

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Лабораторне джерело живлення

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАС-41  
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Васюрина Д.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Яворський Б.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Марценюк А.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дедів Л.Є.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«27» травня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Васюрині Дмитру Дмитровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Лабораторне джерело живлення

Керівник роботи Яворський Богдан Іванович, д.т.н., професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 27 » 05 2022 року № 4/7-445

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи напруга живлення – (220±10%) В, частота (50±5%) Гц;  
регулювання/обмеження струму в навантаженні в діапазоні 0,03...4А;

регулювання вихідної напруги в діапазоні 0...18 В; споживана потужність, не більше 80 Вт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз технічного завдання;

2. Розробка схеми структурної цифрового детектора;

3. Проектування схеми електричної принципової;

4. Вибір і обґрунтування компонентної бази;

5. Розробка компоновки та монтажу цифрового детектора.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема;

2. Схема електрична принципова;

3. Друкована плата;

4. Друкований вузол;



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Лабораторне джерело живлення». Кваліфікаційна робота бакалавра// ТНТУ імені Івана Пулюя, ФПТ, група РАС-41. // Тернопіль, 2022р. //с.-50, рис.-26, табл.-7, бібліог.-15, додат.-3.

Ключові слова: ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, РЕГУЛЮВАННЯ СТРУМУ, РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ, ДАТЧИК СТРУМУ.

Роботу присв'ячено проектуванню лабораторного джерела живлення. На основі аналізу існуючих способів побудови регульованих блоків живлення розроблено структурну схему блоку живлення. Проведено огляд типових схемних рішень побудови лабораторних джерел живлення і їхніх параметрів, виконання кіл захисту тощо. На основі цього була проведена розробка та розрахунок схеми електричної принципової. В якості силового регулюючого елемента використано n-канальний IGBT транзистор HG TG30N60A4D. Також проведено вибір решти елементів схеми з врахуванням технічних та експлуатаційних характеристик пристрою. Виконано розробку друкованої плати та друкованого вузла лабораторного джерела живлення. Технічні вимоги до джерела живлення: напруга живлення –  $220\text{В} \pm 10\%$ , частота  $(50 \pm 5\%)$  Гц; регулювання напруги живлення в діапазоні  $0 \dots 18$  В; регулювання/обмеження струму в навантаженні в діапазоні  $0,03 \dots 4$ А; споживана потужність, не більше – 80 Вт.

## SUMMARY

Theme of qualification work: " Laboratory power supply ". Qualifying work of a bachelor // TNTU, FPT, group RAs-41. // Ternopil, 2021 //p.-50, fig.-26, table-7, bibliog.-15, appendix-3.

Key words: POWER SOURCE, CURRENT REGULATION, VOLTAGE REGULATION, CURRENT SENSOR.

The work is devoted to the design of a laboratory power supply. Based on the analysis of existing methods of construction of adjustable power supplies, the structural scheme of the power supply is developed. A review of typical circuit solutions for the construction of laboratory power supplies and their parameters, the implementation of protection circuits and more. On this basis, the development and calculation of the electrical circuit diagram was carried out. The n-channel IGBT transistor HGTG30N60A4D is used as a power control element. The rest of the circuit elements was also selected taking into account the technical and operational characteristics of the device. The development of the printed circuit board and the printed circuit board of the laboratory power supply has been performed. Technical requirements for the power supply: supply voltage - 220V  $\pm$ 10%, frequency (50 $\pm$ 5%) Hz; regulation of supply voltage in the range of 0... 18 V; regulation / limitation of current in the load in the range of 0.03... 4A; power consumption, no more than 80 W.

## Зміст

Вступ.....	7
1. Основна частина.....	8
1.1 Аналіз технічного завдання.....	8
1.2 Огляд способів побудови лабораторних джерел живлення.....	9
1.3 Вибір структурної схеми лабораторного джерела живлення.....	15
1.4 Опис та розрахунки схеми електричної.....	16
1.5 Вибір електрорадіоелементів.....	22
1.6 Проектування друкованої плати та друкованого вузла.....	34
1.7 Висновки до розділу 1.....	42
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	43
2.1 Вплив ультразвуку на організм людини.....	43
2.2 Режим зони надзвичайної екологічної ситуації.....	45
2.3 Висновки до розділу 2.....	47
Висновки.....	48
Список використаних джерел.....	49
Додатки	

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Цифровий детектор іонізаційного випромінювання	<i>Лім</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Васюрина Д.Д.				у	6	50
<i>Перевір.</i>		Яворський Б.І.				ТНТУ, РАс-41		
<i>Н. контр.</i>		Марценюк А.С.						
<i>Зат. каф.</i>		Дунець В.Л.						
<i>Рецензент</i>		Дедів Л.Є.						

## Вступ

*Актуальність роботи.* Для проведення лабораторних робіт, досліджень і випробувань приладів необхідне джерело живлення. Вимоги до джерел вторинного живлення, пред'являються дуже високі. Особливо до таких параметрів, як коефіцієнти пульсації і стабілізації. Так само обов'язковим є наявність захисту, як самого джерела так і навантаження. В даний час використовуються два типи джерел безперебійного живлення це імпульсний і лінійний.

Кожний із цих блоків володіє плюсами та недоліками. Останнім часом найбільшого поширення отримали імпульсні блоки живлення і джерела безперебійного живлення за рахунок своєї дешевизни. У схемотехніці імпульсних джерел живлення закладено формування потужних імпульсів та затухаючих коливань в обмотках трансформатора. Ці комутаційні процеси зумовлюють широкий спектр паразитного випромінювання. Тому корпус та з'єднувальні дроти джерела можуть стати антеною для випромінювання радіоперешкод. Це може стати на заваді їх використанню в лабораторіях оскільки їх вплив може негативно впливати на результати вимірювань, погіршуючи їх точність. Головною перевагою лінійних блоків живлення є їх простота застосування і виготовлення низький рівень шуму вихідної напруги, невелика вартість. Крім цього лінійні блоки живлення майже не створюють ніяких електромагнітних завад, які могли б впливати на роботу інших електронних пристроїв.

В даний час для проведення лабораторних досліджень необхідний лабораторний блок живлення, який задовольняв би всім вимогам і в той же час володів би низькою вартістю.

*Практичне значення.* Отримані рішення можуть знайти практичне застосування при проектуванні ефективних лабораторних джерел живлення з низькою собівартістю та високою доступністю.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
						7
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

## 1. Основна частина

### 1.1 Аналіз технічного завдання

В роботі необхідно розробити лабораторне джерело живлення, що забезпечує напругою живлення відповідні блоки і вузли радіоелектронної апаратури.

В процесі ремонту електронних пристроїв часто є потрібними декілька різних джерел живлення з різними напругами. В загальному такі джерела живлення по своїх технічних характеристиках є гіршими в порівнянні із промисловими блоками живлення.

Застосування сучасних схемних рішень та елементної бази дозволяють виготовити блок живлення, який по основних технічних характеристиках не буде гіршим за промислові аналоги.

Основні вимоги, які повинен задовільняти такий блок живлення: можливість регулювання напруги в межах від 0 до 18В, здатність забезпечувати струм в навантаженні до 4А при мінімальних пульсаціях, регулювання спрацювання захисту по струму. Також захист повинен зпрацьовувати так швидко, щоб запобігти пошкодженню самого блока живлення у випадку короткого замикання по виходу.

Отже блок живлення забезпечує напругою живлення відповідні блоки і вузли радіоелектронної апаратури.

Технічні вимоги до джерела живлення:

1. Напруга живлення – 220В  $\pm$ 10%, частота (50 $\pm$ 5%) Гц;
2. Регулювання напруги живлення в діапазоні 0...18 В;
3. Регулювання/обмеження струму в навантаженні в діапазоні 0,03...4А;
4. Споживана потужність, не більше – 80 Вт;

Виріб повинен відноситися до стаціонарного класу апаратури. Слід

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		8



зауважити, що виріб повинен відповідати класу захисту II типу ВР.

## 1.2 Огляд способів побудови лабораторних джерел живлення

На даний час досить легко знайти схему яка б відповідала заданим в завданні умовам. Розглянемо типові схеми регульованих блоків живлення.

На рис. 1.1 наведено схему електричну типового лабораторного джерела живлення. Проаналізуємо її.

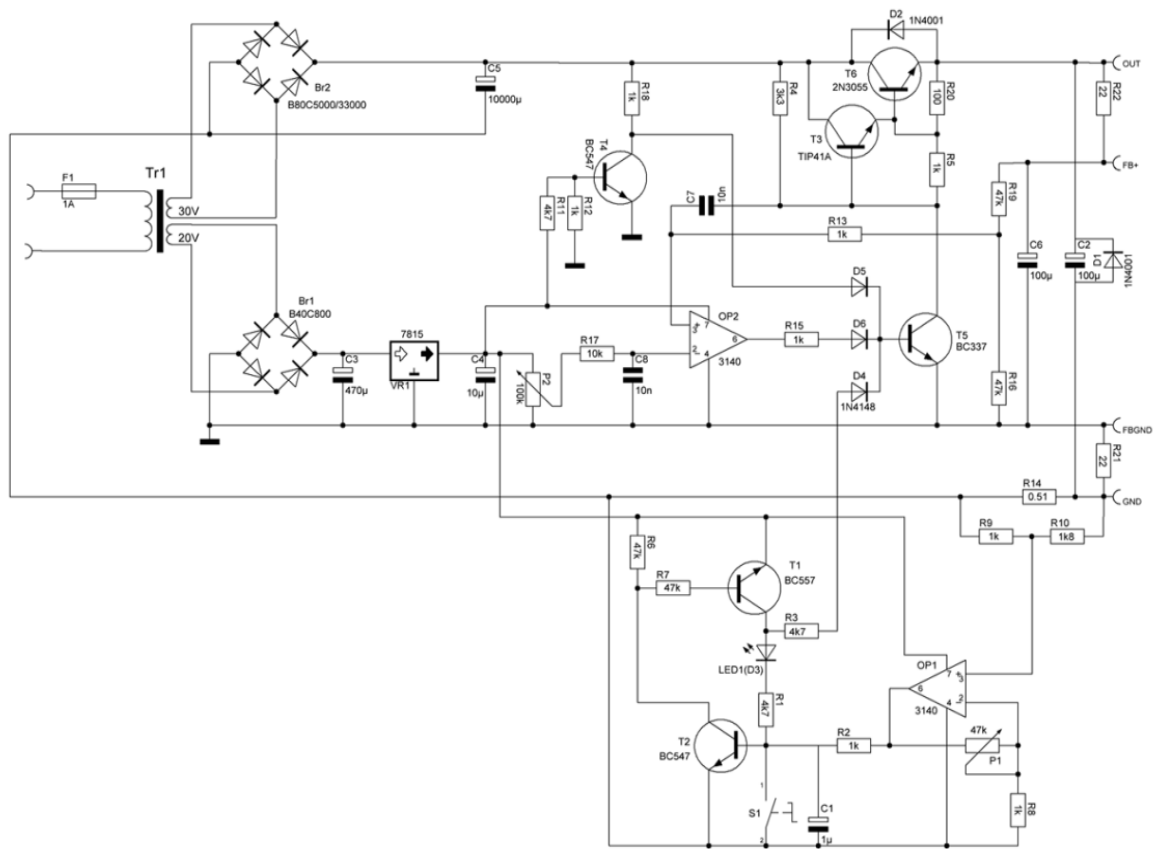


Рисунок 1.1 – Лабораторне джерело живлення

Трансформатор Tr1 перетворює напругу 220V в 30V, яке випрямляється діодним мостом G2 і згладжується конденсатором C5. Транзистори T3 і T6 утворюють транзистор Дарлінгтона. Коли T5 закривається, на C2 може бути до 30V. Так як напруга бази T3 0V,-30V буде між базою T3 і емітером T6. Він

може не витримати напруги менш-7В. Тому використовують резистори R5 і R20, які використовуються в якості дільника напруги-30В для захисту Т6.

Коли вихідний струм збільшується, напруга на R14 також буде збільшуватися. Ця напруга посилюється ОП U1. Коефіцієнтом підсилення можна управляти за допомогою потенціометра P1. Коли вихідна напруга U1 перевищує 0.6В Т2 відкривається. Через нього струм тече в Т1, який також відкривається. Коли струм з R3 потрапляє на Т5, напруга на виході знизиться до 0, і залишиться таким до того як перемикач SW1 замкнтий

Проаналізуємо ще один лабораторний блок живлення з регулюванням вихідної напруги та струму, а також із захистом від короткого замикання на виході (рис. 1.2). Лабораторний блок може забезпечити вихідним струмом до 3А та напругою до 30В.

Технічні характеристики

Напруга живлення (АС) ..... ~12-24В

Власний струм споживання ... менше 10мА

Вихідний струм ..... 10мА-3А

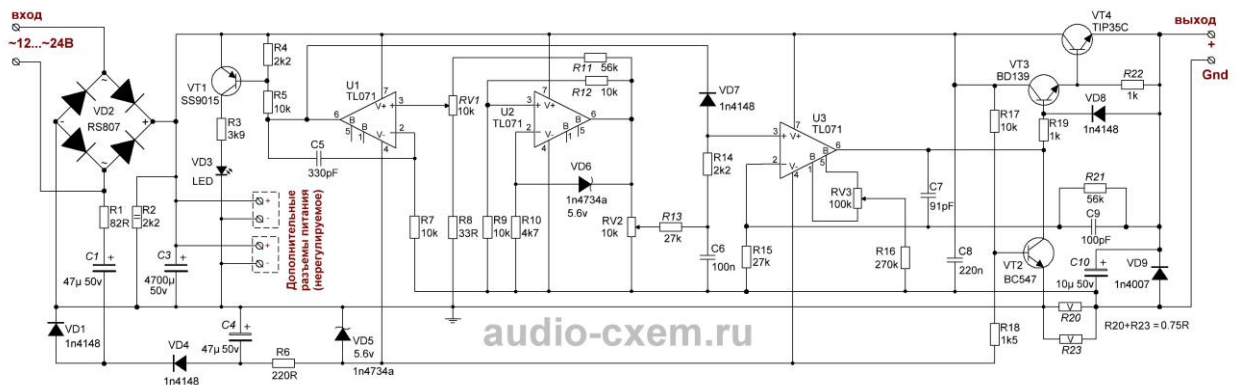


Рисунок 1.2 – Схема регульованого блока живлення

Живлення схеми двополярне. Основне плече (позитивне) випрямляється діодним мостом VD2, друге плече (негативне), яким живляться ОП U1 та U3, випрямляється діодами VD1 та VD4. Також негативне плече має стабілізацію - 5.6В, що забезпечується стабілітроном VD5. Служить негативне плече для

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

точної роботи при низьких вхідних напругах ОП (менше 1В). Якщо на вході ОП потенціал 0.2В щодо GND, то щодо негативної шини він буде вже 5.8В, що забезпечить меншу похибку та менші пульсації при підсиленні.

Джерело опорної напруги виконано на операційному підсилювачі U2. За рахунок позитивного зворотного зв'язку, організованого резистором R12, ОП самозбуджується. На його виході починає відбуватися зростання напруги до тих пір, поки на інвертую чому і неінвертуючому вході рівень сигналів не зрівняється. Це станеться тоді, коли на виході U2 напруга досягне 11.2В. На входах у цей час, за рахунок резистивних дільників, буде по 5.6В. Потенціал 11.2В буде опорним та стабільним (незмінним) при зміні вхідної напруги.

Регулювання напруги лабораторного блоку здійснюється за допомогою змінного резистора RV2 який включений як потенціометр. Змінюючи положення його повзунка, відбувається розподіл опорного потенціалу на неінвертуючому вході U3. На інвертуючий вхід U3 через дільник R21 R15 подається напруга з виходу лабораторного блоку живлення. Змінюючи опорну напругу, відбуватиметься зміна вихідної напруги U3, яка надходить на емітерний повторювач. Емітерний повторювач складається з транзисторів VT3 і VT4, включених за схемою Дарлінгтона, для збільшення коефіцієнта підсилення. Транзистор Дарлінгтона регулює вихідну напругу.

Обмеження струму лабораторного блоку живлення здійснюється потенціометром RV1. Потенціометр визначає рівень опорного потенціалу на неінвертуючому вході U1. На інвертуючий вхід подається потенціал з давача струму на елементах R20R23. Операційний підсилювач U1 увімкнений як компаратор. Коли на датчику струму а, отже, і на інвертуючому вході U1 напруга стане більше ніж на неінвертуючому вході, тоді на виході U1 з'явиться негативний потенціал, який через діод VD7 надійде на 3 вивід U3, змінивши його опорний потенціал. Таким чином, обмеження струму лабораторного блоку живлення забезпечується через регулювання напруги. Також негативний потенціал надійде на базу VT1 через дільник R4R5 і





Як регулюючий транзистор застосований біполярний складений n-p-n транзистор КТ827А.

Стабілізатор напруги блоку живлення реалізований на операційному підсилювачі мікросхеми DA1.2, що є підсилювачем помилки. Опорна напруга для цього підсилювача береться з мікросхеми стабілізатора напруги DA3 K157ХП2, що має внутрішнє термостабільне джерело опорної напруги 1,3 В. Виводи цього стабілізатора скомутовані на мінімальну вихідну напругу, тобто. 1,3В. Звідси і мінімальна вихідна напруга блоку живлення.

На інвертуючий вхід DA1.2 подається частина вихідної напруги блоку живлення через резистивний дільник R10 і R11. Від величини резистора R11 залежить максимальна вихідна напруга.

З виходу підсилювача помилки сигнал надходить через обмежуючий резистор R9 на базу керуючого транзистора VT1. У збалансованому режимі схеми напруга на повзунку змінного резистора R10 завжди дорівнюватиме напрузі джерела опорної напруги. "Крок вліво, крок вправо" цієї напруги викликатиме відповідну реакцію підсилювача помилки.

Мікросхема DA3 має вивід Вкл\Викл – 9. Якщо на нього подати напругу більше 2 В, то стабілізатор цієї мікросхеми починає працювати в штатному режимі, якщо цю напругу зняти, то стабілізатор вимикається, вихідна напруга практично дорівнює нулю. Тепер розглянемо повний алгоритм роботи схеми захисту. Нехай треба обмежити струм навантаження на рівні 3А. Протікаючи через резистор R1, цей струм викличе у ньому падіння напруги  $U=I \times R = 3 \times 0,05 = 0,15$ В. Ця напруга підсилиться ОП DA1.1 до рівня 5В. Щоб отримати таку напругу, треба, щоб коефіцієнт підсилення цього підсилювача дорівнював  $5В / 0,15І = 33,33$  (3). А коефіцієнт підсилення залежить від співвідношення величин резисторів R2 та R4 і рівний  $R4/R2$ ,  $4700/100 = 47$ . З виходу підсилювача напруги датчика струму сигнал подається на дільник напруги 1:2 – R5 та R6. Зрештою на вхід компаратора, роль якого виконує паралельний стабілізатор напруги DA2 K142ЕН19 з напругою джерела

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		14



пропорційною до струму, що протікає в навантаженні. Ця напруга порівнюється з значенням опорної напруги, змінюючи яку можна регулювати (обмежувати) струм в навантаженні. Підсилювач помилки порівнює з опорною напругою вихідну напругу блока живлення через подільник напруги.

#### 1.4 Опис та розрахунки схеми електричної

Схема електрична проєктованого джерела живлення, розроблена з врахуванням вище сказаного, наведена на рис.1.6. Джерело живлення дозволяє регулювати вихідну напругу на навантаженні в діапазоні від 0 до 18 В, а також струм в режимі обмеження/стабілізації від 0,03 до 4А. Чотирипровідна схема підключення спільно з точним/грубим регулюванням дозволяє встановлювати і підтримувати необхідні значення струму і напруги на навантаженні з великою точністю. Схема джерела живлення наведена нижче.

В якості регулюючого елемента застосовується IGBT-транзистор VT7. Ізольований затвор транзистора дозволяє істотно знизити струм і спростити схему управління. Крім того, IGBT-транзистори, як правило, мають менший тепловий опір перехід-корпус, що дозволяє розсіювати більшу потужність в порівнянні з біполярними.

Керуюча напруга на затвор VT7 подається з колектора транзистора VT5, навантаженням якого є джерело стабільного струму 20 мА, зібране на елементах VT6, VD4, R26, R29, C14. Стабільний струм колектора транзистора VT5 знижує вплив пульсацій напруги живлення, що поліпшує придушення пульсацій стабілізатора в цілому.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		16



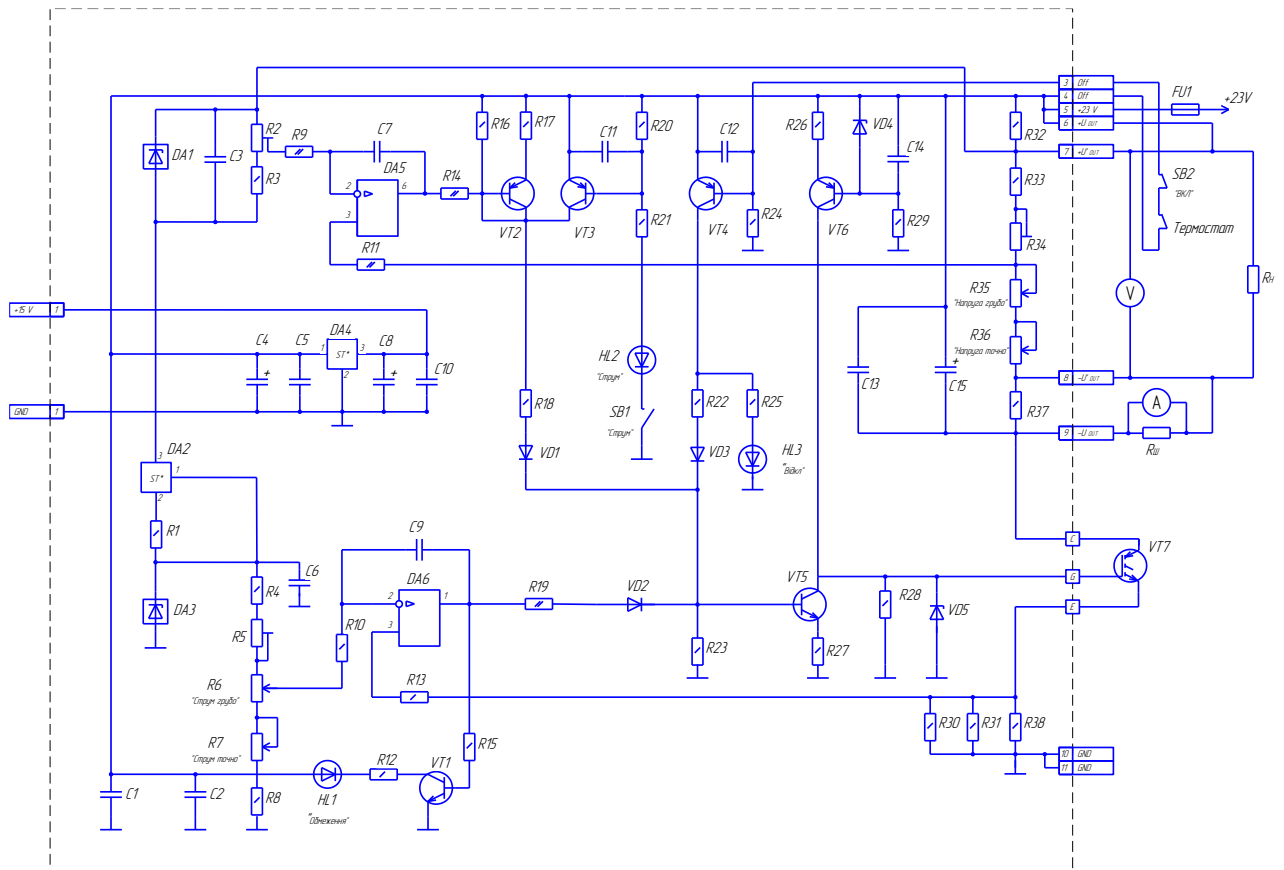


Рисунок 1.6 – Схема електрична проєктованого джерела живлення

Підсилювач помилки DA5 забезпечує стабілізацію напруги на навантаженні, підтримуючи рівність між опорною напругою 1 В, яка формується елементами DA1, C3, R2, R3 і напругою, яка формується подільником R36, R35 і R34, R33 щодо живлення 23 В. Для компенсації опору проводів +U<sub>вих</sub>, -U<sub>вих</sub> і вимірювального шунта R<sub>ш</sub> елементи джерела опорної напруги, а також резистори зворотного зв'язку по напрузі R33 ... R36 підключаються двома додатковими проводами +U'<sub>вих</sub> і -U'<sub>вих</sub> безпосередньо до навантаження. Резистори R32 і R37 забезпечують зворотний зв'язок по напрузі при невідключених до навантаження колах +U'<sub>вих</sub> і -U'<sub>вих</sub>. Стабілізація відбувається наступним чином. Збільшення напруги на навантаженні призводить до зростання напруги на резисторах R33, R34, яке через резистор R11 надходить на вив. 3 ОП DA5. Напруга на неінвертуючому вході ОП зменшується щодо інвертуючого, відповідно зменшується

напруга на виході DA5, що призводить до відкриття транзистора VT2. Зростаючий струм колектора VT2 відкриває транзистор VT5, який, у свою чергу, зменшує напругу на затворі VT7. Струм колектора VT7, а значить, і напруга на навантаженні буде зменшуватися до тих пір, поки не настане рівність напруг на входах ОП DA5.

Вимикач SB1 переводить стабілізатор в режим джерела стабільного струму. У включеному положенні SB1 транзистор VT3 відкривається і закриває транзистор VT2, блокуючи роботу підсилювача помилки DA5. Світлодіод HL2 індикуює включення режиму обмеження. У цьому режимі ОП DA6 порівнює падіння напруги на резисторах R28, R31, R38, яке відповідатиме струму в навантаженні, з напругою, що встановлена джерелом опорної напруги DA3 і дільником R4...R8. Збільшення напруги на вив. 3 ОП DA6 щодо напруги на вив. 2 викликає зростання напруги на виході ОП і відкриття транзистора VT5, який закриваючи транзистор VT7 зменшує струм в навантаженні. Внаслідок цього встановлюється баланс між опорною напругою і напругою на резисторах R28, R31, R38 яка і призводить до стабілізації струму в навантаженні. Стабілітрон VD5 обмежує напругу затвор-емітер на безпечному рівні, оскільки за відсутності навантаження в режимі стабілізації струму транзистор VT5 повністю закритий. Схема обмеження струму працює аналогічним чином і в режимі стабілізації напруги. Світлодіод HL1 відображає момент обмеження струму навантаження.

Вимикач SB2 і захисний термостат, включені послідовно, управляють живленням навантаження, підключеного до стабілізатора. Розмикання будь-якого з них призводить до відкриття транзисторів VT4 і VT5, закриття транзистора VT7 і зняття напруги з навантаження. Світлодіод HL3 індикуює режим відключення навантаження.

Джерело стабільного струму 6 мА, зібране на стабілізаторі DA2 живить джерела опорної напруги DA1 і DA3 компенсуючи зміни і пульсації напруги живлення 23 В, що робить опорну напругу залежною тільки від температури.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		18

Стабілізатор DA4 використовується для живлення зовнішніх пристроїв (цифровий ампервольтметр) і в роботі стабілізатора не бере участь.

Налаштування стабілізатора починається з установки нижньої межі напруги, яка в даному випадку збігається з опорною. Для цього резистори R35 і R36 викручують до упору проти годинникової стрілки - нижче за схемою становище. Контролюючи напругу вольтметром, і підлаштовуючи резистор R2, на виході стабілізатора встановлюють значення, рівне 1 В. Далі, змінні резистори R35, R36 встановлюють у зворотнє положення, і підстроюванням резистором R34 встановлюють верхню межу діапазону +18 В. Діапазон вихідної напруги можна налаштувати і на інші значення. Для нижньої межі досить встановити потрібне значення опорної напруги, а для верхньої - перерахувати номінали резисторів кола зворотнього зв'язку R33, R34, R35, R36:

$$U_{\max}/U_{\min}=(R35+R36/R33+R34)+1. \quad (1.1)$$

При цьому сумарний опір резисторів R33+R34 не повинен бути менше 1 кОм, оскільки вихідна напруга стабілізатора в режимі джерела стабільного струму практично дорівнює напрузі живлення.

Для налаштування обмежувача струму змінні резистори R6 і R7 викручуються до упору за годинниковою стрілкою - у верхнє за схемою положення. Підлаштуванням резистора R5 на вив. 2 ОП DA6 попередньо встановлюється напруга, рівна +0,2 В. Далі, ручки резисторів встановлюють на мінімальний струм обмеження - нижнє за схемою становище. До виходу стабілізатора підключається зовнішній амперметр, світлодіод HL1 повинен індикувати включення режиму обмеження струму. Плавнo обертаючи ручки резисторів R6 і R7, встановлюють максимальнє значення струму в навантаженні. При необхідності підстроюванням резистора R5 коригують максимальнє значення струму на виході. Резистор R8 визначає нижню межу

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		19

діапазону обмеження струму, і при необхідності її можна змінити, підібравши його номінал. Максимальний струм в навантаженні теж можна змінити, використовуючи вираз

$$U(\text{вив.2 DA6})=I_{\text{max}} \cdot R_{\text{ш}}, \quad (1.2)$$

де  $R_{\text{ш}}$  – загальний опір резисторів R28, R31, R38, при цьому бажано, щоб сумарна потужність, що розсіюється ними, не перевищувала 1 Вт.

IGBT транзистор VT7 можна замінити на польовий n-канальний транзистор, або на кілька паралельно з'єднаних транзисторів. Для підбору заміни необхідно порахувати, яка максимальна потужність буде розсіюватися на регулюючому транзисторі. Найгірший варіант - низькоомне навантаження в режимі джерела струму, коли на транзистор VT7 при максимальному струмі прикладається практично вся напруга живлення, при цьому на ньому розсіюється потужність  $P=4A \cdot 23V=92$  Вт Далі, із специфікації на транзистор, передбачуваний для заміни, вибираються наступні параметри: максимальна робоча температура переходу  $T_j$ , тепловий опір перехід-корпус  $R_{jc}$ , тепловий опір корпус - радіатор  $R_{cs}$ . Приміром, у транзистора IRFP044N ці параметри будуть наступні:  $T_j=175$  °C,  $R_{jc}=1,3$  °C/Вт,  $R_{cs}=0,24$  °C/Вт. Розрахуємо граничну температуру радіатора для потужності 92 Вт і вищевказаних параметрів:  $T_s=T_j-P \cdot (R_{jc}+R_{cs})=175-92 \cdot (1,3+0,24)=33$  °C. На практиці забезпечити настільки низьку температуру радіатора практично неможливо, а оскільки її подальше збільшення призведе до виходу з ладу транзистора VT7, необхідно зменшити розсіювану потужність, підключивши паралельно до VT7 один або два транзистора, збільшивши допустиму температуру нагрівання радіатора до 66 або 99 °C. Температура спрацьовування захисного термостата (наприклад В-1002) вибирається з урахуванням допустимих відхилень, які можуть досягати в останнього 10 %. Ізолюючі прокладки між транзистором і

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		20

радіатором збільшать тепловий опір  $R_{CS}$ , допустима температура нагріву радіатора стане ще меншою, так що їх застосування, по можливості, слід уникати.

Ємність конденсатора  $C4$  стабілізатора напруги живлення операційних підсилювачів знаходимо за формулою:

$$C4 = \frac{P_n}{200 \cdot K_n \cdot U_{жс}^2} \quad (1.3)$$

де  $P_n$  - номінальна потужність (5 Вт),

$K_n$  - коефіцієнт пульсацій (5%),

$U_{жс}$  - напруга живлення (23 В),

$$C4 = \frac{5}{200 \cdot 0,05 \cdot 23^2} = 945 \text{ мкФ} \quad (1.4)$$

Приймаєм  $C4=1000$  мкФ,  $C5=1$  мкФ.

Проведемо розрахунки номіналів елементів індикатора обмеження струму навантаження (рис. 1.7).

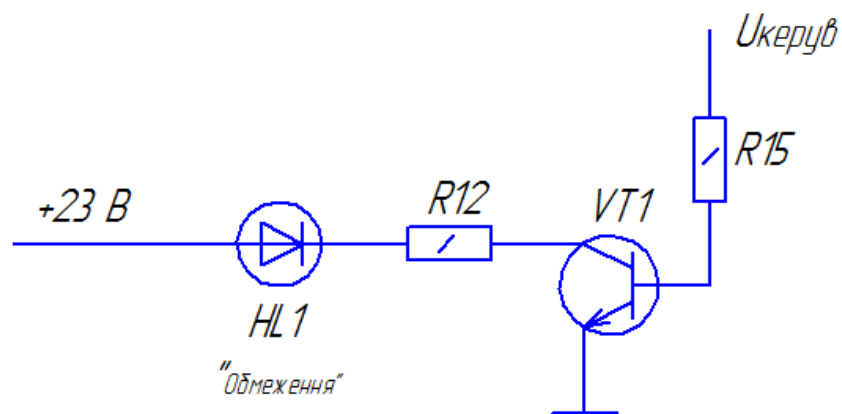


Рисунок 1.7 – Схема індикатора обмеження струму навантаження

Для світлодіода HL1 прямий струм складає 10 мА, а пряма напруга – 2 В. Нехай на транзисторі VT1 в відкритому стані падає 1,3 В. Відповідно на резисторі буде падати:

$$U_{R12} = 23 - 1,3 - 2 = 19,7 \text{ В.} \quad (1.5)$$

Тоді опір резистора становитиме:

$$R12 = \frac{U_{R12}}{i} = \frac{19,7}{10 \cdot 10^{-3}} = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.} \quad (1.6)$$

Прийmemo  $R12=2$  кОм.

Подібним чином розраховується решта елементів схеми електричної принципової.

### 1.5 Вибір електрорадіоелементів

Для більшості компонентів електронних приладів завод-виробник задає граничні значення експлуатаційних параметрів (I, U, W). Ці значення, як правило, встановлюються в залежності один від одного. Наприклад, граничне значення U на транзисторі залежить від температури, робоча напруга на конденсаторі залежить від частоти. Вміння вибирати електричні компоненти з врахуванням усіх існуючих параметрів - це є важлива професійна вимога до людей, які розробляють апаратуру. До найпростіших елементів електричних кіл належать резистори, конденсатори а також котушки індуктивності - це пасивні елементи. До них належать також елементи з нелінійними характеристиками: це діоди, стабілітрони, варистори, тощо.

Елементи, з нелінійними характеристиками виготовляють з напівпровідникових матеріалів.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		22

Активні компоненти володіють здатністю регулювати струм, який протікає через них, не тільки за допомогою прикладної напруги, але при дії керуючого впливу, який характеризується струмом, напругою, світловим потоком. До числа активних компонентів належать транзистори, фототранзистори, тиристори.

Більшість ІМС виконують певну функцію підсилювача, стабілізатора тощо. Такі пристрої називаються функціональними. Активні і функціональні пристрої достатньо складні. Їх номенклатура велика, але все таки обмежена в порівнянні з пасивними елементами. Вибір активних компонентів вимагає аналізу великого числа параметрів. Вирішуючи задачу проектування апаратури, в першу чергу вибирають активні і функціональні компоненти і ведуть розрахунок схеми.

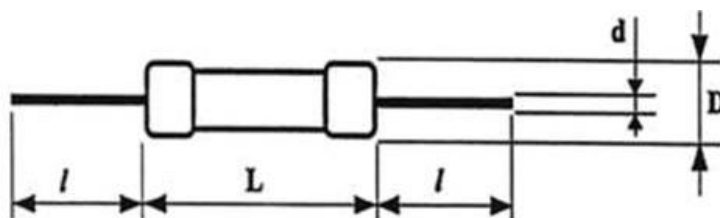
Робота кіл РЕА в першу чергу залежить від напруг, що їх живить. Стабілізатори напруги використовують у вторинних джерелах електроживлення, служать для забезпечення заданої якості та стабільності вихідних напруг і струмів; згладжування пульсацій і не залежить від зміни параметрів первинних джерел живлення та інших дестабілізуючих факторів.

У пристрої використані наступні типи радіоелементів.

Із великого ряду резисторів було вибрано резистори С2–23 тому, що вони за своїми параметрами (потужність розсіювання, габаритні розміри, напрацювання на відмову, робочій температурі) підходять найкраще, вони є найбільш поширеними і дешевшими в порівнянні з аналогами, а також регульовані резистори 16К1-А10К та підстроювальні резистори 3296W-1-103LF.

Резистори С2–23 – постійні з металодіелектричним провідним шаром.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
						23
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		



Тип резистора	Розміри, мм				Маса, г. <u>не більше</u>
	L	D	d	l	
C2-23-0,125	6,0	2,2	$0,5 \pm 0,06$	$20 \pm 3$	0,15
C2-23-0,25	7,0	3,0	$0,6 \pm 0,06$	$20 \pm 3$	0,25
C2-23-0,5	10,8	4,2	$0,8 \pm 0,06$	$20 \pm 3$	1,0

Рисунок 1.8 – Габаритні розміри резисторів C2-23

Технічні параметри резисторів C2-23, що застосовуються в проєктованому джерелі живлення:

- потужність 0,125 Вт;
- значення опору в межах від 1 до  $3 \cdot 10^6$  Ом;
- рівень власних шумів 1,5 мкВ/В;
- максимальна напруга 100 В.

Резистори 16K1-A10K – регулювальні однообертові. Технічні параметри резисторів:

- потужність 0,2 Вт;
- допуск на значення опору  $\pm 10\%$ ;
- функціональна характеристика логарифмічна;
- найбільша робоча напруга 150 В;



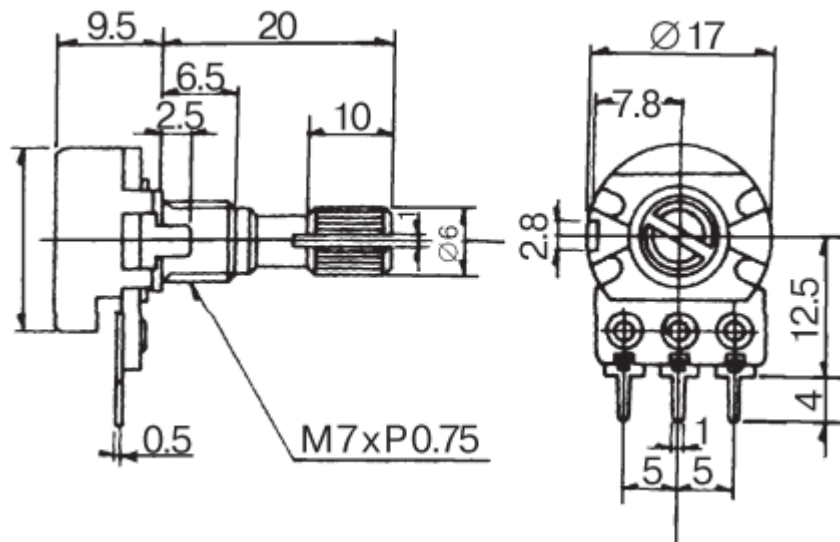


Рисунок 1.9 – Габаритні розміри резисторів 16К1-А10К

Резистори 3296W-1-103LF – регульовальні багатообертові. Технічні параметри резисторів:

- потужність 0,5 Вт
- допуск на значення опору  $\pm 10\%$ ;
- найбільша напруга 150 В;
- число обертів 25.

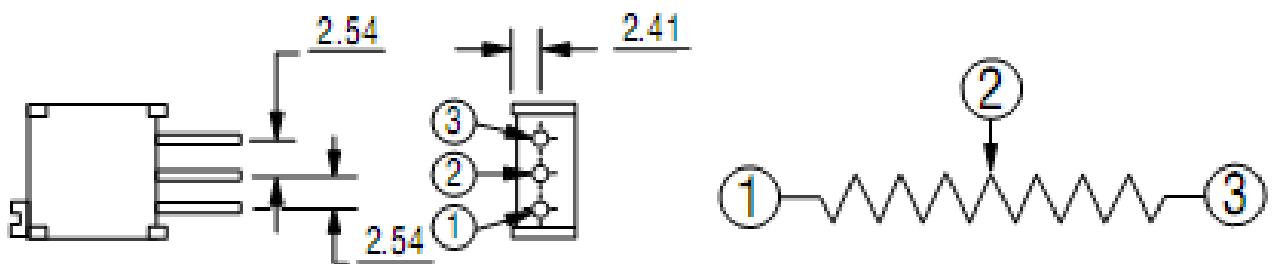


Рисунок 1.10 – Габаритні розміри резисторів 3296W-1-103LF

Із існуючої та доступної номенклатури конденсаторів мною було вибрано конденсатори типу К10-17 та К50-35.

Конденсатори К10-17-26 – керамічні постійної ємності з робочою напругою 25 В, діапазоном значень ємності від 2,2 до  $1 \cdot 10^4$  пФ.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

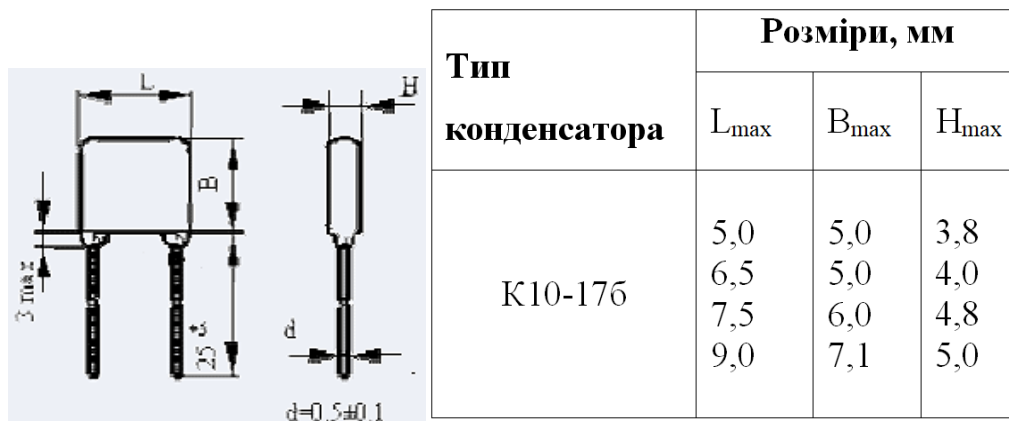


Рисунок 1.11 – Габаритні розміри конденсаторів K10-176

Конденсатори K50–35 – оксидні полярні.

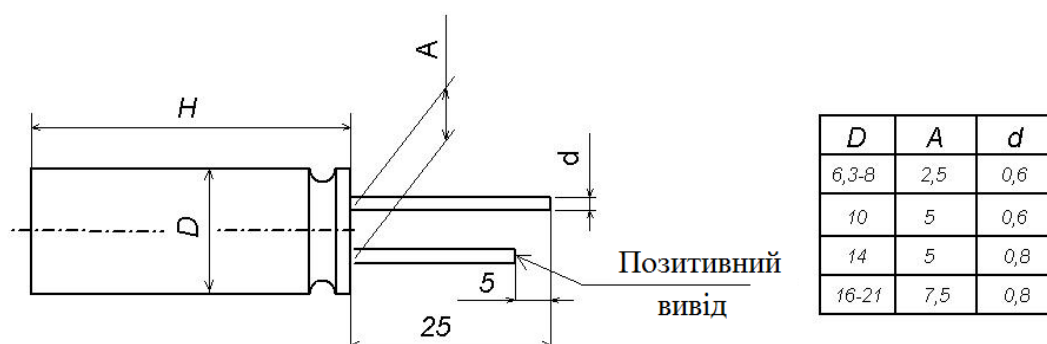


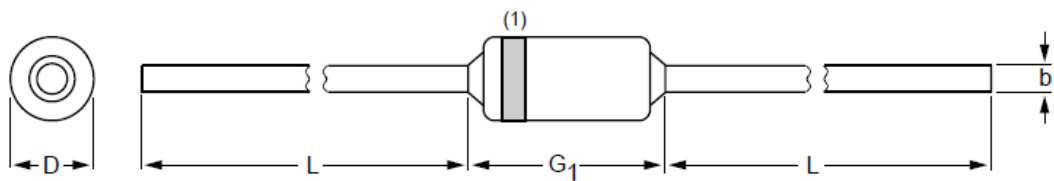
Рисунок 1.12 – Габаритні розміри конденсаторів K50-35

Технічні параметри конденсаторів K50-35:

- робоча напруга 50 В
- значення ємностей в межах від 1 до 10000 мкФ.

В якості діодів було вибрано діоди 1N4148, а в якості стабілітронів – 1N4728A та 1N4746A.

Кремнієвий діод 1N4148 (рис. 1.13) – це діод, для якого найбільший прямий струм становить 0,15 А, а зворотна напруга 99,9В при швидкодії не менше 4 нс.



	b max.	D max.	G <sub>1</sub> max.	L min.
mm	0.56	1.85	4.25	25.4

Рисунок 1.13 – Зовнішній вигляд діода 1N4148

Стабілітрони 1N4728A – кремнієві. Технічні параметри:

- найменша напруга стабілізації, В – 3,1;
- номінальна напруга стабілізації, В – 3,3;
- найбільша напруга стабілізації, В – 3,3;
- найбільший струм стабілізації, мА ... 76;
- потужність, Вт ... 1;
- корпус (рис. 1.14) ... do41.

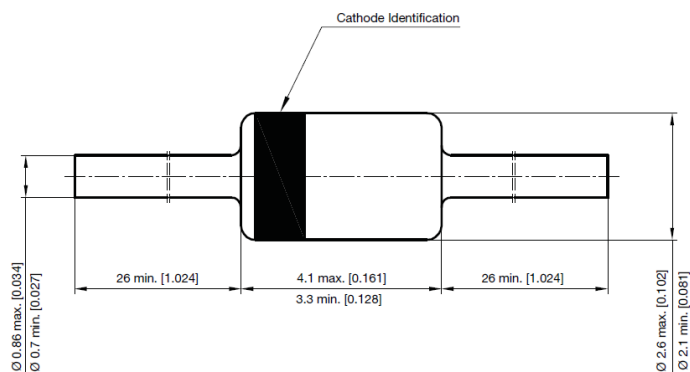


Рисунок 1.14 – Зовнішній вигляд стабілітрона 1N4728

Стабілітрони 1N4746A – кремнієві. Технічні характеристики:

- найменша напруга стабілізації, В – 17,1;
- номінальна напруга стабілізації, В – 18;
- найбільша напруга стабілізації, В – 18,9;
- найбільший струм стабілізації, мА – 50;



Транзистор 2SA733 – кремнієвий епітаксіально-планарний.

Технічні параметри транзистора 2SA733:

- найбільша напруга КБ, В ... 60;
- найбільша напруга КЕ, В ... 50;
- $h_{21e}$  ... 90-180;
- найбільший колекторний струм, мА ... 500;
- найбільша потужність колектора, мВт, ... 625.

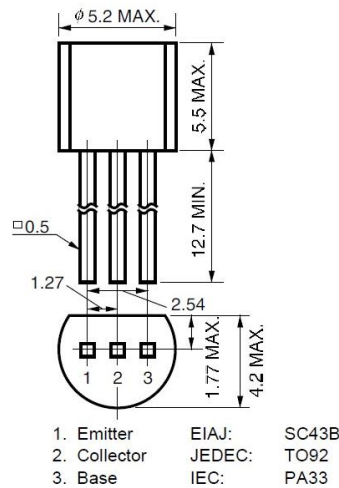


Рисунок 1.17 – Вигляд транзистора 2SA733

Транзистор BD139 – n-p-n, кремнієвий епітаксіально-планарний. Використовується в ключових і лінійних схемах, блоках і вузлах радіоелектронної апаратури широкого застосування.

Технічні параметри транзистора BD139:

- найбільша напруга КБ, В ... 100;
- найбільша напруга КЕ, В ... 80;
- $h_{21e}$  ... 63;
- найбільший колекторний струм, А ... 1;
- найбільша потужність колектора, Вт, ... 8.

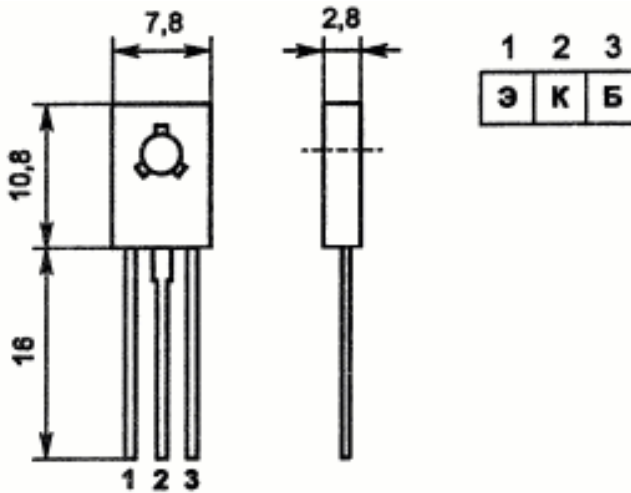


Рисунок 1.18 – Вигляд транзистора BD139

Транзистор BD140 – n-p-n, кремнієвий епітаксіально-планарний. Використовується в ключових і лінійних схемах, блоках і вузлах радіоелектронної апаратури широкого застосування.

Технічні параметри транзистора BD140:

- найбільша напруга КБ, В ... 80;
- найбільша напруга КЕ, В ... 80;
- $h_{21e}$  ... 40-250;
- найбільший колекторний струм, А ... 1,2;
- найбільша потужність колектора, Вт, ... 12,5.

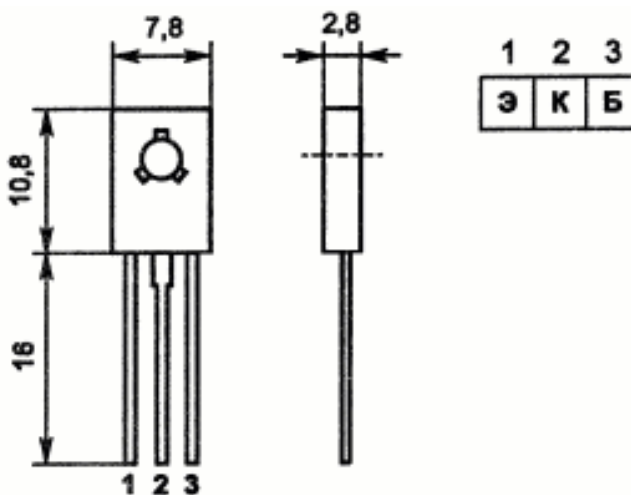


Рисунок 1.19 – Вигляд транзистора BD140

Транзистор HGTG30N60A4D – IGBT транзистор, n-канальний, кремнієвий епітаксіально-планарний.

Основні технічні характеристики транзистора:

- найбільша напруга КБ, В ... 80;
- найбільша напруга КЕ, В ... 600;
- напруга насичення, В ... 2,6 В;
- напруга управління, В ... 7;
- найбільший струм, А ... 75;
- найбільша потужність, Вт, ... 463.

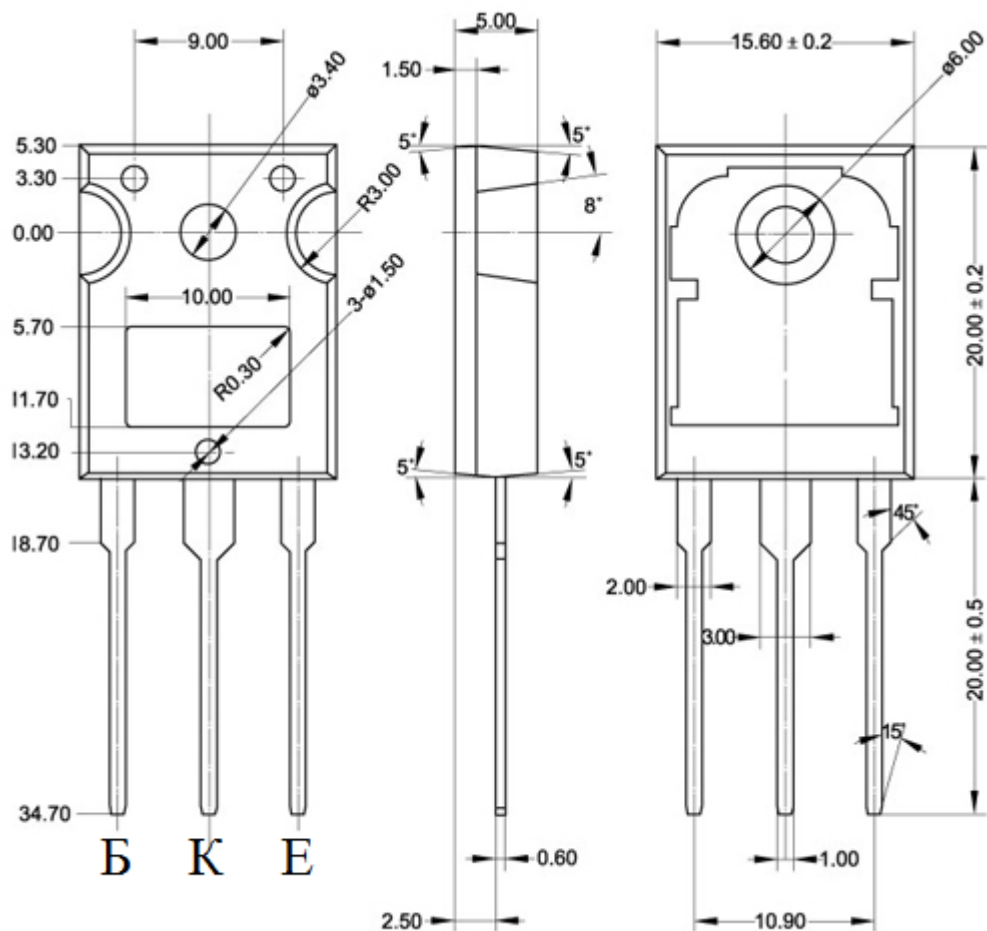


Рисунок 1.20 – Зовнішній вигляд транзистора HGTG30N60A4D

Наступними було вибрано мікросхеми LM385-2,5, LM317LZ, LM7815CV, TL071CN та LM358.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

ВДД 3.020.090.000 ПЗ

Арк  
31







- живлення – 3...32 В;
- смуга частот – до 1,1 МГц;
- вхідний струм зміщення – 20 нА;
- вхідна напруга зміщення – 2 мВ;
- тип корпусу – DIP-8.

### 1.6 Проектування друкованої плати та друкованого вузла

В роботі використовується тип 1А монтажу, при якому використовуються корпусні елементи, що встановлюються в отвори на друкованій платі (рис. 1.23).

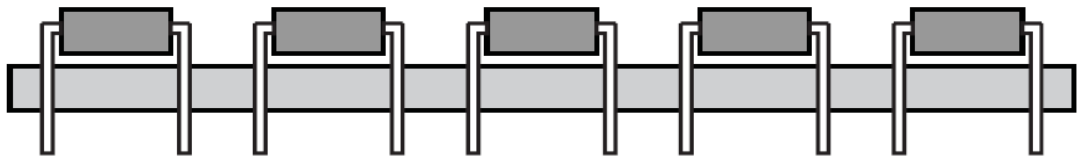


Рисунок 1.23 – Компоновка типу 1А

Використана елементна база наведена в додатках.

Номінальні розміри основних параметрів рисунка плати на кресленні в залежності від класу точності приведені в табл.1.1. Значення основних параметрів рисунка на готовій платі повинні бути в межах допуску на номінальний розмір.

Клас точності плати характеризується найменшою густиною провідного рисунка. Вибираємо для виконання друкованого рисунка другий клас точності.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		34

Таблиця 1.1 – Значення основного параметру рисунка плати, мм

Найменування основного параметра рисунка плати		Значення основного параметра рисунка у вузькому місці для плати класу точності			
		2	3	4	5
Ширина друкованого провідника	Номінальне значення на кресленні не менше	0,55	0,35	0,23	0,15
	Граничне відхилення	+0,10 -0,15	+0,05 -0,15	+0,0 5 -0,10	±0,0 4
	Мінімально допустиме значення (для варіанту постановки розмірів непровідного рисунка)	0,4	0,2	0,13	0,11
Віддаль між елементами провідного рисунка	Мінімально допустиме значення на кресленні	0,4	0,2	0,13	0,10
	Мінімально значення (для розрахунку трасування)	0,5	0,325 0,275	0,235 0,27	0,21 0,16
Ширина елемента непровідного рисунка ( для варіанту)	Номінальне значення на кресленні, не менше	0,5	0,275	0,235	0,16
Постановки розмірів непровідного рисунка	Граничне відхилення	+0,15 -0,10	+0,125 -0,075	+0,10 -0,05	±0,0 6
Гарантійний поясок контактної площадки для не металізованого отвору	Номінальне значення для розрахунку діаметра контактної площадки	0,5	0,45	0,4	0,35
Гарантійний поясок контактної площадки для металізованого отвору	Номінальне значення для розрахунку діаметра контактної площадки	0,45	0,35	0,25	0,25
Діаметр контактної площадки	Номінальне значення на кресленні, не менше	+0,10			
	Граничне відхилення	+0,10 -0,15	+0,05 -0,15	+0,05 -0,10	±0,04







Відстань між провідними елементами є не менше 0,8 мм – для плат 2 класу.

Враховуючи вищесказане для другого класу точності ( $\pm 0,35$ ) приймемо із запасом ширину провідника – 0,75 мм.

Знаючи всі конструктивні параметри елементів схеми електричної принципової та вимоги до розмірів елементів провідного рисунка друкованої плати проведено проектування топології друкованої плати та власне друкованого вузла джерела живлення з допомогою САПР P-CAD 2006. При розміщенні радіоелементів на платі керувались принципами мінімізації зв'язків, зручності монтажу, можливістю легкого доступу до електрорадіоелементів, які підбираються при регулюванні або потребують налаштування, необхідністю передбачити можливість конвекції повітря у зоні розташування елементів, які виділяють теплову енергію.

Друкована плата виготовляється позитивним фотохімічним способом.

Отже, компоновка значною мірою впливає на процес виготовлення приладу і тому досить важливо правильно розмістити всі складові елементи, щоб розроблюваний блок забезпечував необхідні параметри, відповідав технологічним вимогам і мав естетичний вигляд.

Враховуючи невелику кількість електрорадіоелементів використаних у схемі, а також їх малі габаритні розміри і невелику масу, реалізуємо вузол блоку на одній друкованій платі.

Зовнішній вигляд компоновки друкованої плати наведено на рис. 1.24.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
						39
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

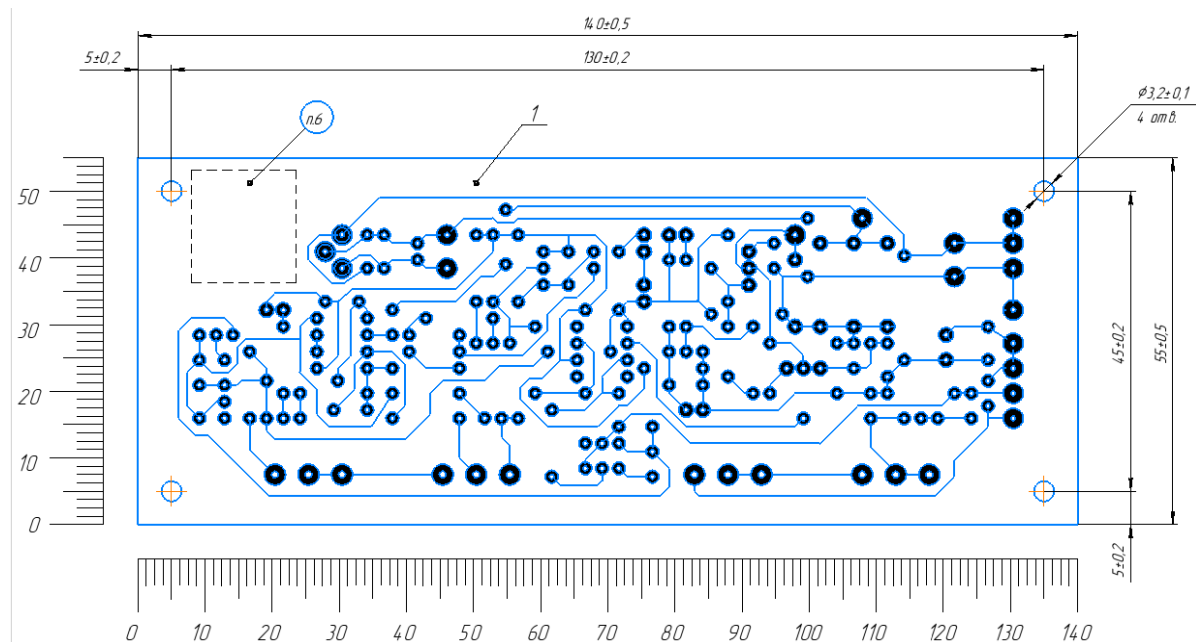


Рисунок 1.24 – Друкована плата лабораторного джерела живлення

Як видно з рис. 1.24, друкована плата є односторонньою, всі провідні елементи розміщені з однієї сторони друкованої плати. Також на кресленні наведено параметри монтажних зтворів і площадок, розміри яких збільшені для кращого кріплення елементів і підвищення віброміцності. Їх розміри наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Параметри отворів і монтажних площадок

Умовні позначення отворів	Діаметр отворів, мм	Размір контактних площадок	Наявність металізації	Кількість
	$0,8\pm 0,08$	$1,7\pm 0,1$	-	173
	$1,2\pm 0,2$	$2,2\pm 0,1$	-	31
	$3,2\pm 0,1$	-	-	4

Також отримано складальне креслення друкованого вузла (рис. 1.25).





## 1.7 Висновки до розділу 1

В основній частині проведено: аналіз технічного завдання, огляд способів побудови лабораторних джерел живлення, вибір структурної схеми лабораторного джерела живлення, опис та розрахунки схеми електричної, вибір електрорадіоелементів, проектування друкованої плати та друкованого вузла.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
						42
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

## 2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

### 2.1 Вплив ультразвуку на організм людини

Електромагнітне випромінювання в оптичній області, що примикає з боку коротких хвиль до видимого світла і має довжину хвиль в діапазоні 200...400 нм, називають ультрафіолетовим випромінюванням (УФВ). Вплив його на людину оцінюють еритемною дією (почервоніння шкіри, що приводить через 48 годин до її пігментації - засмазі).

Проблема ультрафіолетового випромінювання як виробничого та екологічного чинника обумовлена широким використанням джерел постачання в народному господарстві, збільшенням рівнів сонячного випромінювання у зв'язку зі зменшенням озонового шару, зростанням кількості захворювань, зокрема злоякісних і доброякісних пухлин шкіри, та інших порушень стану здоров'я, що викликаються ультрафіолетовою радіацією.

При тривалій відсутності УФВ в організмі розвивається «світлове голодування». Тому воно необхідно для нормальної життєдіяльності людини. Однак, при тривалому впливі великих доз УФВ можуть наступити серйозні поразки очей і шкіри. Зокрема, це може призвести до розвитку раку шкіри, кератитів (запалень рогівки) і помутніння кришталіка очей (фотокератиту, який характеризується прихованим періодом від 0,5 до 24 годин). Для профілактики несприятливих наслідків, викликаних дефіцитом УФВ, використовують сонячне випромінювання, влаштовуючи солярії, інсоляцію приміщень, а також застосовуючи штучні джерела УФВ.

На промислових підприємствах джерелами ультрафіолетових випромінювань є дуга електрозварювання, ртутно-кварцові лампи, лазери, інші прилади та установки. Формування й вплив на працюючих оптичного випромінювання в ультрафіолетовій області відбувається при електрогазозварювальних процесах, на роботах з плазменними технологіями

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		43

(різка металу, напилювання, наплавлення металу), при використанні різних світильників та випромінювачів з кварцовими, ртутними, галогенними лампами, інших спектральних джерел. У різних галузях економіки та народного господарства широке застосування знаходять такі сучасні технології, як ультрафіолетове сушіння, установки для знезараження повітря, поверхонь та води, різні медичні та інші випромінювачі (перукарське устаткування, манікюрні лампи, солярії та інші).

Професіональному впливу УФВ піддаються електрогазозварювальники, копіювальники друкованих форм, працівники тепличних господарств, медичний персонал (фізіотерапевти, стоматологи, педіатри) та інші працівники, обслуговуючі різні джерела ультрафіолетового випромінювання. З іншого боку, при дорожніх, сільськогосподарських, будівельних та інших видах робіт, виконуваних на свіжому повітрі, відбувається вплив на працюючих природного УФ-випромінювання, як складової сонячної радіації. Окремо слід виділити групу працівників різних професій (звані "прихвачувальники"), які виконують спільні зі зварником роботи з фіксації деталей великогабаритних конструкцій в останній момент накладення первинного шва. Ці роботи виконують самі зварювальники (різних спеціальностей), і працівники інших професій - слюсарі механозбиральних робіт, монтажники та інші. Особливість таких робіт - короткочасність використання зварювальної дуги, її "імпульсний" характер під час "прихвачування" деталей зварювальної конструкції. Зазначені роботи, необхідно виконувати в окулярах із захисними фільтрами.

При впливі надлишкового ультрафіолетового випромінювання можливий розвиток низки захворювань і патологічних станів, насамперед, із боку органу зору, серед яких найчастіше відзначаються катаракта чи помутніння кришталика очі, запалення роговиці (кератит), слизових оболонок (фотоофтальмія). УФ-переопромінювання може призвести до хвороб шкірних покривів: запалювальне почервоніння шкіри чи еритема, прискорення

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
						44
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

старіння шкіри, алергічні реакції, пухлини шкіри, в тому числі злоякісні (рак шкіри, меланома).

До засобів колективного захисту від УФВ відносяться різні пристрої (огороджувальні, вентиляційні, автоматичного контролю і сигналізації, дистанційного управління), а також знаки безпеки. Індивідуальний захист від УФВ здійснюють різними екранами: фізичними (у вигляді різних предметів, що поглинають, розсіюють або відображають промені) і хімічними (хімічні речовини та захисні креми, що містять інгредієнти, які поглинають УФВ). Для захисту також використовують виготовлений із тканини (попліну та ін) спеціальний одяг, окуляри із захисними фільтрами. Повний захист від УФВ усіх хвиль забезпечує флінтглас (скло, що містить окис свинцю) товщиною 2 мм. При влаштуванні приміщень враховують, що відображуюча властивість різних оздоблювальних матеріалів для УФВ і видимого світла різна.

## 2.2 Режим зони надзвичайної екологічної ситуації

Режим зони надзвичайної екологічної ситуації - це особливий правовий режим, який може тимчасово запроваджуватися в окремих місцевостях у разі виникнення надзвичайних екологічних ситуацій і спрямовується для попередження людських і матеріальних витрат, відвернення загрози життю і здоров'ю громадян, а також усунення негативних наслідків надзвичайної екологічної ситуації.

Запровадження відповідного правового режиму передбачає виділення державою (або органами місцевого самоврядування) додаткових фінансових та інших матеріальних ресурсів, достатніх для нормалізації екологічного стану і відшкодування завданих збитків, запровадження спеціального режиму поставок продукції для державних потреб, реалізації комплексних та цільових програм громадських робіт.

Законодавство про зону надзвичайної екологічної ситуації становлять:

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
						45
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

- Закон України від 25 червня 1991 року "Про охорону навколишнього природного середовища";

- від 14 грудня 1999 року "Про аварійно-рятувальні служби";

- від 16 березня 2000 року "Про правовий режим надзвичайного стану";

- від 13 липня 2000 року "Про зону надзвичайної екологічної ситуації";

- а також прийняті відповідно до них нормативно-правові акти.

Підставами для оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації можуть бути:

- значне перевищення гранично допустимих норм показників якості навколишнього природного середовища, визначених законодавством;

- виникнення реальної загрози життю та здоров'ю великої кількості людей або заподіяння значної матеріальної шкоди юридичним, фізичним особам чи навколишньому природному середовищу внаслідок надмірного забруднення навколишнього природного середовища, руйнівного впливу стихійних сил природи чи інших факторів;

- негативні зміни, які сталися у навколишньому природному середовищі на значній території і які неможливо усунути без застосування надзвичайних заходів з боку держави, або які суттєво обмежують чи виключають можливість проживання населення і провадження господарської діяльності на відповідній території;

- значне збільшення рівня захворюваності населення внаслідок негативних змін у навколишньому природному середовищі. Окрема місцевість України оголошується зоною надзвичайної екологічної ситуації Указом Президента України, затвердженим Верховною Радою України за пропозицією Ради національної безпеки і оборони України або за поданням Кабінету Міністрів України.

В такому Указі Президента України має бути зазначено:

- обставини, що стали причиною та обґрунтуванням необхідності оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації;

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		46



## Висновки

В кваліфікаційній роботі виконано проектування лабораторного джерела живлення.

На основі аналізу існуючих способів побудови регульованих блоків живлення розроблено структурну схему блоку живлення. Проведено оглят типових схемних рішень побудови лабораторних джерел живлення і їхніх параметрів, виконання кіл захисту тощо. На основі цього була проведена розробка та розрахунок схеми електричної принципової. В якості силового регулюючого елемента використано n-канальний IGBT транзистор HGTG30N60A4D. Також проведено вибір решти елементів схеми з врахуванням технічних та експлуатаційних характеристик пристрою.

Виконано розробку друкованої плати та друкованого вузла лабораторного джерела живлення. Установка компонентів на друковану плату виконана відповідно до вимог ДСТУ 2783-94. При цьому застосовано такі пакети програм, як Компас та P-Cad. За допомогою середовища P-Cad проведено трасування друкованої плати та одержано складальне креслення друкованого вузла. В середовищі Компас проведено оформлення всієї графічної документації згідно діючих вимог ЄСКД.

Проведено аналіз охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
						48
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		



## Список використаних джерел

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов.-М.:СОЛОН Р, 2001. - 321с.
2. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства:Справ, радиолюбителя/ Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. - 4-е изд., стер.- Киев: Наук. думка, 1988,-800с.: ил.-Библиогр.: с. 765-800.
3. П. Хоровиц, У. Хилл. Искусство схемотехники. 2.М: Мир, 1986. - 590 с.
4. Технологія і автоматизація виробництва радіоелектронної апаратури- М.: Радіо і зв'язок, 1989 - 263 с.
5. Радиопередающее устройства : Учебник для вузов. / Л. А. Белов, М. В. Благовещенский, В. М. Богачев и др.; Под ред. М. В. Благовещенского, Г. М. Уткин. – М.: «Радио и связь», 1982. – 408 с., ил.
6. Радиопередающие и радиоприемные устройства / В. Г. Левичев. – М., «Воениздат», 1974. – 510 с.
7. Радиопередающее устройства : Учебник для техникумов / М. С. Шумилин, В. П. Севальнев, Э. А. Шевцов. – М.: «Высш. Школа», 1981.-293 с.
8. Основа теории транзисторов и транзисторных схем. / И.П.Степаненко. - М., «Энергия», 1977. – 672 с.
9. Мощные полупроводниковые приборы. Транзисторы: Справочник. / Б. А. Бародин, В. М. Ломакин, В. В. Мокряком и др.; Под ред. А.В. Голомедова. - М., «Радио и связь», 1985. – 560 с.
10. Полупроводниковые приборы. Транзисторы: Справочник. / В.А. Аронов, А. В. Баюков, А. А.Зайцев и др. Под общей редакцией Н. Н. Горюнова - М., «Энергоиздат», 1982. – 904 с.
11. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник. / К. М. Бережнева, Е. И. Гантман, Т. И. Давыдова и др. Под общей редакцией Б.Л. Перельман – М., «Радио и связь», 1981. – 656 с.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		49

12. Проектирование радиопередающих устройств: Учебник для вузов. / В. В. Шахгильдян, И. А. Попов и др.: Под редакцией В. В. Шахгильдяна. – М., «Радио и связь», 1984. – 424 с.

13. Радиопередающие устройства связи и вещания: Учебник для техникумов. / О. Л. Муравьев – М., «Радио и связь», 1983. – 352 с.

14. Проектирование радиопередающих устройств малой и средней мощности. / М. В. Верзунов, Е.Г. Лапицкий, А.М. Семеновский, Л.Н. Сосновский. - Л., «Энергия», 1967. – 376 с.

15. Справочник по акустике / Под ред. М. А. Сапожкова ; – М., «Связь», 1983. – 352 с.

					ВДД 3.020.090.000 ПЗ	Арк
						50
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

# ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедру РТ  
\_\_\_\_\_ к.т.н. Дунець В.Л.  
“27” травня 2022 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу бакалавра  
На тему: «Лабораторне джерело живлення»

Узгоджено:  
Керівник кваліфікаційної роботи  
Яворський Б.І. \_\_\_\_\_  
“27” травня 2022 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”  
Студент групи РАС-41  
Васюрина Д.Д. \_\_\_\_\_  
“27” травня 2022 р.

# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: «Лабораторне джерело живлення»

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету на затвердження дипломного проекту № 4/7-445 від 27.05.2021 р.).

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Васюрина Д.Д. групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою роботи є розробка цифрового детектора іонізаційного випромінювання, що включає в себе:

- вибір апаратного забезпечення для даного пристрою;
- вибір елементної бази розроблювального пристрою;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи пристрою;
- розробку друкованої плати та друкованого вузла.

## 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

1. Напряга живлення –  $220\text{В} \pm 10\%$ , частота ( $50 \pm 5\%$ ) Гц;
2. Регулювання напруги живлення в діапазоні  $0 \dots 18\text{ В}$ ;
3. Регулювання/обмеження струму в навантаженні в діапазоні  $0,03 \dots 4\text{А}$ ;
4. Споживана потужність, не більше –  $80\text{ Вт}$ ;

## 5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- Пояснювальна записка;
- Структурна схема пристрою;
- Функціональна схема пристрою;
- Принципова схема пристрою;
- Друкована плата;
- Друкований вузол.

## ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 - Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи

№ етапу	Назва етапу виконання	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	22.02. 2022
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	1.03. 2022
	Вибір власних схемо-технічних рішень	16.03.2022
3	Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою;	29.03.2022
4	Розрахунок основних вузлів у схемі пристрою.	12.04.2022
5	Створення допоміжної документації	26.04.2022
6	Розроблення креслень	26.04.2022
7	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	10.05.2022
8	Нормоконтроль	24.05.2022
9	Попередній захист	31.05.2022
10	Захист	23.05.2022

## ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.











Форма	Зона.	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка	
		9		K73-17-63B-1000 пФ±5%	1	C7	
		10		K50-35-35B-100 мкФ±20%	1	C8	
		11		K73-17-63B-330 пФ±5%	1	C9	
		12		K73-17-63B-0,1 мкФ±5%	2	C11,C12	
		13		K73-17-63B-2,2 мкФ±5%	2	C13,C14	
		14		K50-35-35B-100 мкФ±20%	1	C15	
				<u>Мікросхкми</u>			
		15		LM385-2,5	2	DA1,DA3	
		16		LM317LZ	1	DA2	
		17		LM7815CV	1	DA4	
		18		TL071CN	1	DA5	
		19		LM358	1	DA6	
				<u>Резистори</u>			
				C2-33H ОЖ0.467.173 ТУ			
				16K1-A10K			
				3296W-1-103LF			
		20		C2-33H-0,25-200 Ом±5%	1	R1	
		21		3296W-1-103LF -0,5-15 кОм±20%	1	R2	
		22		C2-33H-0,25-15 кОм±5%	1	R3	
		23		C2-33H-0,25-18 кОм±5%	1	R4	
		24		3296W-1-103LF -0,5-1 кОм±20%	1	R5	
		25		16K1-A10K-0,25-1,5 кОм±10%	1	R6	
		26		16K1-A10K-0,25-100 Ом±10%	1	R7	
		27		C2-33H-0,25-3,9 кОм±5%	2	R8, R17	
		28		C2-33H-0,25-10 кОм±5%	3	R9-R11	
		29		C2-33H-0,25-2 кОм±5%	2	R12, R16	
		30		C2-33H-0,25-10 кОм±5%	2	R13, R14	
		31		C2-33H-0,25-20 кОм±5%	2	R15, R24	
		32		C2-33H-0,25-10 кОм±5%	2	R18, R19	
				ВДД 3.020.090.000			Арк.
							2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

