуществляется с помощью четырех шайб А.5.31, четырех нормальных пружинных шайб 5 БрКМц3-1, четырех гаек М5-6Н.04.

Для доступа к люксметру, то есть кнопкам переключения на нем и дисплею, в крышке корпуса вырезаны под них отверстия.

Измерительная головка крепится к боковой части корпуса с помощью специального крепления - держателя головки люксметра, выполненного из оргстекла (рис. 49). В нем сделаны четыре отверстия с фасками с одной стороны, для крепления держателя к корпусу и четыре отверстия с другой стороны, для удобства монтажа держателя, то есть для продевания через них наконечника отвертки.

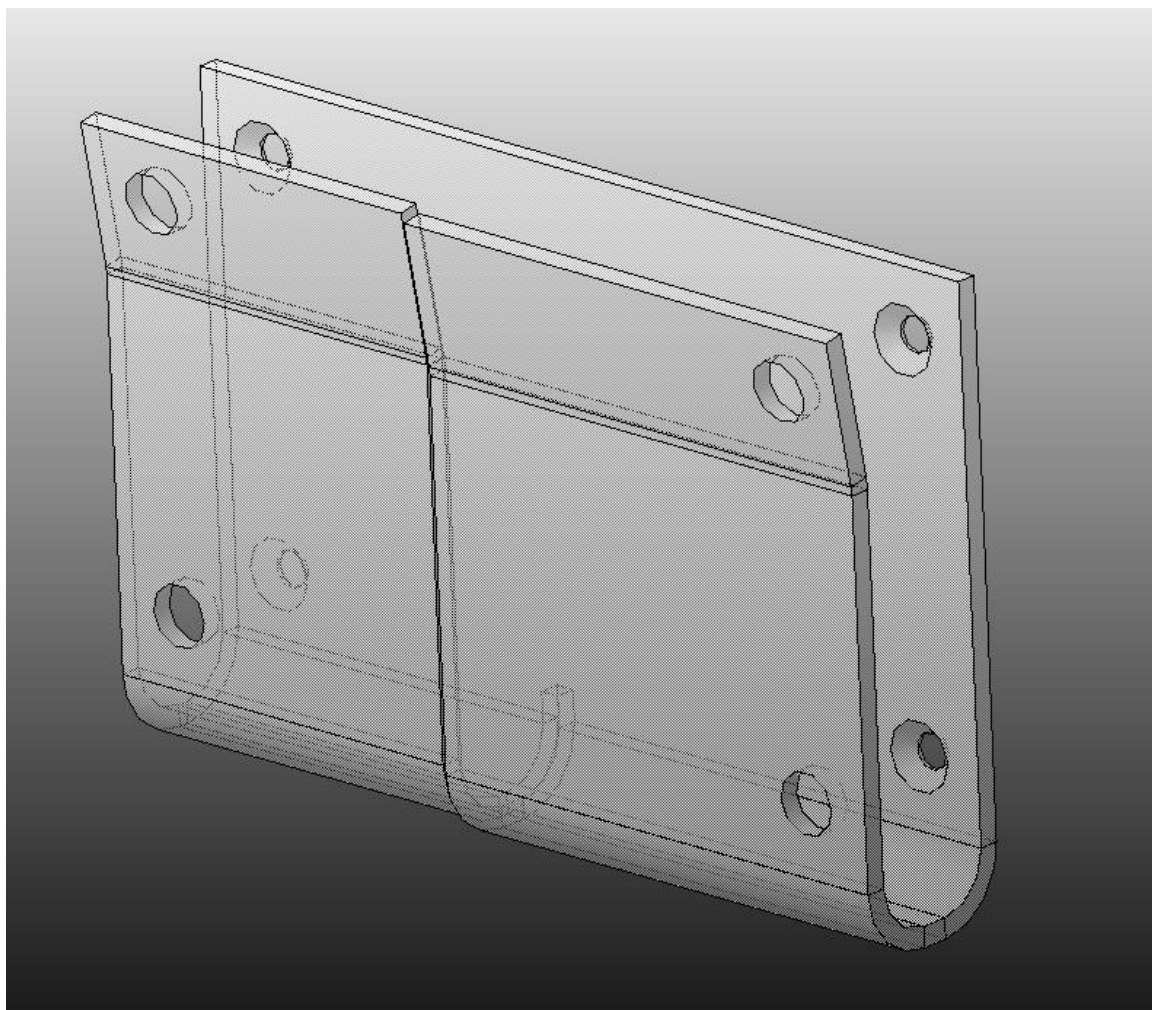


Рисунок 49 - Держатель измерительной головки люксметра

Держатель головки люксметра, в свою очередь, крепится к корпусу стенда с помощью четырех заклепок-гаек М4 ISO WS 9315 и четырех винтов А2.М3-6gx12 (рис. 50).

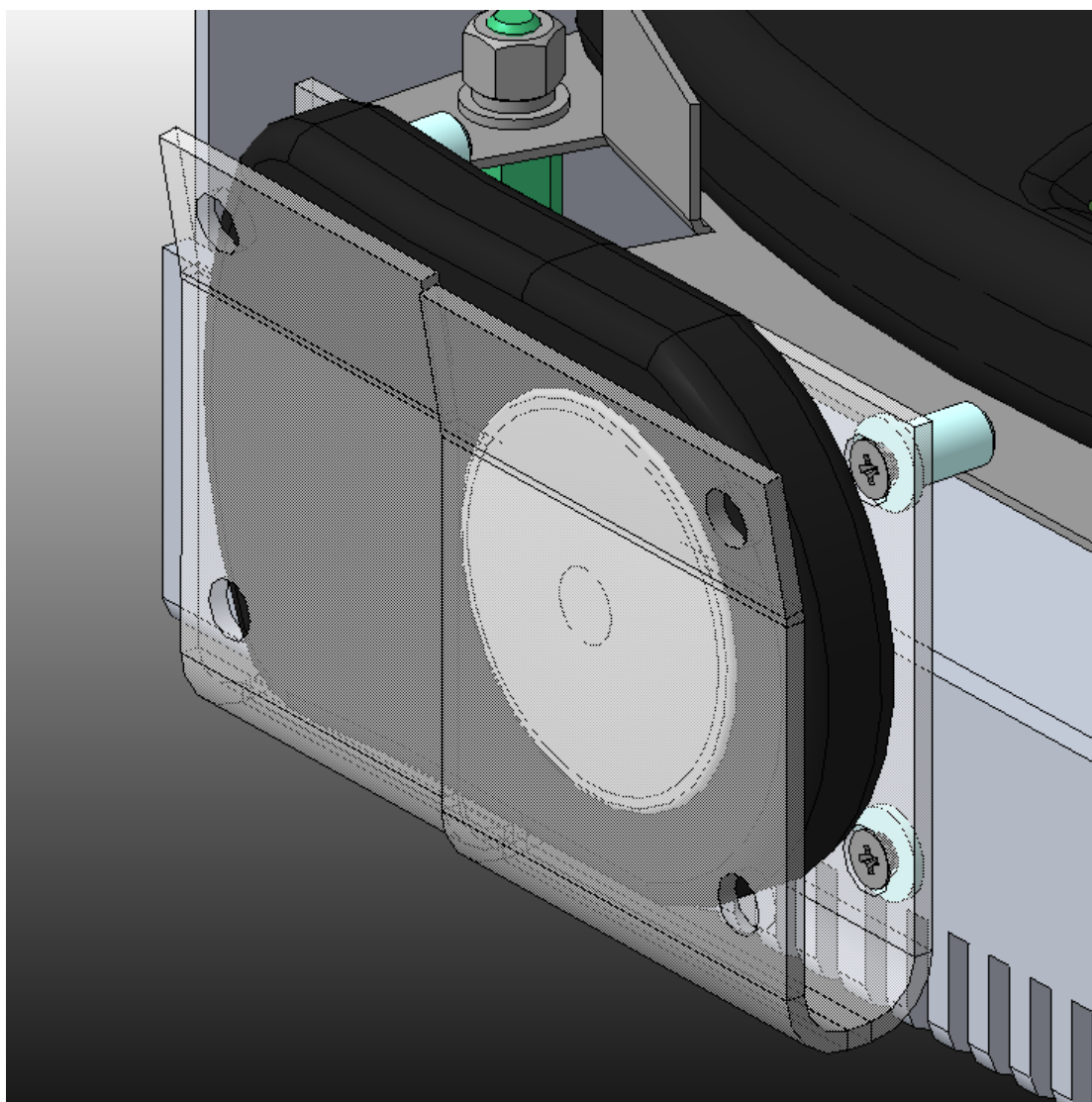


Рисунок 50 - Крепление держателя головки люксметра к корпусу стенда (крышка корпуса не показана).

Для крепления заклепок-гаек сбоку корпуса стенда проделано 4 отверстия.

6.2.7 Ламинированная бумага

Для более эстетичного вида всего стенда и для разъяснения каждого его элемента, на верхнюю крышку корпуса клеится ламинированная бумага с надписями. После приклеивания ламинированной бумаги, стенд будет иметь вид, как показано на рисунке 51.

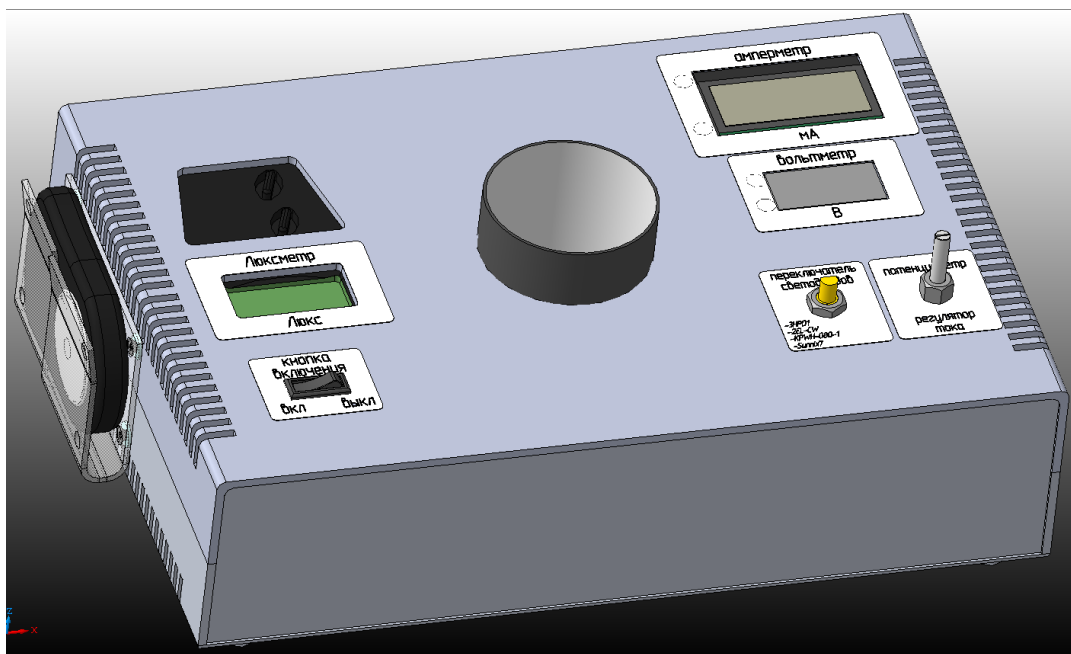


Рисунок 51 - Общий вид собранного стенда

Тонированная крышка

Для того чтобы обезопасить человека, работающего со стендом от яркого света светодиодов, разработана тонированная крышка из оргстекла (рис. 52).

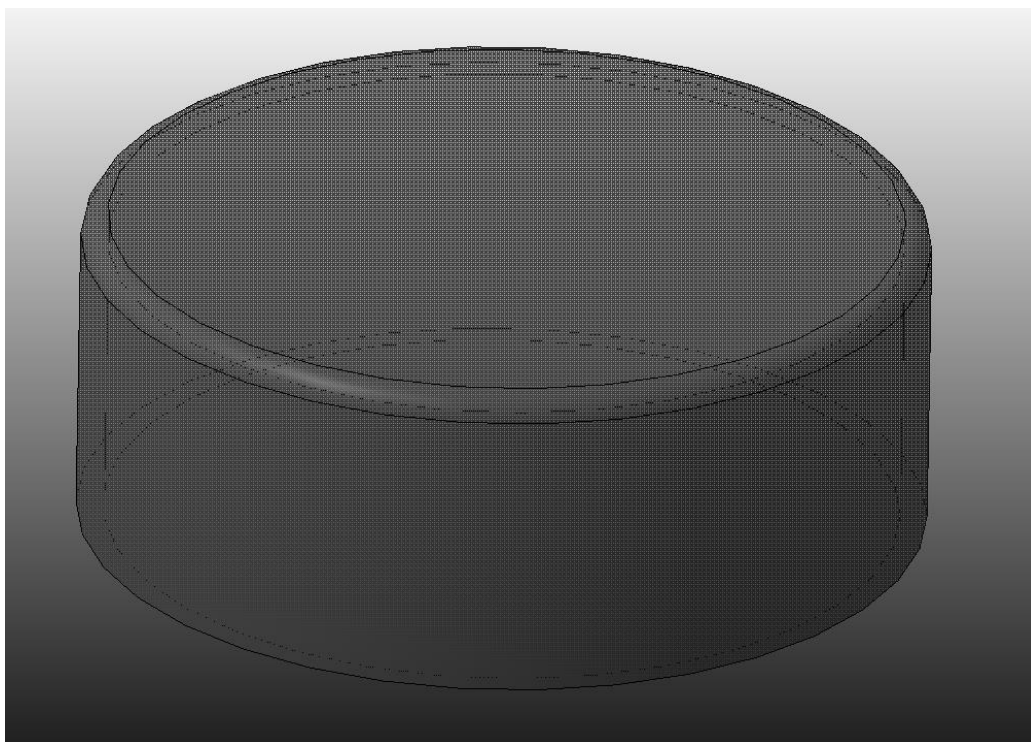


Рисунок 52 - Крышка тонированная из оргстекла

Она одевается плотным прилеганием на светоотражающую колбу, когда стенд выключен и когда включен и не происходит непосредственного измерения освещенности светодиодов измерительной головкой люксметра.

Светопоглощающие свойства крышки делают работу со стендом безопасной и при этом позволяют понять человеку, работающему со стендом, когда стенд в рабочем состоянии, то есть один из светодиодов горит.

В комплекте переключателя и потенциометра имеются специальные ручки, одевающиеся на вращающуюся часть элемента. Они нужны для удобства эксплуатации переключателя и потенциометра и для более эстетичного вида всего стенда.

Таким образом, лабораторный стенд в собранном состоянии будет иметь вид, как показано на рисунке 53

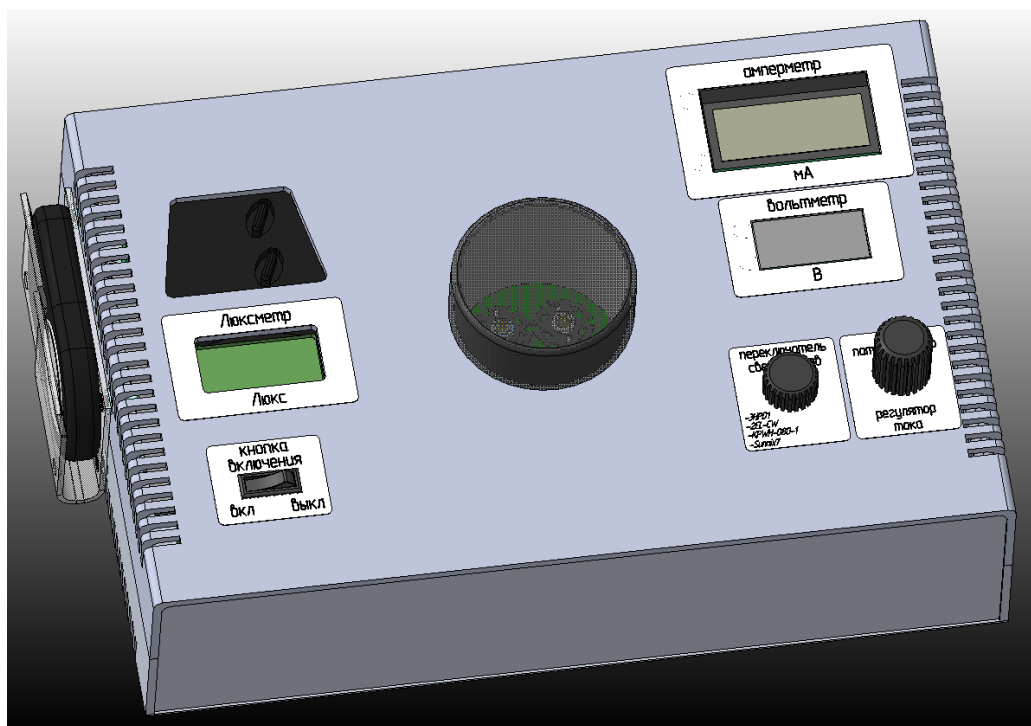


Рисунок 53 - Лабораторный стенд в собранном виде

5.3. Выбор вспомогательных элементов

Монтажная схема

На монтажной схеме изображены все соединения проводов между платой и оборудованием.

Сзади корпуса через нижнее отверстие проходит провод с вилкой, с помощью которого и будет осуществляться питание прибора от сети.

Подбор провода

Возьмем медный многожильный провод НВ сечением $0,5 \text{ мм}^2$. Он рассчитан на ток в $16,5 \text{ А}$, при этом в схеме лабораторного стенда максимальный ток достигает $0,5 \text{ А}$. Многожильность провода нужна для его гибкости и стойкости к излому.

Чтобы осуществить все соединения между элементами стенда необходимо около 3 м провода.

Подбор вилки

Выбор вилки осуществлялся по следующим требованиям:

- Рабочий ток не менее 0,5 А;
- Рабочее напряжение не менее 220 В;
- Невысокая стоимость.

По заданным требованиям была выбрана вилка В6-001 прямой ввод, чёрная (рис. 54)



Рисунок 54 - Вилка В6-001 прямой ввод, чёрная.

5.4 Безопасность и экологичность при изготовлении и эксплуатации стенда

Лабораторный стенд состоит из корпуса, впоследствии дорабатываемого, четырех деталей, платы и готовой покупной продукции. Изготовление корпуса предполагается производить в помещении, оборудованном вентиляцией, достаточным освещением и всем необходимым оборудованием.

Для того чтобы доработать корпус стенда, необходимы такие инструменты как: напильник, пила, сверло, штангенциркуль, клей.

Для того чтобы изготовить плату, необходимы такие инструменты как: паяльная станция, вытяжка, лупа, флюс, припой. Сама печатная плата изготавливается на специализированном оборудовании, и ее целесообразно заказывать.

Детали держатель люксметра и диск для крепления трансформатора выполняются из металла, с помощью специального оборудования. Их целесообразно заказать и не изготавливать самостоятельно.

Деталь держатель измерительной головки изготавливается из оргстекла с помощью таких инструментов как: напильник, пила, фен. Фен необходим для нагрева материала, и предоставления возможности его изгибания в нужные формы.

При изготовлении лабораторного стенда выполняются следующие работы:

- Монтаж электронных компонентов на печатную плату;
- Монтажные работы по доработке корпуса
- Сборка стенда.

5.5 Порядок работы со стендом

Работа со стендом включает в себя следующие этапы:

- ознакомиться с теорией о сверхъярких светодиодах;
- изучить устройство стенда;
- включить стенд кнопкой включения. При этом загорается один из четырех светодиодов, переключение между которыми осуществляется тумблером, и начинают работать цифровые амперметр и вольтметр. Если хотя бы один из этих элементов не начал свою работу после включения стенда, стенд неисправен;

- выкрутить потенциометр в крайнее положение, при котором на вольтметре и амперметре будет отображаться соответственно минимальные напряжение и сила тока;

- включить люксметр кнопкой включения на нем. При этом нужно убедиться в том, что он работает, признаком чего будет отображение на его дисплее какого-либо значения;

- зафиксировать значения на вольтметре, амперметре и люксметре в этом положении и затем выбрав некоторый шаг прокрутки потенциометра, продолжать фиксировать эти значения доходя до крайнего положения потенциометра, при котором на светодиодах установится максимальные напряжение и сила тока. Диапазоны изменения величин напряжения и силы тока при этом должны составлять соответственно около 2,6-3,5 В и 30-350 мА;

- повторить пункты 4 и 6 для остальных трех светодиодов путем переключения тумблера в другие три положения;

- по полученным данным составить вольтамперные характеристики и зависимости освещенности от силы тока для каждого светодиода и сделать выводы о зависимостях этих величин друг от друга;

- сравнить полученные в ходе работы данные с заявленными производителями характеристиками на светодиоды;

- сравнить светодиоды между собой и сделать выводы, принимая во внимание их стоимость, об эффективности использования каждого из представленных светодиодов.

Выводы по разделу.

В данном с использованием программы 3д моделирования разработана конструкция и 3д модель стенд; описан порядок работы со стендом.

Заключение

В ходе ВКР был разработан лабораторный стенд для изучения сверхъярких светодиодов:

- изучены основные разновидности и характеристики сверхъярких светодиодов, выбраны 4 из них с различными характеристиками и фирмами-изготовителями,
- Разработаны структурная и принципиальная схема,
- рассчитаны характеристики всех необходимых элементов и подобраны сами элементы,
- разработана печатная плата,
- разработана конструкция стенда, спроектировано расположение всех элементов внутри, а так же создана 3Д модель.

Лабораторный стенд не представляет опасности для экологии, при его изготовлении не вырабатываются токсичные или вредные вещества, светодиоды отработавшие свой срок также не являются токсичными или опасными отходами, требующими специальной утилизации.

Социальный эффект разработки лабораторного стенда состоит в облегчении изучения сверхъярких светодиодов, проверке на практике их свойств. Разработки подобных лабораторных стендов также дает предпосылки для дальнейшего более углубленного изучения сверхъярких светодиодов.

При оформлении ВКР пользовались литературой [6], [8], [9], [17].

Список используемой литературы

1. Все о светодиодах / интернет-журнал «светодиод» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.leds-magazine.ru> (дата обращения: 1.05.2024)
2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учеб. Пособие для приборостроит. Спец. Вузов. –М.: Высш. шк.1991.- 622 с.
3. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. –М: Высш. школа, 1982. -496 с.: ил.
4. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.platan.ru](http://www.platan.ru) (дата обращения: 17.05.2024)
5. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.chip-dip.ru](http://www.chip-dip.ru) (дата обращения: 17.05.2024)
6. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ: [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Оформление ВКР (Дата обращения: 18.07.2024)
7. Параметры RGB-светодиода. // <https://www.chipdip.ru/product/bl-l515rgbw-cc>. (Дата обращения: 22.05.2024).
8. Положение о выпускной квалификационной работе: утв. решен. учен. совет. от 28.08.2024 решение №226 : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о ВКР (Дата обращения: 18.09.2024)
9. Порядок обеспечения самостоятельности выполнения письменных работ в ТГУ : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о Антиплагиате (Дата обращения: 18.07.2021)
10. Сверхъяркие светодиоды - настоящее и будущее [Электронный ресурс]. URL: <http://www.led22.ru> (дата обращения: 1.05.2024)
11. Сверхъяркие светодиоды KTL [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bright-leds.ru> (дата обращения: 1.05.2024)

12. Сверхъяркие светодиоды белого свечения. Конструкция и особенности мощных светодиодов [Электронный ресурс]. URL:<http://www.go-radio.ru> (дата обращения: 1.05.2024)
13. Светодиоды - маркировка, характеристика, подключение. // Светодиодный мир нашего века. 2012. URL: https://svetodiode.blogspot.com/2012/01/blog-post_19.html. (Дата обращения: 22.05.2024).
14. Семёнов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. – 2 изд., испр - М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 416с.: ил.
15. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512 с., ил.
16. Хоровиц, Хилл: Искусство схемотехники. М.: Издательство БИНОМ 2014. -704 с., ил.
17. Электроника и нанoeлектроника, управление в технических системах, электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы / сост. Позднов М.В., Прядилов А.В. - Тольятти: ТГУ, 2019. - 41 с.
18. Diodes Incorporated [Электронный ресурс]. URL: <https://www.diodes.com> (дата обращения: 27.05.2024)
19. Electronic Components Datasheets [Электронный ресурс] URL: <http://www.datasheets.ru> (дата обращения: 17.02.2021)
20. Light-emitting diode [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode
21. LM78XX / LM78XXA 3-Terminal 1 A Positive Voltage Regulator [Электронный ресурс]. URL:<https://static.chipdip.ru/lib/164/DOC001164647.pdf> (дата обращения: 17.05.2021)
22. Rajendra P. Fundamentals of electrical engineering. - PHI Learning Pvt. Ltd., 2014. P.1064
23. Sahdev S.K. Basic Electrical Engineering. Pearson India, 2015. P.768