МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший бакалаврський
(рівень вищої освіти)

на тему *Розробка джерела вторинного електроживлення з підвищеним захистом від мережевих перешкод*

Виконав: студент (ка) *IV* курсу, групи *6.1532*

Спеціальності *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва спеціальності)

освітньої програми *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва освітньої програми)
М. О. Закревський
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н.*
Верьовкін Л. Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент *профксор кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем, професор, д.т.н.*
Коваленко В. Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2026

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра *електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення*
Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*
Спеціальність *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва)

Освітня програма *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва)

Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *ЕІСПЗ*
Критська Т. В.
"*12*" *червня* 20*26* року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Закревському Максиму Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка джерела вторинного електроживлення з підвищеним захистом від мережевих перешкод*

керівник роботи *Верьовкін Леонід Леонідович, доцент, к.т.н.*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від *"23" грудня 2025 року №1830-с*
2. Строк подання студентом роботи *12 червня 2026 року*
3. Вихідні дані до роботи *Двохполярний блок живлення з параметрами: вихідна напруга +3...25В, кількість каналів - два з незалежним керуванням*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Дослідження принципів побудови блоків електроживлення із захистом від мережевих перешкод. Розробка джерела вторинного електроживлення з підвищенним захистом від мережевих перешкод. Охорона праці та техногенна безпека при розробці схеми джерела вторинного електроживлення*
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *Функціональна схема джерела вторинного електроживлення. Структурна схема джерела вторинного електроживлення. Принципова схема блоку регулювання. Принципова схема блоку захисту від короткого замикання.*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
I	*Верьовкін Л. Л., доцент*	
II	*Верьовкін Л. Л., доцент*	
III	*Верьовкін Л. Л., доцент*	

7. Дата видачі завдання _____*09.02.2026 року*_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Дослідження структури джерел живлення*	*28.02.2026*	
2	*Дослідження схем лінійних стабілізаторів напруги*	*21.03.2026*	
3	*Розробка структурної схеми блоку живлення*	*04.04.2026*	
4	*Розробка схеми блоку регулювання*	*25.04.2026*	
5	*Розробка схеми блоку захисту від короткого замикання*	*08.05.2026*	
6	*Розробка джерела вторинного електроживлення з підвищеним захистом від мережевих перешкод*	*20.05.2026*	
8	*Охорона праці та техногенна безпека*	*23.05.2026*	
9	*Оформлення пояснювальної записки*	*10.06.2026*	
10	*Рецензування, нормоконтроль, підписання роботи*	*12.06.2026*	
11	*Оприлюднений захист бакалаврської роботи*	*18.06.2026*	

Студент _____ _____*Закревський М. О.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ _____*Верьовкін Л. Л.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ _____*Верьовкін Л. Л.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 54 сторінки, 16 рисунків, 4 таблиці, 10 джерел літератури.

Об’єкт дослідження – джерела вторинного електроживлення з підвищеним захистом.

Мета роботи – розробка та розрахунок джерела вторинного електроживлення із захистом від мережевих перешкод.

Задачі роботи: розробити двохполярний блок живлення з параметрами: вихідна напруга +3...25В, кількість каналів - два з незалежним керуванням; забезпечити захист від короткого замикання у кожному каналі; забезпечити індикацію вихідної напруги.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмних забезпечень Electronics Workbench 5.12, SPlan 5.0.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблений двоканальний лабораторний блок живлення відповідає вимогам по параметрам, що поставлені в завданні роботи, вимір параметрів джерела вторинного електроживлення виконується за допомогою мікропроцесорної схеми, що підвищує точність проведення досліджень, схема забезпечена захистом по струму від короткого замикання з струмом спрацювання 8 А за час 1 мкс.

Результати впроваджень – електронна модель джерела вторинного електроживлення пройшла випробовування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – рекомендується подальша з метою підвищення надійності спрацювання схеми захисту та більшої інформативності.

НАПРУГА, СТРУМ, ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, СТАБІЛІЗАТОР, ТРАНЗИСТОР, МІКРОСХЕМА, МІКРОКОНТРОЛЕР, ІНДИКАТОР, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення, з 09.02.2026 по 12.06.2026.

Зміст

Стор.

Вступ ……. 6

1 Дослідження принципів побудови блоків електроживлення із захистом від мережевих перешкод ……..…… 7

1.1 Структури джерел живлення …… 7

1.2 Випрямляючі пристрої …….. 8

1.3 Згладжуючі фільтри …….. 10

1.4 Лінійні стабілізатори напруги …….. 12

1.5 Імпульсні стабілізатори напруги ……. 14

1.6 Захист вторинних джерел живлення від перевищення струмів та напруг ……... 17

1.6.1 Елементи систем захисту від перевищення струмів ……... 17

1.6.2 Узгодження захисних елементів ……... 18

1.6.3 Пристрій захисту від перевищення і зменшення напруги ……. 20

2 Розробка джерела вторинного електроживлення з підвищеним захистом від мережевих перешкод ……. 22

2.1 Розрахунок електричного стабілізатора напруги …….. 24

2.2 Розрахунок електричного випрямляча і фільтру …… 27

2.3 Структурна схема блоку живлення ……. 30

2.4 Схема блоку регулювання …… 31

2.5 Схема блоку захисту від короткого замикання …….. 35

3 Охорона праці та техногенна безпека при розробці схеми джерела вторинного електроживлення …… 37

3.1 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів …… 38

3.2 Виробнича санітарія …….. 39

3.3 Електробезпека ……..…… 41

3.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека …….. 42
3.5 Розрахунок місцевого освітлення робочого місця при монтажі елементів на плату ……. 47
Висновки та рекомендації …….. 50
Перелік посилань…… 51
Додаток А ……. 52

Вступ

Для будь-якого електронного пристрою необхідне джерело живлення, яке повинно давати одне або декілька значень постійної напруги. Як джерело живлення можна використовувати гальванічні батареї, але при великому вжитку потужності це не економічно. У цьому випадку застосовують спеціальні електронні пристрої, які забезпечують формування необхідної живлячої напруги і звуться джерелами електроживлення.

Джерела електричної енергії, необхідної для живлення будь-якої електронної апаратури, прийнято ділити на джерела первинного і вторинного електроживлення.

До первинних джерел електроживлення відносять трьохфазну (або однофазну) мережу промислової частоти 50 Гц (для стаціонарної апаратури) і генератори постійної або змінної напруги підвищеної частоти 400…500 Гц. Хімічні гальванічні елементи і сонячні батареї використовуються лише для живлення бортової апаратури об'єктів, які рухаються і вимагають автономного електроживлення.

Джерела вторинного електроживлення (ДВЕЖ) виконують функції перетворення вигляду струму (змінний - постійний), стабілізації і регулювання напруги або струму, фільтрації різних перешкод, що виникають при перемиканні, стабілізації і регулюванні напруги і т.д. Перетворення змінного струму в постійний забезпечується випрямлячами, а зворотне перетворення постійного струму в змінний - інверторами.

Актуальною являється розробка джерел вторинного електроживлення, які забезпечені захистом від внутрішніх та зовнішніх дестабілізуючих факторів.

1 Дослідження принципів побудови блоків електроживлення із захистом від мережевих перешкод

1.1 Структури джерел живлення

Переважна частина пристроїв інформаційних систем споживає електричну енергію у вигляді постійного струму. Якщо первинним джерелом служить мережа змінного струму ~ U, то ДВЕЖ найчастіше має структуру, що приведена на рисунку 1.1, а [1].

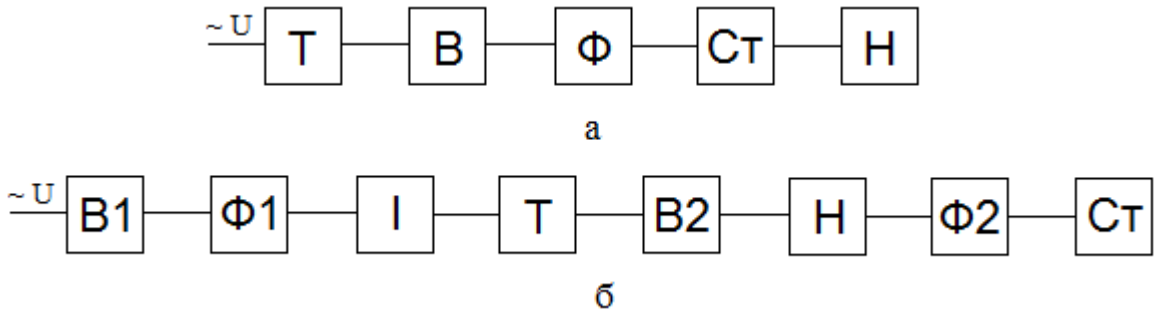


Рисунок 1.1 – Структурні схеми ДВЕЖ

Потужний трансформатор Т, як правило, знижує напругу, потім вона перетвориться випрямлячем В в постійну напругу, пульсації якої згладжуються фільтром Ф, і при необхідності рівень цієї напруги за допомогою стабілізатора Ст підтримується незмінним, не залежним від зміні напруги мережі, температури, струму навантаження Н і інших дестабілізуючих чинників.

ДВЕЖ є невід'ємною частиною будь-якої електронної апаратури і в значній мірі визначають її техніко-економічні показники. На долю джерел живлення незрідка припадає до 40% загальної маси і об'єм апаратури, тому одним із завдань, що стоять перед проектувальниками, є їх комплексна мініатюризація. З усіх вузлів ДВЕЖ найбільш громіздкі вузли, виконані на магні-

топроводах з феромагнітних матеріалів (трансформатори і дроселі фільтрів) [1].

Прагнення зменшити масу і габаритні розміри джерел електроживлення привело до структурної схеми, що зветься «Джерело живлення з безтрансформаторним входом» (рис. 1.1, б). У цій структурі змінна напруга первинної мережі спочатку випрямляється В1 і фільтрується Ф1, а потім інвертується в інверторі І в змінне, але з частотою 20…50 кГц. На цій частоті напруга трансформується Т до потрібного рівня, знов випрямляється В2, фільтрується Ф2 і при необхідності стабілізується Ст. Маса і габарити магнітопроводу трансформатора (дроселя) зворотно пропорційні частоті змінного струму. Тому на високій частоті виконується різке зменшення розмірів трансформатора і фільтра Ф2. За рахунок цього, не дивлячись на більше, в порівнянні із структурою на рисунку 1.1, а, число вузлів і подвійне перетворення вигляду струму, джерело виходить значно менше по масі і габаритним розмірам [1].

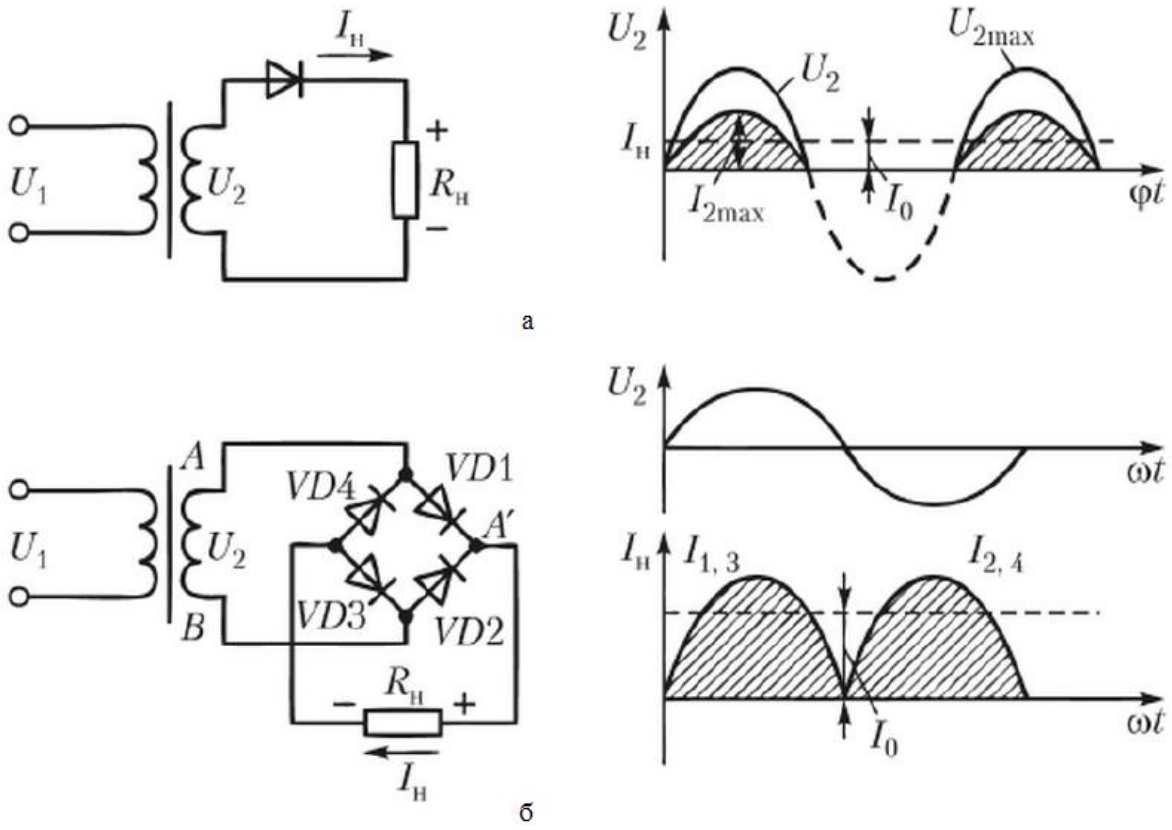
1.2 Випрямляючі пристрої

Випрямлячі служать для перетворення змінної (синусоїдальної) напруги в напругу постійного струму за допомогою напівпровідникових випрямляючих диодов.

У схемі однонапівперіодного випрямляча (рис. 1.2, а) струм $I_н$ через діод проходить в навантаження $R_н$ лише в позитивні напівперіоди напруги U_2, оскільки в негативні напівперіоди вона замикає діод. Струм в навантаженні (заштрихований) має переривистий характер, а його постійна складова I_0 середнє значення струму, що протікає за період, і створює на навантаженні постійну складову напруги, рівну (згідно розкладанню функції в ряд Фур'є) [1]:

$$U_0 = I_0 R_н = \frac{I_{2max}}{\pi} R_н; \qquad \frac{I_{2max}}{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0{,}45 U_2, \qquad (1.1)$$

де U_{2max} і U_2 – амплітудне і діюче значення синусоїдальної напруги вторинної обмотки трансформатора. По заданому U_0 можна знайти U_2 і визначити необхідний коефіцієнт трансформації U_1/U_2 при заданій напрузі живлячої мережі змінного струму.



а – однонапівперіодний випрямляч;

б – двонапівперіодний випрямляч

Рисунок 1.2 – Випрямні пристрої і графіки, що пояснюють їх роботу

У негативний напівперіод до замкнутого діода прикладена зворотна напруга

$$U_{звор.} = \mathrm{U}_{2\max} = \pi U_0, \qquad (1.2)$$

тому діод вибирають так, щоб його допустима зворотна напруга задовольняла умові:

$$U_{звор.доп.} \geq \pi U_0, \qquad (1.3)$$

а допустимий прямий струм через діод умові:

$$I_{сер.доп.} \geq I_0 \qquad (1.4)$$

Схема двонапівперіодного випрямляча складається з чотирьох діодів, включених за так званою мостовою схемою (рис. 1.2, б).

Напруга U_2 в позитивний напівперіод відкриває діоди VD1 і VD3 і від точки А до точки В по колу «VD1 — $R_н$ — VD3» протікає струм навантаження $I_н = I_{1,3}$. При цьому діоди VD2 і VD4 замкнуті.

У негативний напівперіод напруга U_2 відкриває діоди VD2 і VD4 і струм $I_н = I_{2,4}$ тече від точки В до точки А по колу «VD2 — $R_н$ — VT».

У цій схемі постійні складові струму I_0 і напруги U_0 в два рази вище, ніж в однонапівперіодній схемі:

$$\text{і} \quad U_0 = \frac{2}{\pi} U_{2\max}, \quad \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0{,}9U_2 \qquad (1.5)$$

Оцінімо зворотну напругу, прикладену, наприклад, до діода VD2 в позитивний напівперіод напруги U2.

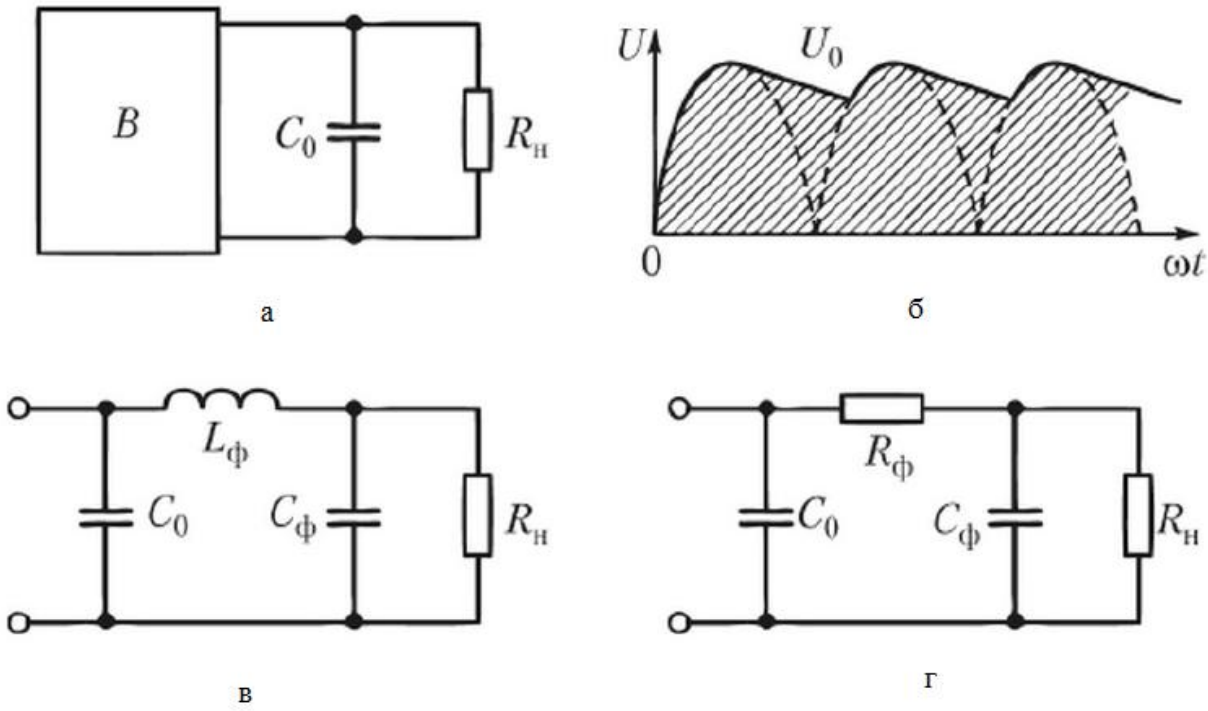
При відкритому діоді VD1 потенціал точки А' близький до позитивного потенціалу точки А обмотки трансформатора, а її негативний потенціал точки В прикладений до іншого виводу діода VD2. Значить, до діода VD2 прикладена зворотна напруга вторинної обмотки трансформатора $U_{звор.} = U_{2max}$, тобто таке ж, як і в однонапівперіодній схемі.

Струм, що протікає через кожен з діодів, $I_{сер.} = I_0 / 2$, тобто в два рази менше, ніж в однонапівперіодному випрямлячі.

1.3 Згладжуючі фільтри

Для живлення електронної апаратури допускається пульсація напруги, що не перевищує доль відсотка, проте на виході випрямлячів пульсації значно більше. Для їх зменшення застосовують згладжуючі фільтри, які повинні максимально зменшити (подавити) змінні складові і з можливо меншими втратами пропустити постійну складову випрямленої напруги [1].

Простим фільтром служить конденсатор, включений на виході випрямляча В паралельно навантаженню (рис. 1.3, а), який запасає енергію, заряджуючись під час зростання напруги випрямляча, і віддає її, розряджаючись на опір навантаження, коли воно знижується.



а – RC – фільтр;

б – графік, що пояснює роботу фільтра;

в – LC – фільтр;

г – П-подібний RC – фільтр

Рисунок 1.3 - Згладжуючі фільтри

На рисунку 1.3, б показана форма напруги на конденсаторі U_C (а значить, і на паралельно включеному $R_н$) при двонапівперіодному випрямлячі.

Для подальшого зниження пульсацій застосовують Г-подібні LC – фільтри (рис. 2.30, в). Індуктивний опір $X_L = \omega L_ф$ прагнуть зробити значно більше $R_н$ для того, щоб змінні складові випрямленої напруги з частотами пульсацій від основної ω і вище «затримувалися» б фільтром у вигляді падіння напруги на X_L, не досягаючи навантаження. Ємкісний же опір $X_C = 1/\omega C_ф$ виконують значно менше, ніж $R_н$, для того, щоб змінні складові ви-

прямленого струму замикалися через X_C, минувши $R_н$. При цьому постійна складова струму, для якої $X_L = 0$, $X_C = \infty$, не створює падіння напруги на $L_ф$ і не замикається через $C_ф$, повністю поступаючи в навантаження.

Недоліком LC - фільтрів є громіздкість і трудність виготовлення індуктивності в мікроелектронному виконанні. Тому в інтегральних мікросхемах при струмах навантаження в декілька міліампер Використовують П-подібні RC - фільтри (рис. 1.3, г), не дивлячись на їх декілька гірші згладжуючи властивості і менші ККД.

1.4 Лінійні стабілізатори напруги

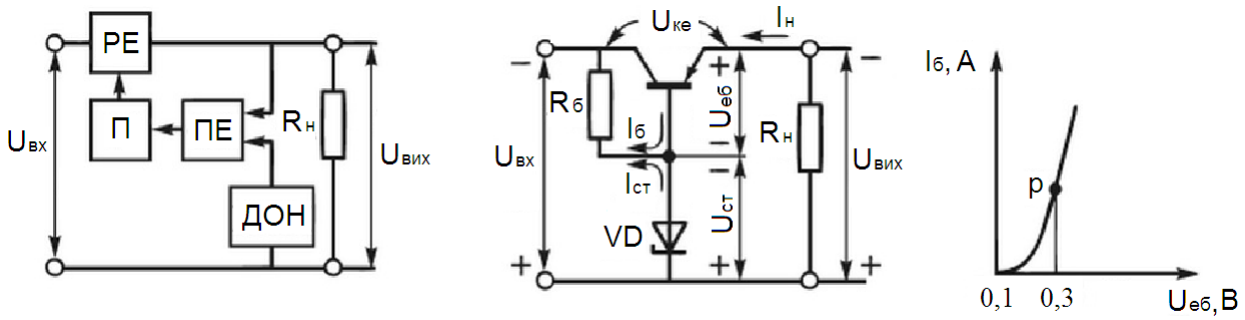
Стабілізатором напруги називається пристрій, що автоматично підтримує напругу на навантаженні при зміні в певних межах таких дестабілізуючих чинників, як напруга первинного джерела, опір навантаження, температура довкілля.

Існує два типа стабілізаторів – параметричні і компенсаційні.

Параметричний стабілізатор використовує елементи, в яких напруга залишається незмінною при зміні струму, що протікає через них. Такими елементами є стабілітрони, в яких при зміні струму в дуже широких межах падіння напруги змінюється на долі відсотка. Параметричні стабілізатори застосовуються, як правило, як джерела опорної (еталонної) напруги в потужних компенсаційних стабілізаторах (рис. 1.4) [1].

Принцип роботи компенсаційного стабілізатора заснований на порівнянні фактичної напруги на навантаженні з еталонною і збільшенні або зменшенні залежно від цього відхилення вихідної напруги. Еталонна напруга формується джерелом опорної напруги (ДОН). У порівнюючому елементі (ПЕ) відбувається порівняння напруги на навантаженні з еталонною і відпрацювання управляючого сигналу неузгодженості. Цей сигнал посилюється підсилювачем (П) і подається на регулюючий елемент (РЕ), який забезпечує

таку зміну вихідної напруги, яка наводить до наближення фактичної напруги на навантаженні до еталонного значення.



а б в

а – структура;

б - схемна реалізація;

в – графік вибору робочої точки

Рисунок 1.4 - Компенсаційний стабілізатор напруги

Основним параметром стабілізатора є коефіцієнт стабілізації – відношення відносної змінної напруги на вході до відносної зміни напруги на виході:

$$K_{ст} = \frac{\frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх}}}{\frac{\Delta U_{вих}}{U_{вих}}} \qquad (1.6)$$

У простому компенсаційному стабілізаторі опорною напругою є напруга $U_{ст}$ стабілітрона VD), а порівнюючим елементом, підсилювачем і одночасно регулюючим елементом – транзистор (рис. 1.4, б).

Вихідна напруга (як це видно по знаках «+» і «-» на схемі) $U_{вих} = U_{ст} – U_{еб}$. Струм через резистор $R_б$ утворюється складанням двох струмів: струму стабілітрона $I_{ст}$ і струму бази $I_б$. Режим роботи транзистора вибирають так, щоб вихідна робоча точка р розташовувалася на середині лінійної ділянки його вхідної характеристики (рис. 1.4, в). Напруга $U_{еб}$ при цьому складає 0,1…0,3 В. Так як напруга стабілітрона зазвичай близько 8 В, то $U_{вих} \approx U_{ст}$.

Передбачимо, що по яких-небудь причинах напруга на навантаженні зменшилася. Це приведе до збільшення падіння напруги $U_{еб} = U_{ст} – U_{вих}$, що,

у свою чергу, збільшить міру відкриття транзистора. В результаті падіння напруги на транзисторі $U_{ке}$ зменшиться, а значить, збільшиться напруга на навантаженні $U_{вих} = U_{вх} – U_{ке}$, і у результаті напруга на навантаженні відновиться. Аналогічне відновлення вихідної напруги станеться і при його збільшенні. Лише в цьому випадку станеться зменшення міри відкриття транзистора і відповідне збільшення падаючої на ньому напруги $U_{ке}$.

Транзистор включений за схемою емітерного повторювача, вхідною напругою якого є $U_{ст}$. Оскільки $I_б << I_н$, схема дозволяє віддавати в навантаження значну потужність. Коефіцієнт стабілізації такої схеми складає $К_{ст}$ = 150…300. У розглянутій схемі сигнал розузгодження формується на самому регулюючому транзисторі. Вищу міру стабілізації забезпечують схеми, в яких на базу регулюючого транзистора поступає заздалегідь посилений сигнал розузгодження.

У розглянутих стабілізаторах напруги регулюючий транзистор завжди відкритий, а саморегулювання здійснюється шляхом зміни мірі його відкриття, тобто лінійно. Тому такі стабілізатори називаються лінійними.

1.5 Імпульсні стабілізатори напруги

В імпульсних стабілізаторах напруги транзистор, через який тече струм в навантаження, періодично відкривається і закривається, тобто працює в ключовому режимі. Причому регулювання здійснюється шляхом зміни паузи, протягом якої через ключовий транзистор тече струм навантаження від джерела постійної вхідної напруги. Таким чином, транзистор працює не в лінійному, а в імпульсному режимі: він або повністю відкритий, або повністю закритий. У таких стабілізаторах середнє значення напруги на навантаженні $U_{вих} = U_{вх}\, t / T$, де T – період дотримання імпульсів; t – тривалість замкнутого стану ключа.

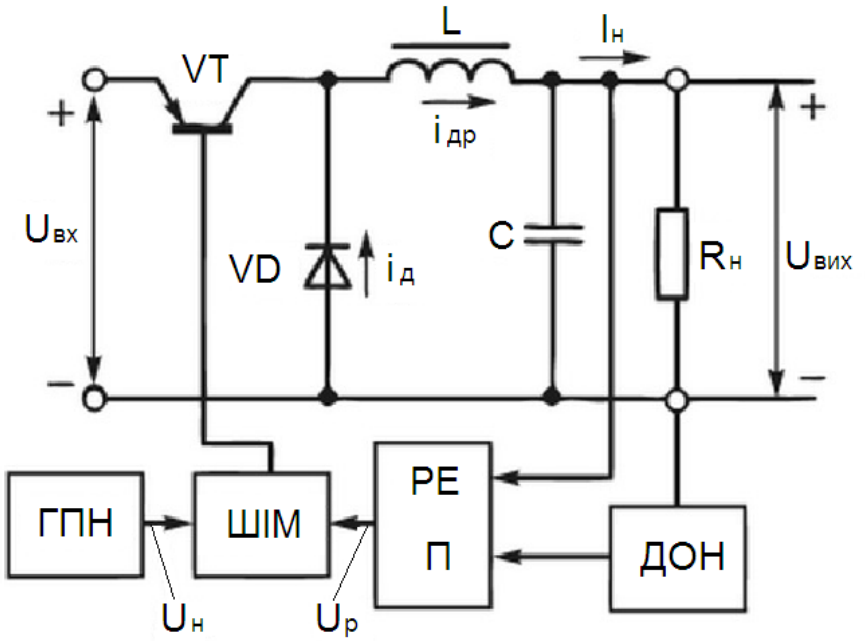
Імпульсні стабілізатори забезпечують більш високий ККД, оскільки в повністю відкритому перебуванні на транзисторі падає дуже невелика напру-

га, а значить потужність, що розсіюється на транзисторі, значно менше тієї потужності, яка розсіюється в лінійних стабілізаторах.

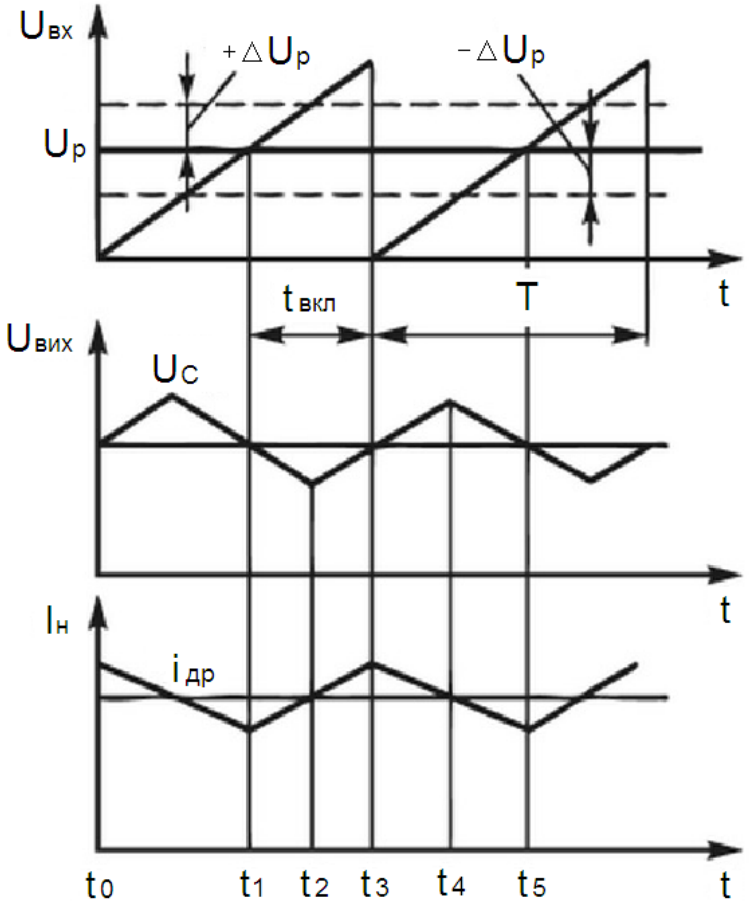
Оскільки регулювання здійснюється шляхом зміни ширини імпульсів t, цей принцип роботи отримав назву широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Імпульсні стабілізатори (рис. 1.5), так само як і лінійні, являються компенсаційними. Сигнал неузгодженості $U_р$, утворений порівнюючим елементом ПЕ і посилений підсилювачем (П), перетвориться в імпульси, які поступають з однаковою частотою, тривалість яких $t_{вкл}$ змінюється під дією сигналу неузгодженості. Ці імпульси відкривають і закривають ключовий транзистор VT, який разом з діодом VD і RC-фільтром створює імпульсний регулюючий елемент [1].

Поки напруга пилкоподібної напруги (ділянка $t_0…t_1$ на рисунку 1.5, б), транзистор замкнутий. Протягом часу $t_1…t_3$ коли $U_п > U_р$ транзистор відкритий, і напруга $U_{вх}$ прикладена до дроселя. Під дією $U_{вх}$ діод VD закривається, а струм через дросель $i_{др}$ збільшується, наколюючи енергію в індуктивності. До тих пір, поки струм дроселя не досягне значення постійного струму навантаження $I_н$ (ділянка $t_1…t_2$), конденсатор С розряджається на навантаження і напруга на ньому U_C знижується. З моменту часу t_2, коли $I_{др} > I_н$ конденсатор почне підзаряджатися різницею струмів $I_{др} – I_н$. У момент замикання транзистора ЕРС самоіндукції дроселя відкриває діод і струм дроселя, замикаючись через діод, протікає по навантаженню і до моменту i_4 продовжує заряджати конденсатор, віддаючи йому запасену дроселем енергію. На ділянці $t_4…t_5$ струм дроселя менше струму навантаження і навантаження підживлюється струмом розрядки конденсатора. З моменту t_5 процес повторюється.

Нехай вихідна напруга стане менше заданого значення і напруга розузгодження $U_р$ зменшиться на величину $– ΔU_р$. Тоді момент часу, коли пилкоподібна напруга, що формується генератором пилкоподібнох напруги (ГПН), стане рівною напрузі $U_р$, настане раніше, а час відкритого стану транзистора $t_{вкл}$, що формується ШІМ, збільшиться. Це приведе до зростання вихідної напруги $U_{вих}$ і відновленню його заданого значення.



а



б

а - схемна реалізація;

б – процеси перетворення сигналу

Рисунок 1.5 – Імпульсний стабілізатор напруги

Якщо вихідна напруга збільшиться, напруга неузгодженості також збільшиться на величину + ΔU_p. Це приведе до того, що момент відкриття транзистора, що формується ШІМ, настане пізніше, а час відкритого стану транзистора $t_{вкл}$ зменшиться. У результаті вихідна напруга зменшиться і його задане значення відновиться.

1.6 Захист вторинних джерел живлення від перевищення струмів та напруг

Зважаючи на чутливість напівпровідникових приладів до перевантажень, коротких замикань і перенапружень для забезпечення надійної роботи перетворювачів до систем захисту пред'являються наступні основні вимоги [2].

1. Максимальна швидкодія з метою обмеження аварійних струмів по тривалості і амплітуді значеннями, що визначаються перевантажувальною здатністю напівпровідникових приладів.

2. Обмеження всіх видів зовнішніх і внутрішніх перенапружень допустимим значенням.

3. Безвідмовність в роботі при різних видах пошкоджень.

4. Відключення пошкодженої ділянки без додаткового навантаження на напівпровідникові прилади, що залишилися в роботі, і недопустимого перенапруження на них.

5. Можливість вживання автоматичного повторного включення.

1.6.1 Елементи систем захисту від перевищення струмів

Основні елементи систем захисту можуть бути розділені на дві групи. Перша група включає ті пристрої, які забезпечують захист установки за допомогою переривання або запобігання протіканню аварійного струму, а дру-

га – ті елементи, які за рахунок свого опору обмежують величину або швидкість наростання аварійного струму [3].

До елементів першої групи відносяться.

1. Автоматичний вимикач або плавкий запобіжник в колі змінного струму, які відключають всю схему від джерела живлення.

2. Автомати або плавкі запобіжники в колі постійного струму, які відключають випрямляч при короткому замиканні в колі навантаження або пробої вентиля, відключають випрямляч від кола навантаження або від паралельно працюючих перетворювачів, запобігаючи протіканню зворотних струмів.

3. Струмообмежуючі плавкі запобіжники в колах тиристорів.

Автоматичні вимикачі, плавкі запобіжники реагують на значення струму, що діє. Напівпровідниковий вентиль реагує в основному на нагрів, проте він володіє нелінійним опором і його нагрів пропорційний значенню струму, проміжному між значеннями, що діють і середнім. Істотна різниця між цими значеннями струму в схемах випрямлення має особливо велике значення при узгодженні засобів захисту один з одним і з вентилями [3].

1.6.2 Узгодження захисних елементів

Залежно від необхідної міри складності захисту і від складності схем, що перетворюють, останні містять по одному або більше перериваючих пристроїв. Дія перериваючих пристроїв має бути погоджена з характеристиками вентилів, аби забезпечити виконання всіх вимог до захисту. Плавкі запобіжники або автомати повинні переривати струми короткого замикання перш, ніж станеться пошкодження вентилів.

Для відключення пошкодженого вентиля від основної схеми повинен спрацювати лише плавкий запобіжник, включений послідовно з пошкодженим вентилем. Останні плавкі запобіжники не повинні відключатися. З іншо-

го боку, коли відбувається коротке замикання на стороні постійного струму, то повинні спрацьовувати автомати або плавкі запобіжники в основному колі перш, ніж спрацьовують плавкі запобіжники, що відключають окремі вентилі. Така якість називається вибірковістю (або селективністю) захисту. Крім того, перенапруження, що виникають у вентилях під час дії захисних пристроїв, не повинні перевищувати допустимої амплітуди імпульсної напруги цих приладів [3].

При перевантаженнях випрямляючих або інверторних схем, коли струм обмежується величиною, яку можуть витримати напівпровідникові вентилі приблизно на протязі 50 мс, як захист можуть успішно використовуватися звичайні перериваючи пристрої, наприклад, запобіжники. Цей вигляд перевантаження може мати місце, коли дросель фільтру або малопотужна живляча мережа значно обмежують величину або швидкість наростання струму. Включивши автоматичний вимикач або плавкі запобіжники на стороні змінного струму перед вентилями, можна використовувати такий захист для відключення всієї схеми від джерела живлення всякий раз, коли струм мережі стане перевищувати заздалегідь встановлену величину, що наближається до максимально допустимого значення струму вентилів при даній тривалості перевантаження.

У паспортних даних вентилів вказуються параметри, що передбачають однократний режим. Ці параметри допускають перевищення на певний короткий інтервал часу максимальної робочої температури переходу, для номінального (періодичного) режиму. Це забезпечує певну перевантажувальну здатність вентиля при дії на нього надструмів і дозволяє здійснити його координацію із захисними пристроями. Такими параметрами може бути: допустимий струм на протязі одного періоду; величина I^2t (I – миттєве значення); $I^2t = W$ – називається інтегралом відключення.

Якщо величина I^2t, необхідна для відключення плавкого запобіжника нижче, ніж допустиме I^2t напівпровідникового вентиля, сполученого з ним послідовно, то плавкий запобіжник перериває струм до пошкодження венти-

ля незалежно від величини і швидкості наростання струму за час, що становить долі періоду живлячої мережі [3].

1.6.3 Пристрій захисту від перевищення і зменшення напруги

Пристрій містить власний стабілізатор постійної напруги живлення таймера $U_ж$ = 12 В (рис. 1.6). Таймер виконує функцію дворівневого компаратора. Нижній і верхній пороги перемикання вихідної напруги таймера встановлюється потенціометрами R1 і R2. Знижена до 15 В напруга мережі з виходу випрямляча подається на виводи 2, 4 таймера. При номінальній напрузі в електромережі потенціометром R2 напруга на виводі 2 встановлюється біля $U_ж/3$, а потенціометром R1 встановлюється напруга близько 1 В – на виводі 4.

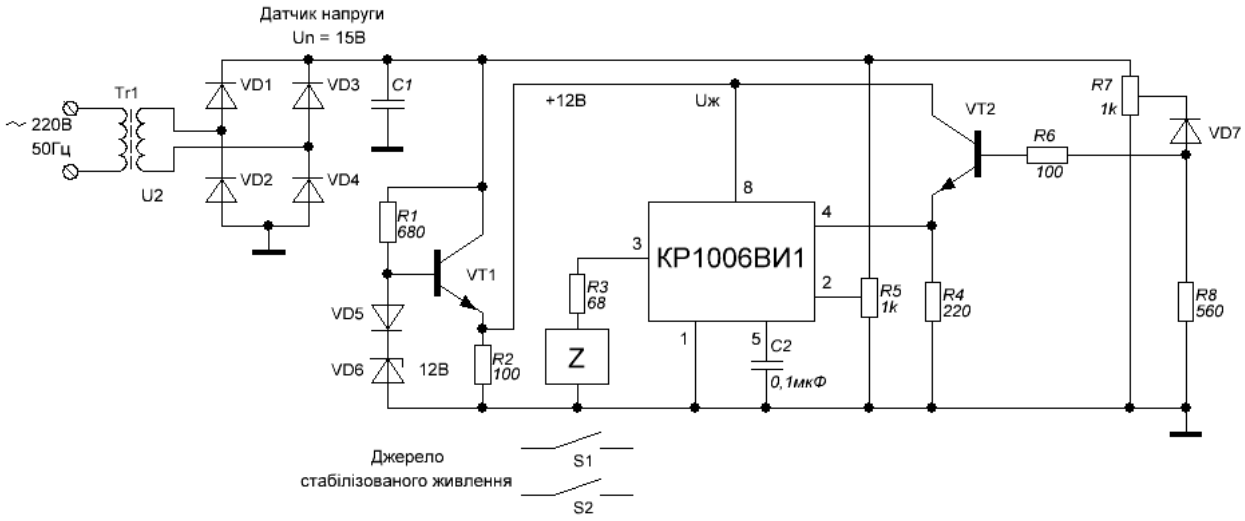


Рисунок 1.6 – Схема пристрою захисту від перевищення і зменшення напруги

В цьому випадку на виході таймера напруга U3 ≈ $U_ж$, у обмотці реле Z протікає струм, контакти S1, S2 замкнуті і апаратура підключена до мережі.

Якщо напруга мережі менше встановленого потенціометром R1 значення, то напруга на емітері транзистора VT2 зменшується до нуля, обмотка реле знеструмлюється і апаратура відключається від мережі.

При перевищенні рівня напруги мережі (встановленого потенціометром R2), тобто $U2 >> U_ж/3$, то $U3 \approx 0$ і апаратура також відключається від мережі.

Метою роботи являється розробка та розрахунок джерела вторинного електроживлення із захистом від мережевих перешкод.

Для досягнення постав ленної мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити двохполярний блок живлення з параметрами: вихідна напруга +3...+25В; кількість каналів - два з незалежним керуванням;
- забезпечити захист від короткого замикання у кожному каналі;
- забезпечити індикацію вихідної напруги.

2 Розробка джерела вторинного електроживлення з підвищеним захистом від мережевих перешкод

Джерела вторинного електроживлення відносяться до категорії базових приладів, які використовуються при розробці електронної апаратури, виконанні наукових досліджень, вихідному контролі, а також у багатьох інших застосуваннях. Падіння напруги в проводах підключення, імпульсний шум, стрибки напруги при швидкій зміні струму споживання навантаження - аспекти, які треба враховувати. Для більшості типових завдань, що виникають при розробці або ремонті точної аналогової апаратури, аудіосхем та чутливих давачів найкраще підходять лінійні лабораторні блоки живлення [4].

Згідно з метою дипломної роботи необхідно розробити двохполярний блок живлення з параметрами: вихідна напруга - +3...+25В; кількість каналів - два з незалежним керуванням; номінальний вихідний струм - не менше 1А; амплітуда пульсацій - не більше 100 мВ при 15В/1А; захист від короткого замикання у кожному каналі; індикація вихідної напруги.

Блок живлення складається з таких основних блоків: первинного джерела живлення, який призначений для гальванічної розв’язки від мережі живлення та пониженню напруги для блоку регулювання; блок регулювання - основна силова аналогова частина, що здійснює регулювання напруги та струму; блок індикації - забезпечує обробку даних про поточні значення напруги та струму на виході блоку; індикація напруги, струму живлення по кожному каналу та поточний стан блока живлення; блок захисту від короткого замикання по кожному каналу з індикацією перевищення струму навантаження; допоміжний блок живлення для живлення блоку індикації. Функціональна схема джерела вторинного електроживлення наведена на рисунку 2.1. За класичною схемою джерело первинного електроживлення повинне містити трансформатор, випрямляч, і фільтр [1]. На виході джерела живлення повинні забезпечуватися необхідні напруга, струм і коефіцієнт пульсацій.

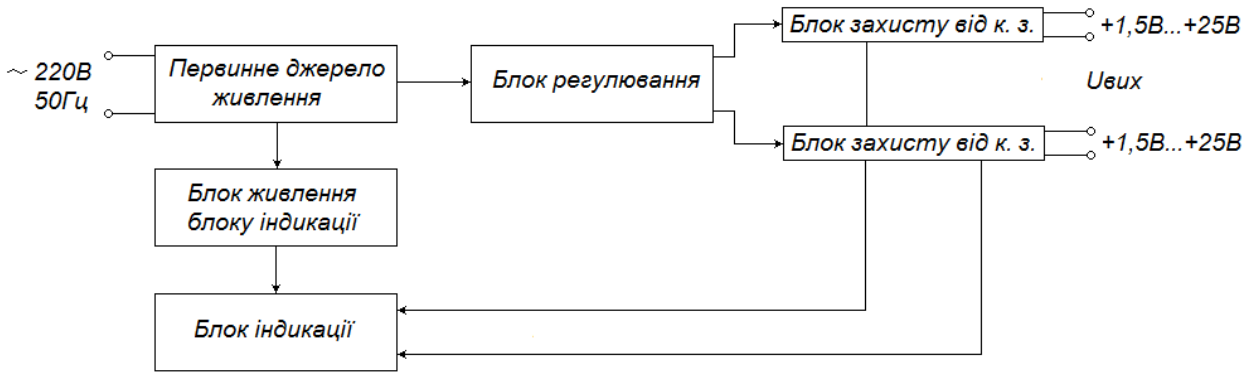


Рисунок 2.1 – Функціональна схема джерела вторинного електроживлення

Таким чином, виникає необхідність застосувати стабілізатор напруги у первинному джерелі живлення (рис. 2.2).

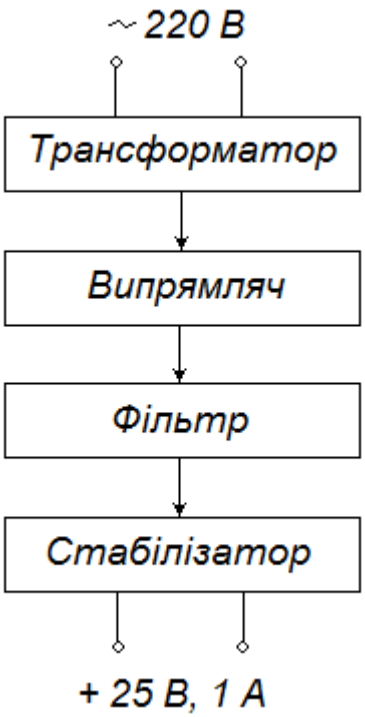


Рисунок 2.2 – Первинне джерело живлення

Як випрямляч виберемо мостову схему включення. Її достоїнства:

- низький вихідний опір;
- низька зворотна напруга на вентилях;
- відсутнє підмагнічування сердечника трансформатора.

На виході випрямляча ставимо згладжуючий фільтр.

Ємкісний фільтр – найпростіший і дешевший, але вживання його істотно збільшує амплітуду струму через діоди і збільшує перешкоди джерела електроживлення, які вносяться, в мережу.

Індуктивно-ємкісний фільтр зменшує ці недоліки. Окрім того, він використовується при великих струмах навантаження, завдяки незначному падінню напруги на дроселі. Основним недоліком є високі малогабаритні показники дроселя [4 - 6]. Обираємо С - фільтр для джерела електроживлення.

Із-за великої величини струму необхідно поставити підсилювач струму – транзистор, включений за схемою із загальним колектором (емітерний повторювач).

2.1 Розрахунок електричного стабілізатора напруги

Вихідні дані по найпотужнішому каналу приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункові параметри стабілізатора напруги

$U_н$,В	$I_н$, А	Амп. $U_{пульс}$, %	$f_{мережі}$, Гц	Ном. $U_{мережі}$, В	$\Delta U_{мережі}$, %	$T_{окр}$, °С	$\Delta U_и$, %	Пред.рег $\Delta U_{вих}$, %.
25	1	0,05	50	220	+10/-15	-10.+40	±2	±10

Розраховуємо мінімально вхідну напругу:

$$U_{вх.min} \geq U_н + \Delta U_н^+ + \Delta U\min + U\sim$$

де:

$$U\sim = \frac{U_{пульс}}{K_u} = \frac{0.05}{0.05} = 1\,В$$

$$\Delta U_{min} = U_{пд} + U_{беVT} = 3+1 = 4\,В$$

$$U_{вхmin} = 5+0.5+4+1 = 10.5\,В$$

Номінальна вхідна напруга:

$$U_{вхном} = \frac{U_{вхmin}}{1-\alpha_{min}} = \frac{10,5}{1-0.15} = 12,3\ В$$

Максимальна вхідна напруга:

$$U_{вхmax} = U_{вх.ном}(1+\alpha_{max}) = 12.3(1+0.1) = 13,5\ В$$

Визначимо максимально допустимий струм, мікросхеми стабілізатора з умови не перевищення допустимого $P_{рас}$ ІМС:

$$I_{вых.max} \le \frac{P_{рас.max}}{U_{вх.max} - U_{н.min}} = \frac{6}{13.5-4.9} = 0.7\ А$$

Для збільшення вихідного струму до потрібного значенні, використовуємо емітерний повторювач на одиночному транзисторі КТ818А n-p-n-типу [7].

Для схеми(рис. 2.3) струм навантаження має бути рівний:

$$I_{н.max} \le I_{вих.max}^{IMM} \cdot h_{21minVT1} = 0.7 \cdot 20 = 14\ А > 10\ А$$

Обмежимося одним транзистором, оскільки $I_н \le I_{н.max}$

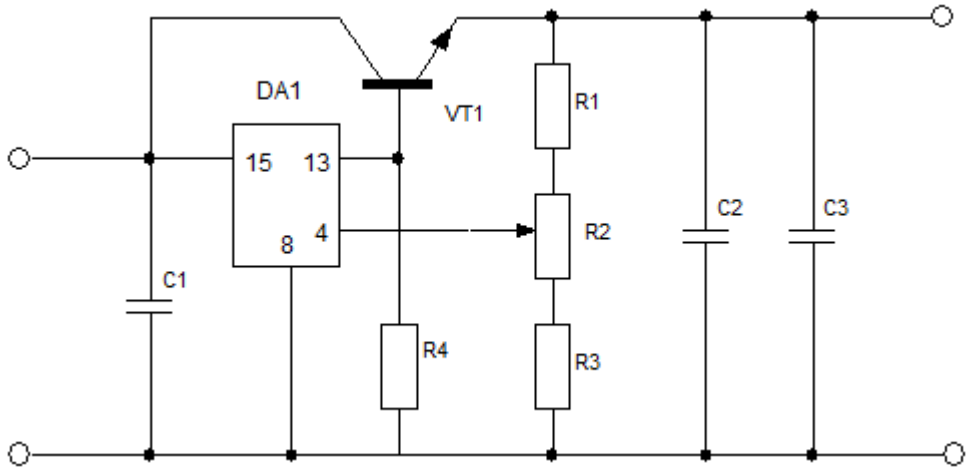


Рисунок 2.3 – Схема стабілізатора напруги

Вибір елементів R1…R4

Приймаємо: $I_д$ = 1,5 мА, а $U_{оп}$ = 2,4±10%

$$R3 \le \left(\frac{U_{оп.min}}{I_{діл}}\right) = \frac{2,16}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 1,44\ кОм$$

$$R2 = R3 \cdot \left(\frac{U_{оп.max}}{U_{оп.min}} \cdot \frac{U_{вих.max}}{U_{вих.min}} - 1 \right)$$

$$R2 = 1.44 \cdot 10^3 \left(\frac{2.64}{2.16} \cdot \frac{5.5}{4.5} - 1 \right) \approx 711\,Ом$$

$$R1 = \left(\frac{U_{вых.max}}{U_{оп.min}} - 1 \right) \cdot R3 - R2 = \left(\frac{5.5}{2.16} - 1 \right) \cdot 1.44 \cdot 10^3 - 711 \approx 1{,}5\,кОм$$

$$R4 \le \frac{U_{вх.max}}{I_{к0maxVT1}},$$

де:

$$К_1 = 0{,}06...0{,}09\,.$$

Тоді:

$$R4 = \frac{13{,}5}{244.\cdot 10^{-3}} = 55\,Ом$$

Розрахунок потужності, що розсіюється резисторами.

$$P_{Ri} = I_д^{\,2} \times R_i$$

$$P_{R1} = (1{,}5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1{,}5 \cdot 10^3 = 3{,}3 \cdot 10^{-2}\ Вт$$

$$P_{R2} = (1{,}5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 711 = 1{,}6 \cdot 10^{-3}\ Вт$$

$$P_{R3} = (1{,}5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1{,}44 \times 10^3 = 3{,}24 \cdot 10^{-2}\ Вт$$

$$P_{R4} = \frac{U^2}{R} = \frac{5.5+1}{55} = 0{,}12\ Вт$$

Розрахунок ККД стабілізатора.

$$\eta_{ном} = \frac{P_{вихном}}{P_{вхном}} \cdot 100\% = \frac{5 \cdot 10 \cdot 100}{12{,}3 \cdot (10 + 0{,}01)} = 41\,\%$$

де $I_{вх}=I_{вих}+I_{спож.}$

$$\eta_{min} = \frac{P_{вихmin}}{P_{вхmin}} \cdot 100\% = \frac{4{,}5 \cdot 10 \cdot 100}{10{,}5 \cdot (10 + 0{,}01)} = 37\,\%$$

Розрахунок нестабільності.

а) по струму

$$H_u^i = K_{Hi} \cdot \Delta I_{вих} = 0{,}25 \cdot 10 = 2{,}5\,\%$$

б) по напрузі

$$H_u^u = Ku \cdot \Delta U_{вх} = 0{,}05 \cdot (13{,}5 - 10{,}5) = 0{,}15\,\%$$

в) по температурі

$$H_u^t = \alpha_{вих} \cdot \Delta T = 0{,}01 \cdot 50 = 0{,}5\,\%$$

$$\sum H = H_u^i + H_u^u + H_u^t = 1{,}25 + 0{,}315 + 0{,}7 = 2{,}27\ \%$$

Потужність розсіювання

$$P = (U_{вх\ макс} - (U_н - \Delta U_н))I_н = (13{,}5 - (5 - 0{,}5)) \cdot 10 = 90\ Вт$$

2.2 Розрахунок електричного випрямляча і фільтру

Виходячи з енергетичних міркувань і зменшення коефіцієнта пульсацій, а також масо-габаритних показників вибираємо мостову схему випрямлення для джерела первинного електроживлення основні співвідношення якої приведені в таблиці 2.2 [4].

Таблиця 2.2 - Основні співвідношення для розрахунку випрямляча і фільтру

U_2/U_0	$U_{зв}/U_0$	$I_{прср}/I_0$	$I_{прм}/I_0$	$I_{пр}/I_0$	I_2/I_0	I_1w_1/I_0w_2	S_2/P_0	S_1/P_0	$S_{тр}/P_0$	$k_п$	$f_п/f_с$	r
B	1,41	0,5	0,5F	D	0,707D	0,707D	0,707BD	0,707BD	0,707BD	н/rc	2	$2r_{пр}+r_{тр}$

Користуючись таблицею визначимо приблизні параметри $U_{звор.}$, $I_{прср}$, $I_{пр}$, $S_{тр}$. при цьому задамося D і B для мостової схеми B ~ 1, D ~ 2,15.

Тоді:

$$U_{звор.} = 1{,}41 \cdot B \cdot U_0 = 1{,}41 \cdot 1 \cdot 12{,}3 = 17{,}3\ В$$

$$I_{пр.сер} = 0{,}5 \cdot I_0 = 0{,}5 \cdot 10 = 5\ А$$

$$I_{пр} = D \cdot I_0 = 2{,}15 \cdot 10 = 21{,}5\ А$$

$$S_{тр} = 0{,}707 \cdot D \cdot B \cdot P_0 = 0{,}707 \cdot 1 \cdot 2{,}15 \cdot 123 = 187\ ВА,$$

де $P_0 = U_0 \cdot I_0 = 12{,}3 \cdot 10 = 123\ Вт$

Амплітуду $U_{звор.}$ на вентилі визначаємо по максимальному значенню випрямленої напруги:

$$U_{звор.} = 5{,}5 \text{ В}$$

Визначимо типи вентилів. При цьому необхідно виконати умову:

$U_{звор.\ макс} > U_{звор.}$ Д244 $U_{звор.\ макс}$=50 В

$I_{пр.сер\ макс} > I_{прср}$ $I_{пр.сер\ макс}$= 10 А

$I_{пр} < 1{,}57 \times I_{пр.сер\ макс}$ $U_{пр.\ сер}$=1 В

Знаходимо опір вентилів в прямому напрямі:

$$r_{пр} = U_{пр}/I_{пр.сер\ макс} = 1/10 = 0{,}1 \text{ Ом}$$

Активний опір обмоток трансформатора:

$$r_{тр} = \frac{k_r \cdot U_0}{I_0 \cdot f_c \cdot B_m} \cdot \sqrt[4]{\frac{S \cdot f_c \cdot B_m}{U_0 \cdot I_0}}$$

де $K_r = 3{,}5$ – для мостового випрямляча із С - фільтром.

$S = 1$ – кількість стержнів трансформатора (для броньового).

$B_т = 1{,}5$ – магнітна індукція в магнітопроводі при $f = 50$ Гц.

Тоді:

$$r_{тр} = \frac{3{,}5 \cdot 14{,}8}{10 \cdot 50 \cdot 1{,}5} \cdot \sqrt[4]{\frac{1 \cdot 50 \cdot 1{,}5}{14{,}8 \cdot 10}} = 0{,}06 \text{ Ом}$$

де U_0 приймаємо рівним $U_{0x} = 1{,}2 \cdot U_0 = 14{,}8$ В.

Знаходимо індуктивність розсіяння обмоток трансформатора:

$$L_S = \frac{K_L \cdot S \cdot U_0}{(p-1)^2 \cdot I_0 \cdot f_c \cdot B_m} \cdot \sqrt[4]{\frac{S \cdot f_c \cdot B_m}{U_0 \cdot I_0}} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 12{,}3}{(2-1)^2 \cdot 10 \cdot 50 \cdot 1{,}5} \cdot \sqrt[4]{\frac{1 \cdot 50 \cdot 1{,}5}{12{,}3 \cdot 10}} =$$

$$= 73{,}5 \text{ мкГн}$$

де $K_L = 5 \cdot 10^{-3}$ – коефіцієнт для мостової схеми.

Активний опір випрямляча

$$r = 2r_{пр} + r'_{тр} = 0{,}1 \cdot 2 + 0{,}06 = 0{,}26 \text{ Ом}$$

Визначимо кут φ, що характеризує співвідношення між активним і індуктивним опором фази випрямляча

$$\varphi = \text{arctg}\left(\frac{2\pi \cdot f_C \cdot L_S}{r}\right) = \text{arctg}\left(\frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 73 \cdot 10^{-6}}{0{,}26}\right) = 5°$$

Основний розрахунковий коефіцієнт

$$A_0 = \frac{I_0 \cdot r \cdot \pi}{m \cdot U_0} = \frac{10 \cdot 0{,}26 \cdot 3{,}14}{2 \cdot 12{,}3} = 0{,}33$$

По графіках [5] визначаємо допоміжні коефіцієнти.

$$B = 0{,}95; \quad D = 2{,}15; \quad F = 6{,}5; \quad H = 210.$$

Знаходимо параметри трансформатора і вентиля.

$$U_2 = BU_0 = 0{,}95 \cdot 12{,}3 = 11{,}7 \text{ В}$$

$$I_2 = 0{,}707DI_0 = 0{,}707 \cdot 2{,}3 \cdot 10 = 16{,}3 \text{ А}$$

$$I_{\text{пр. сер}} = DI_0 = 2{,}3 \cdot 10 = 23 \text{ А}$$

$$U_{\text{звор.}} = 1{,}41 \cdot B \cdot U_0 = 1{,}41 \cdot 0{,}95 \cdot 12{,}3 = 16{,}5 \text{ В}$$

$$I_{\text{пр т}} = 0{,}5FI_0 = 0{,}5 \cdot 6{,}5 \cdot 10 = 32{,}5 \text{ А}$$

$$S = S_{\text{тр}} = 0{,}707BDP_0 = 0{,}707 \cdot 0{,}95 \cdot 2{,}15 \cdot 123 = 187 \text{ ВА}$$

Розрахуємо ємкість згладжуючого конденсатора

$$C = \frac{H \cdot 100}{r \cdot f \cdot k_n} = \frac{210 \cdot 100}{0{,}26 \cdot 50 \cdot 0{,}1} = 1615 \text{ мкФ},$$

де k_n – коефіцієнт пульсації випрямленої напруги.

Найбільша випрямлена напруга визначається на виході випрямляча при $U_{\text{мережі макс}}$.

$$U_{0xx\ \text{макс}} = U_{0xx}(1 + \alpha_{\text{макс}}) = 17{,}3 \cdot (1 + 0{,}1) = 19 \text{ В}$$

де $U_{0xx} = U_2 \cdot \sqrt{2} = 12{,}3 \cdot 1{,}41 = 17{,}3$ В – напруга холостого ходу.

Знаходимо внутрішній опір випрямляча:

$$r_0 = (U_{0xx} - U_0)/I_0 = (17{,}3 - 12{,}3)/10 = 0{,}5 \text{ Ом}$$

Струм короткого замикання

$$I_{0кк} = m\sqrt{2}U_2/r = 2\sqrt{2} \cdot 12{,}3/0{,}26 = 133{,}4 \text{ А}$$

ККД випрямляча

$$\eta = \frac{P_0}{P_0 + P_{\text{тр}} + P_{\text{в}}}$$

де $P_{тр}$ – втрати в трансформаторі

$$P_{тр} = S_{тр} / (1 - \eta_{тр}) = 187 / (1 - 0,85) = 28 \text{ Вт}$$

$\eta_{тр}$ – ККД трансформатора, визначається з графіка [4].

$P_в$ – втрати потужності на вентилях

$$P_в = I_{пр\ ср} \cdot U_{пр} \cdot N = 23 \cdot 1 \cdot 4 = 92 \text{ Вт}$$

N = 4 – загальне число вентилів у випрямлячі.

Тоді:

$$\eta = \frac{123}{123 + 28 + 92} = 0,51$$

Схема розрахованого первинного джерела живлення представлена на рисунку 2.4.

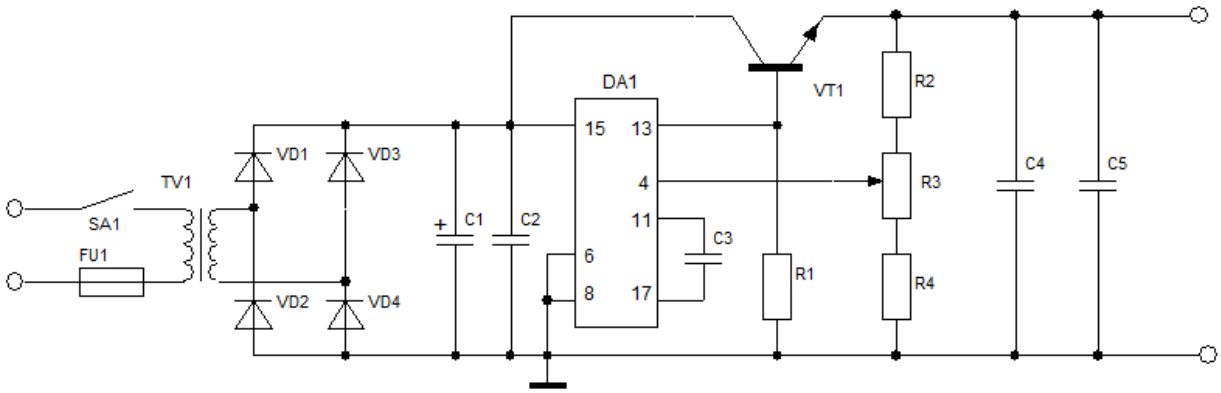


Рисунок 2.4 – Первинне джерело живлення

2.3 Структурна схема блоку живлення

Основна частина блоку живлення побудована на мікросхемах DA1 LM317, і DA2 LM337 (рис. 2.5), які представляють собою стабілізатори з регулюванням напруги від 1,25 В до 33 В з вбудованою функцією захисту від короткого замикання на виході та перегріву [7].

Стабілізатори на мікросхемах LM317 і LM337 представляють собою дільник . Верхнім плечем є мікросхема, а нижнім - навантаження. Напруга на

вході змінюється і мікросхема змінює свій опір так, щоб на виході напруга була не змінною.

Вихідна напруга стабілізатора напруги розраховується за формулою:

$$U_{OUT} = U_{REF} \cdot \left(1 + \frac{RV1}{R5}\right) + I_{ADJ} \cdot RV1 \ ,$$

де U_{REF} = 1,25 В; I_{ADJ} = 0,05 мА.

2.4 Схема блоку регулювання

Резистори R8, R9 для схеми блоку регулювання (рис. 2.6) обрані потужністю 0,5 Вт з номіналом в діапазоні 200…300 Ом. Вихідна напруга змінюється від 1,5 В до 25 В резисторами R2, R3 (Coarse), R3, R4 (Fine). Для розрахунку значень резисторів застосовувався on-line калькулятор. Конденсатори C5, C6 необхідні для плавного регулювання напруги. Діоди VD1, VD2 захищають мікросхеми DA1, DA2 від короткого замикання на вході і прискорюють розряд конденсаторів C7, C8, C9, C10, коли блок живлення вимкнений; діоди VD3, VD4 захищають від короткого замикання на виході та розряду ємностей C5, C6.

Вихідний струм LM317 не більше 1,5 А, тому в схемі застосовується підсилювач струму на транзисторах VT1, VT3 (VT2, VT4), що дозволяє отримати максимальний струм навантаження 5 А.

Резистори R1, R7, R6, R10 стоять в емітерних колах транзисторів для утворення негативного зворотного зв’язку, який вирівнює колекторні струми при паралельному включенні транзисторів. VT1, VT3, DA1 (VT2, VT4, DA2) встановлюються на радіатори. Для примусового охолодження в схемі застосовується вентилятор.

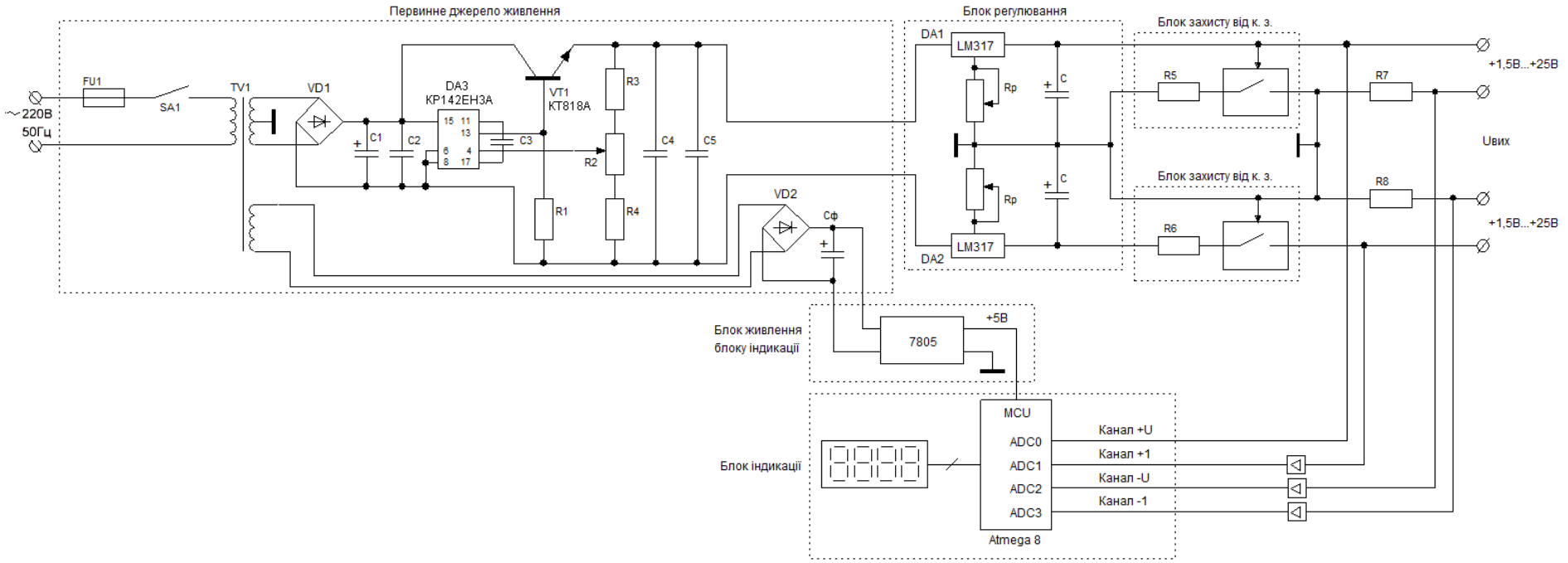


Рисунок 2.5 - Структурна схема джерела вторинного електроживлення

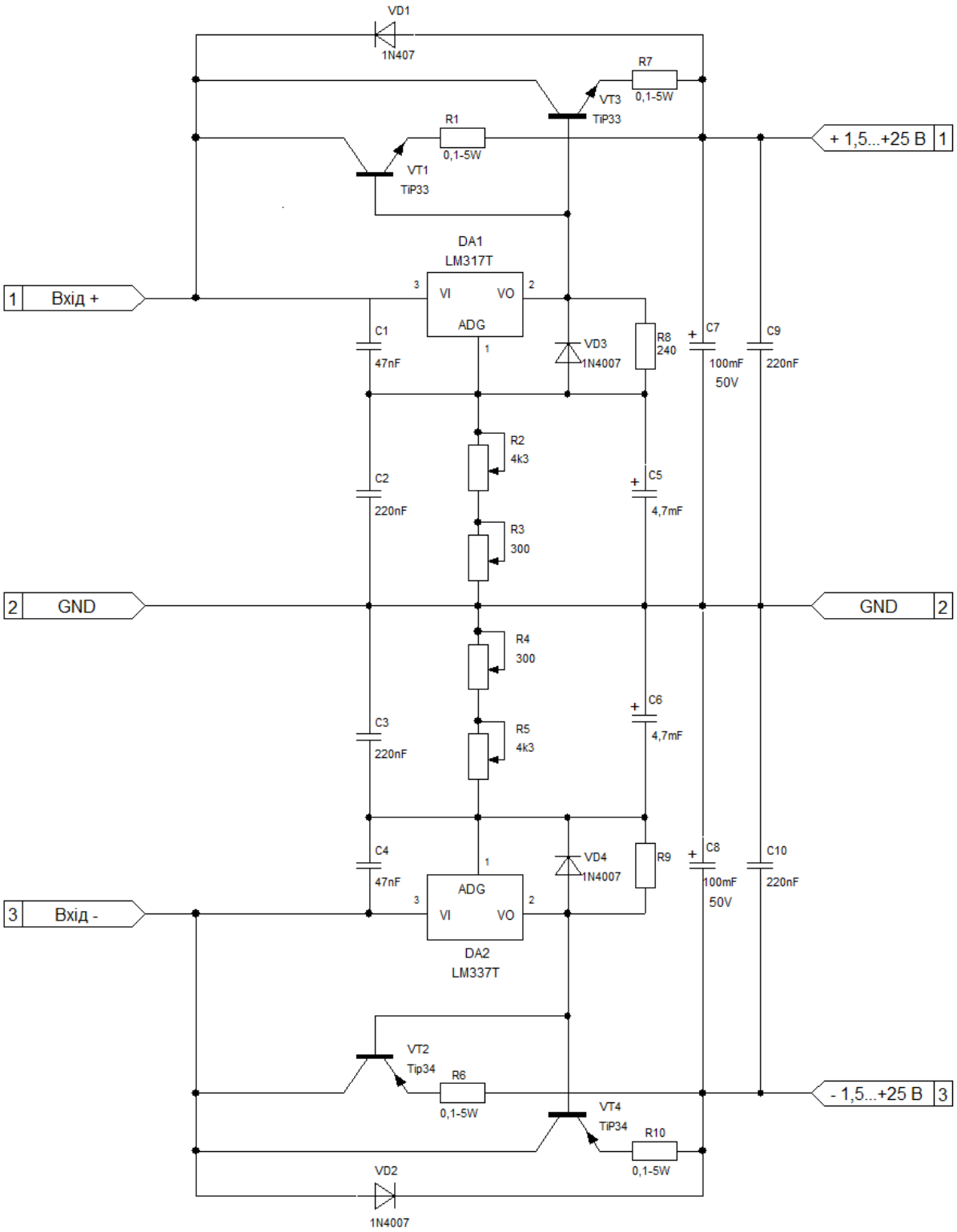


Рисунок 2.6 – Принципова схема блоку регулювання

Трансформатор TV1 (рис. 2.5) використовується з вихідною напругою 2×20 В та максимальним струмом вторинної обмотки 5 А, що відповідає максимальному струму навантаження. Діодний міст KBU8M вибирається «з запасом» на струм 8 А. Конденсатори фільтру вибираються з розрахунку максимального навантаження. Для струму 5 А використовують паралельне включення трьох конденсаторів 3300 мкФ × 50 В.

Для вимірювання напруги та струму використовуються 4 канали АЦП мікроконтролера Atmega 8 розрядністю 10 біт. Канали АЦП ADC0, ADC1 (PC0, PC1) використовуються для вимірювання у позитивному каналі, ADC2, ADC3 (PC2, PC3) - для вимірювання у негативному каналі. Як джерело опорної напруги використовується внутрішнє джерело мікроконтролера Atmega 8 з напругою 2,56 В.

У позитивному каналі напруга, що вимірюється, подається до ADC0 через дільник. Максимальне значення напруги на виході блока живлення 25,6 В, тому коефіцієнт дільника 10:1, щоб напруга на вході АЦП не перевищувала опорну напругу 2,56 В. Для вимірювання напруги в негативному каналі потрібно перевернути полярність напруги та застосувати дільник напруги 10:1. Для цього в схемі використовується каскад на операційному підсилювачі MCP602, який включений за схемою інвертованого підсилювача. Вимірювання струму виконується за допомогою шунта, який включається у розрив навантаження. Падіння напруги на ньому вимірюють канали ADC1, ADC3 мікроконтролера. Для шунта 0,1 Ом при струмі 1 А падіння напруги 0,1 В. Величина такої напруги достатньо мала щоб подавати її на мікроконтролер, тому її необхідно підсилити за допомогою операційного підсилювача, який включений за схемою неінвертованого підсилювача (для позитивного каналу блока живлення). Опір шунта 0,01 Ом використовується для вимірювання струму до 10 А. Тоді на R1 для струму 5 А буде падіння напруги 0,05 В. При коефіцієнті підсилення 50 напруга на виході підсилювача буде 2,5 В. Так як опорна напруга 2,56 В, то більше цього значення на вхід АЦП подати не можна (розрядність вимірювання струму 2,56 А / 1024 = 2,5 mA). Щоб отримати

реальні значення струму на LCD індикаторі, необхідно виміряне значення програмно помножити на 2. Вимірювання струму в негативному каналі аналогічно, тільки використовується інвертований підсилювач. Виміряне значення по кожному каналу додається до попередніх показів та поміщаються до буфера. Кожне вимірювання виконується 400 раз, знаходиться середнє значення, множиться на необхідні коефіцієнти та виводиться на індикатор HG1 з контролером HD44780, який підключений до мікроконтролера у 4 вивідному режимі.

2.5 Схема блоку захисту від короткого замикання

При правильному підключенні VT1 (рис. 2.7) транзистор відкритий і весь струм протікає на вихід через канал стік-витік.

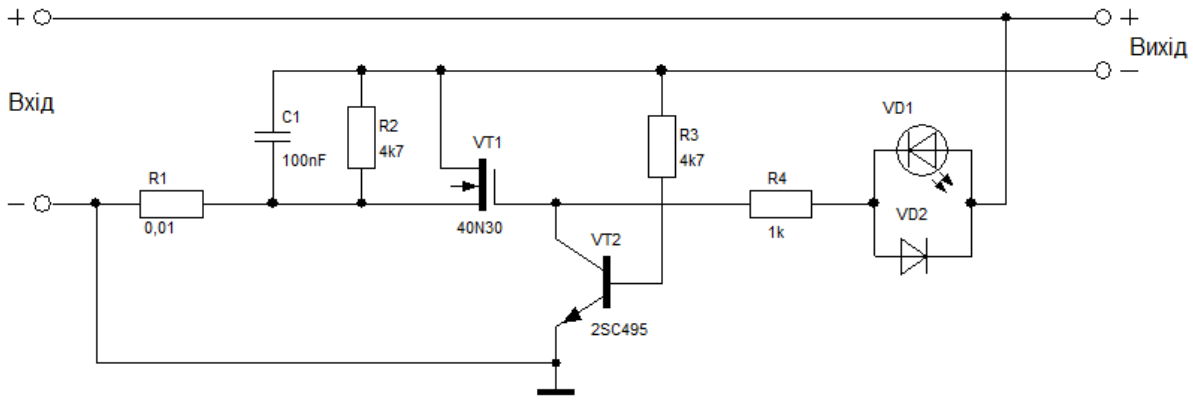


Рисунок 2.7 – Принципова схема блоку захисту від короткого замикання

При короткому замиканні падіння напруги на шунті R1 та VT1 достатньо, щоб спрацював малопотужний транзистор VT2. Коли транзистор VT2 відкривається, він замикає затвор VT1 на корпус, що приводить до його закриття та відключення блоку живлення від навантаження. Час спрацьовування захисту до 1мкс. Через відкритий перехід VT2 поступає живлення на VD1 і він світиться. Транзистор VT1 закритий, доки не буде усунуте коротке за-

микання в навантаженні. Від опора шунта R1 залежить струм спрацьовування захисту. При використанні шести резисторів по 5 Вт 0,1 Ом, які з’єднані паралельно, струм спрацьовування захисту 8 А.

Розрахований двохполярний блок живлення володіє параметрами: вихідна напруга +3...+25 В; кількість каналів - два з незалежним керуванням; номінальний вихідний струм - не менше 1 А.

Вимірювання параметрів лабораторного блоку живлення автоматизовані.

Схема захисту від короткого замикання спрацьовує за час до 1 мкс.

3 Охорона праці та техногенна безпека при розробці схеми джерела вторинного електроживлення

Роботи, які проводяться в дослідницькій лабораторії, не представляють великої безпеки, оскільки приміщення інженерної академії належать до приміщень без підвищеної безпеки. Проте вживання електроустаткування може нести в собі ряд шкідливих і небезпечних для життя і здоров'я людей чинників, що працюють з ним. Основну небезпеку дослідницької лабораторії представляють використання електроприладів, які працюють при напрузі небезпечній для життя [8].

Дія електричного струму на живу тканину носить своєрідний характер. Проходячи через організм, електричний струм виробляє термічну, електролітичну і біологічну дію [9].

Міра небезпечної і шкідливої дії на людину електричного струму і електричної дуги залежить від роду і величини напруги струму, частоти струму, шляху струму через тіло організму, тривалість дії електричного струму, умов зовнішнього середовища.

У дослідницькій лабораторії існує можливість виникнення небезпеки при роботі з шкідливими речовинами в процесі моделювання плати пристрою. При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нирково-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

При недостатній освітленості на робочому місці може виникнути зорова втома.

3.1 Заходи з зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Тривала робота перед екраном монітора наводить до різних функціональних розладів організму, не говорячи вже про неймовірне навантаження на очі. Захворювання, викликані травмою навантажень, що повторюються, не виявляються відразу, це нездужання, що поступово накопичуються. У цьому їх небезпека. В основному страждають кисті, зап'ястя, плечі, шийна область [9].

У виникненні хвороб такого роду найчастіше винні: погана ергономіка робочих місць, дуже високо розташована клавіатура, непідходяще крісло, незнання основних правил роботи за комп'ютером. Правила, що стосуються освітлення в приміщенні і на робочому місці, мікроклімату, розташування клавіатури прості:

- повна тривалість робочого часу, проведеного за екраном монітора із захисним екраном, для дорослого користувача не повинна перевищувати 4 години за 8-годинний робочий день;

- не рекомендується працювати на клавіатурі безперервно більше 30 хвилин, кожну годину необхідно робити п'ятихвилинну перерву, а кожні дві години - 15-хвилинний, причому краще покинути робоче місце, влаштувати розминку для пальців, зробити просту гімнастику для очей;

- для устаткування робочого місця краще використовувати спеціальні столи і стільці, що дають можливість регулювати положення всіх вузлів, - висоти столу, полички для клавіатури, крісла користувача;

- висоту клавіатури слід відрегулювати так, щоб кисть розташовувалася прямо;

- спина має бути пряма, кут між стегнами і хребтом теж прямий, для чого слід підібрати таке крісло, спинка якого здатна підтримувати спину користувача.

- монітор слід розташувати так, щоб нижній рівень екрану знаходився на 20-25 см нижче за рівень очей, а рівень верхньої кромки розташовувався на висоті лоба, від екрану монітора до очей має бути не менше 75-120 см.

- відстань між столами з комп'ютерами - не менше 1,5 метрів, між моніторами - не менше 2,2 метрів.

- екран комп'ютера краще розташувати під прямим кутом по відношенню до вікон, які необхідно завісити або закрити жалюзі.

3.2 Виробнича санітарія

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відеотерміналах і персональних комп'ютерах є допоміжною, температура, відносна вологість і швидкість руху повітря на робітниках метах повинні відповідати санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень, що діють [10]

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відеотерміналах і персональних комп'ютерах є основною (диспетчерські, операторські, розрахункові, кабінети і пости управління, зали обчислювальної техніки і ін.) повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату відповідно до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з відеотерміналами і персональними комп'ютерами

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С (не більше)	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Легка – 1а	22-24	40-60	0.1
	Легка – 1б	21-23	40-60	0.1
Теплий	Легка – 1а	23-25	40-60	0.1
	Легка – 1б	22-24	40-60	0.2

До категорії 1а відносяться роботи, вироблювані сидячи і що не вимагають фізичної напруги, при яких витрата енергії складає до 120 ккал/ч. До категорії 1б відносяться роботи, вироблювані сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводяться деякою фізичною напругою, при яких витрата енергії складає від 120 до 150 ккал/ч

При монтажі компонентів на плату і формуванні топологічного рисунка струмопровідного шару виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин, що обертаються в технологічному процесі, і матеріалів. Всі речовини, що забруднюють повітря, надають шкідливу дію, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину (ГДК). У виробництві плат застосовують певні речовини, які шкідливі для організму. Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюється залежно від гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони. Це та концентрація яка переноситься без відхилень від нормального полягання в перебігу робочого дня при щоденному диханні. Встановлюють чотири класи шкідливих речовин: 1-й клас – речовини надзвичайно небезпечні; 2-й клас – речовини високо небезпечні; 3-й клас – речовини помірно небезпечні; 4-й клас – речовини мало небезпечні. Дія токсичних речовин виявляється в гострих і хронічних отруєннях.

При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

У таблиці 3.2 приведені гранично допустимі концентрації небезпечних речовин, вживаних при монтажі елементів [10].

Таблиця 3.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Речовини	ГДК, мг/м^3
Ацетон	30
Каніфоль	150
Олово	90
Спирт	1000

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нервово-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливний витяжній вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа для виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням (рис. 3.1).

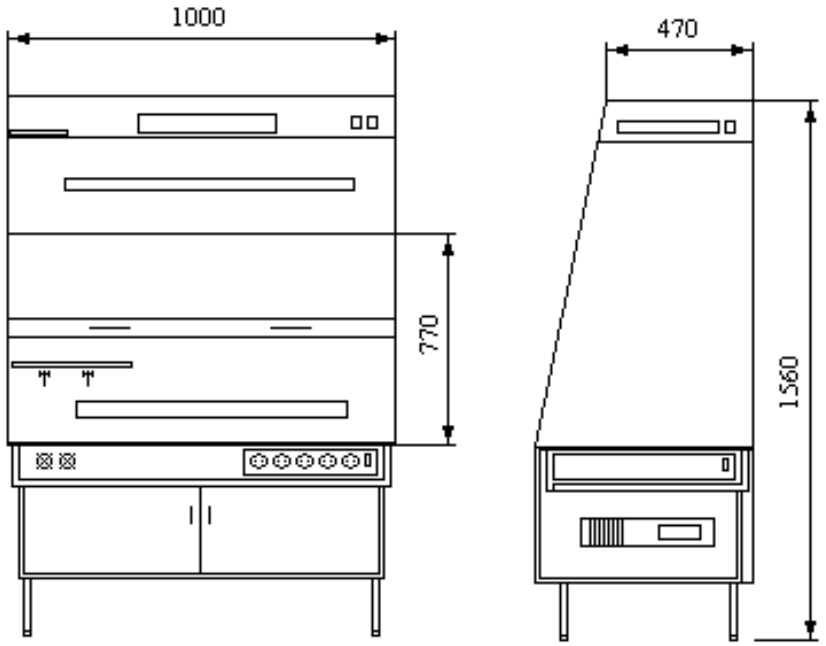


Рисунок 3.1 – Витяжна шафа для виготовлення печатних плат

3.3 Електробезпека

Дія електричного струму на організм людини може бути теплова, хімічна і біологічна. При дії електричного струму на організм людини можуть бути два види поразки: електричні удари і електричні травми. Часто ці види супроводять один одному [10].

Захистом від дотику до струмопровідних частин електроустановок є ізоляція дротів, обгороджування, блокування і захисні засоби. Захистом від напруги, що з'явилася на корпусах електроустановок в результаті порушення ізоляції, є захисне заземлення, занулення і захисне відключення.

Захисне заземлення влаштовується в мережах з ізольованою нетраллю. Воно є навмисним з'єднанням із землею не струмопровідних металевих частин електроустановок.

Захисне заземлення необхідне для зниження напруги відносно землі до безпечної величини на металевих корпусах електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою, але що виявилися під таким в результаті пошкодження ізоляції.

При зниженні напруги на корпусах відносно землі струм, що проходить через людину, що стосується корпусу, знижується до безпечної величини (10 мА).

На ділянці проведення експерименту в лабораторії застосовується електроустаткування до 220 В. Електроживлення здійснюється від розподільних щитів за допомогою комутуючих автоматів, що виробляють захист того або іншого об'єкту.

Приміщення відноситься до приміщень без підвищеної безпеки.

Відповідно до ПЗП приміщення лабораторії відносять до класу по пожежобезпеці П-11 а. Міра захисту електроустаткування 1 Р44.

Прокладка сполучних дротів здійснюється в трубах, що забезпечує надійний захист від механічних пошкоджень дротів [10].

3.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Приміщення, де виробляється травлення печатних плат, відноситься до вибухонебезпечного, оскільки водень, що виділяється при травленні, з атмо-

сферним киснем утворює вибухонебезпечну суміш. Проте це може статися лише при відключенні вентиляції, тобто при аваріях. Отже, приміщення відноситься до класу В-Іа. По мірі пожежної безпеки дане виробництво може бути віднесене до категорії Д, оскільки характеризується наявністю речовин, що лише не згорають, і матеріалів в холодному стані [10].

Характерними причинами виникнення пожеж в лабораторії є необережне поводження з вогнем, порушення технологічних процесів, неправильні електропроводки і устаткування, неправильне користування електричними приладами і ін.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться лабораторія, виконані з тих, що не згорають і важко згорають матеріалів, що цегельних і виштукатурюють. Отже, вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі.

Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість просування людей при евакуації – 16 м/хв [9].

Згідно ПВЕ, будівля, в якій знаходиться лабораторія по захисту від блискавки, відноситься до категорії С і захищається від прямих ударів блискавок, і від замету високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації, їх приєднують при введенні в захищаємий об'єкт до заземлення електроустаткування. Отже, грозозахист засновано на стержневих громовідводах.

Для попередження пожеж в лабораторії необхідно створити строгий протипожежний режим. Створюється загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж при на робочому місці; створюється план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Як вогнегасні речовини можна застосовувати воду, вуглекислоту, хімічну і повітряно-механічну піну. Для гасіння вогнищ усередині будівлі на

майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлюють пожежні крани, які розміщені в шафках, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожежі горючих матеріалів, що починається, а також горючих рідин використовується ручний пінний вогнегасник ОХП-10. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислий вогнегасник ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, в кількості двох вогнегасників на кожну установку. Існують пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації.

Визначимо технічні і організаційні заходи в лабораторії травлення печатних плат. До технічних заходів відносяться протипожежні заходи, вживані лабораторії:

- територію лабораторії необхідно постійно містити в чистоті, горюче сміття повинне систематично віддалятися на спеціально відведені ділянки і у міру накопичення вивозитися;

- всі струмопровідні частини, розподільні пристрої, рубильники і інші пускові апарати вмонтовуються на негорючих підставах (мармур, текстоліт, гетинакс, азбест, і тому подібне);

- вимір опору ізоляції електромережі проводиться не рідше два раз на рік. Несправні ділянки знеструмлюються і замінюються новими;

- вся електрична апаратура, встановлена в лабораторії, виконується вибухозахищеною;

- для усунення можливості проникнення пари і газів з цеху в сусідні приміщення виводи дротів крізь стіни робляться із застосуванням фарфорових трубок, отвори яких закриваються кислотноупорною мастикою;

- куріння в приміщенні строго забороняється;

- на випадок виникнення пожежі необхідно передбачити можливість евакуації людей. Евакуаційні дороги повинні забезпечувати евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщенні лабораторії протягом необхідного часу. Число евакуаційних доріг не менше два. Кількість та розміри евакуаційних виходів

з будівель і приміщень, їхні конструктивні й планувальні рішення, умови освітленості, забезпечення незадимленості, протяжність шляхів евакуації, їх облицювання (оздоблення) повинні відповідати протипожежним вимогам будівельних норм.

- евакуаційні шляхи і виходи повинні утримуватися вільними, нічим не захаращуватися і в разі виникнення надзвичайної ситуації забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд, двері на дорогах евакуації навішуються так, щоб відкривалися по направленню виходу з будівлі;

- мінімальна ширина дверей на дорогах евакуації не менше 0,8 м;

- висота переходу на дорогах евакуації не менше 2 м;

- пристрій гвинтових сходів і змінних рівнів на дорогах евакуації не допускається;

- схема евакуації людей ретельно розробляється і вивішується на видних місцях;

- весь трудовий колектив проходить навчання заходам пожежної безпеки.

- у разі розміщення технологічного, експозиційного та іншого обладнання в приміщеннях повинні бути забезпечені евакуаційні проходи до сходових кліток та інших шляхів евакуації відповідно до будівельних норм.

Не допускається:

- влаштовувати на шляхах евакуації пороги, виступи, турнікети, розсувні, підйомні двері, такі двері, що обертаються, та інші пристрої, які перешкоджають вільній евакуації людей;

- захаращувати шляхи евакуації (коридори, проходи, сходові марші і площадки, вестибулі, холи, тамбури тощо) меблями, обладнанням, різними матеріалами та готовою продукцією, навіть якщо вони не зменшують нормативну ширину;

- забивати, заварювати, замикати на навісні замки, болтові з'єднання та інші запори, що важко відчиняються зсередини, зовнішні евакуаційні двері будівель.

У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. При появі сигналу сповіщення про пожежу співробітники організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідують або вліво через лабораторний корпус для виходу на вулицю Фанатська, або управо для виходу на вулицю Незалежної України (рис. 3.2).

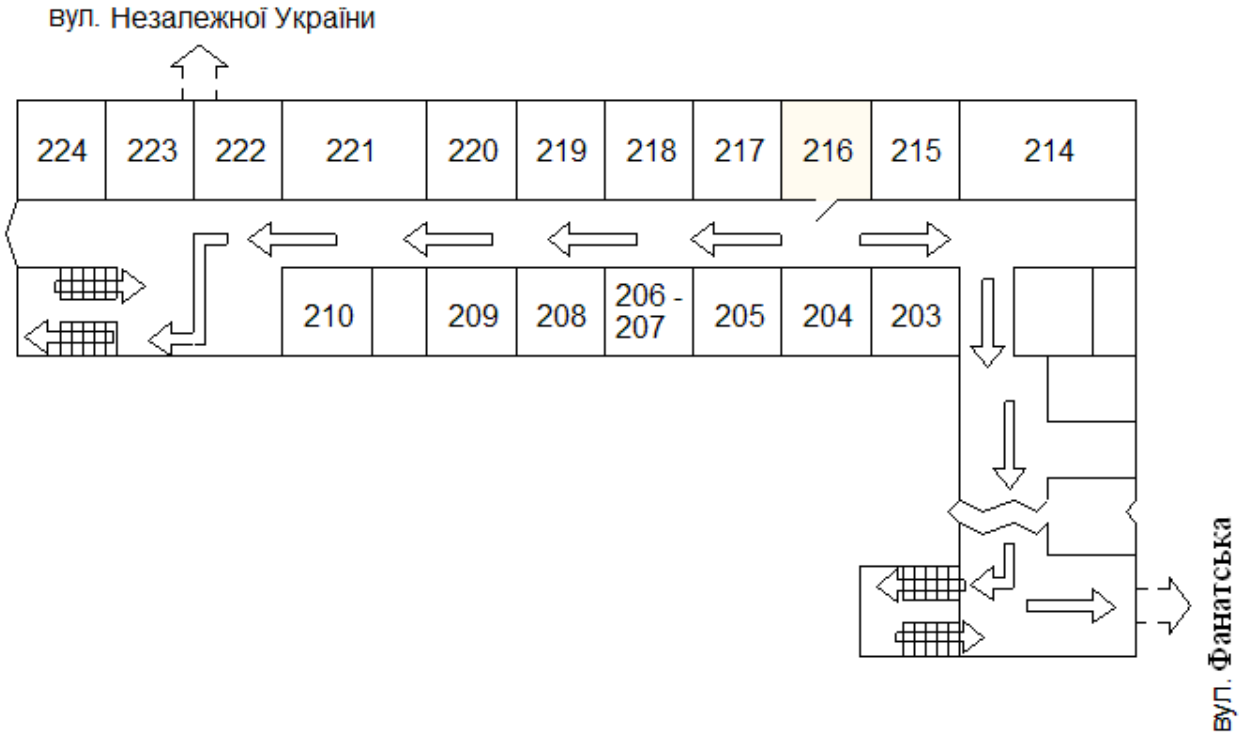


Рисунок 3.2 – План евакуації при пожежі із аудиторії

Для оптимального здійснення евакуації з будівель та споруд різного призначення створюються відповідні комісії. Вони скеровуються з Міністерства з надзвичайних ситуацій України.

Основними завданнями комісій з евакуації відповідних суб'єктів господарської діяльності є: розроблення планів евакуації, на випадок виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру; організація та проведення у евакуації; установи чи організації щодо забезпечення прове-

дення евакозаходів; визначення основних напрямів роботи щодо проведення евакозаходів; підготовка і перепідготовка особового складу евакокомісії.

Забезпечення техногенної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності суб'єктів господарювання. Забезпечення техногенної безпеки покладається на відповідних посадових осіб, керівників і уповноважених ними осіб, якщо інше не передбачено відповідними нормативно-правовими або цивільно-правовими актами. Заходи щодо забезпечення техногенної безпеки враховуються органами архітектури, замовниками, забудовниками, проектними та будівельними організаціями при проектуванні та забудові населених пунктів, будівництві, розширенні, реконструкції та технічному переоснащенні потенційно небезпечних об'єктів, установ та організацій.

Відповідні заходи, які обумовлюють стан захищеності населення і об'єктів від негативних наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру, повинні виконуватись як окремі розділи або визначатись у розділах інженерно-технічних заходів цивільного захисту та техногенної безпеки до проектів планування та забудови проектів (робочих проектів) ПНО або ОПН, їх будівель та споруд, погоджених зі спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань цивільного захисту і затверджених у порядку, установленому спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань будівництва і архітектури.

4.5 Розрахунок місцевого освітлення робочого місця при монтажі елементів на плату

Для місцевого освітлення (у складі комбінованого освітлення) слід використовувати світильники з непрозорими відбивачами. Світильники місцевого освітлення слід розташовувати так, щоб їх елементи, що світять, не потрапляли прямо у поле зору працівників як даного так і інших робочих місць [10].

Вираження для освітленості даної точки “а” поверхні спостережуваного об'єкту визначається вираженням:

$$E_а = \frac{J_{св}}{l_{са}^2}\cos\gamma_{са}.$$

Тут $J_{св}$ – сила світла, що випромінюється світильником, кд/м^2; $l_{са}$ – довжина шляху світлового променя від елементу, що світить, до точки “а” спостережуваного об'єкту, м; $\gamma_{са}$ - кут, що утворюється світловим променем в напрямі від елементу, що світить, до точки “а” і нормаллю до спостережуваної поверхні в точці “а”, рад. Розташування світильника на робочому місці показане на рисунку 3.3.

У точці “а” світильник місцевого освітлення повинен створювати освітленість, рівну нормативному значенню для місцевого освітлення (в даному випадку 180 лк), з відхиленням в межах –10% - +20%.

Визначимо силу світла, потрібну від світильника місцевого освітлення:

$$x_{св} = 20\text{см}; y_{св} = 10\text{см}; z_{св} = 20\text{см}; x_а = 20\text{см}; y_а = 30\text{см}$$

$$l^*_{са} = \sqrt{(x_{св} + x_а)^2 + (y_{св} + y_а)^2} = 56{,}6\text{см}$$

$$l_{са} = \sqrt{l^{*\,2}_{са} + z_{св}^2} = 60\text{см}$$

$$\gamma_{са} = \frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{z_{св}}{l_{са}}\right) = 1.231\text{рад}$$

У світильнику використовується лампа розжарювання, тому для вибору лампи світильника місцевого освітлення по величині створюваного світлового потоку має вигляд

$$\Omega_{св} = 2\pi\left\{1 - \cos\left[\operatorname{arctg}\left(\frac{d_{св}}{2h_л}\right)\right]\right\} = 4{,}14$$

$$\Phi_Л = E_{норм.м} \cdot l_{св.а.}^2 \cdot \frac{4\pi}{\cos\gamma_{са}}\left[1 + \chi_{св}\rho_{св}\left(\frac{4\pi}{\Omega_{св}} - 1\right)\right]^{-1} = 796$$

З таблиці [9] вибираємо лампу розжарювання типа БК-215-225-60 потужністю 60 Вт

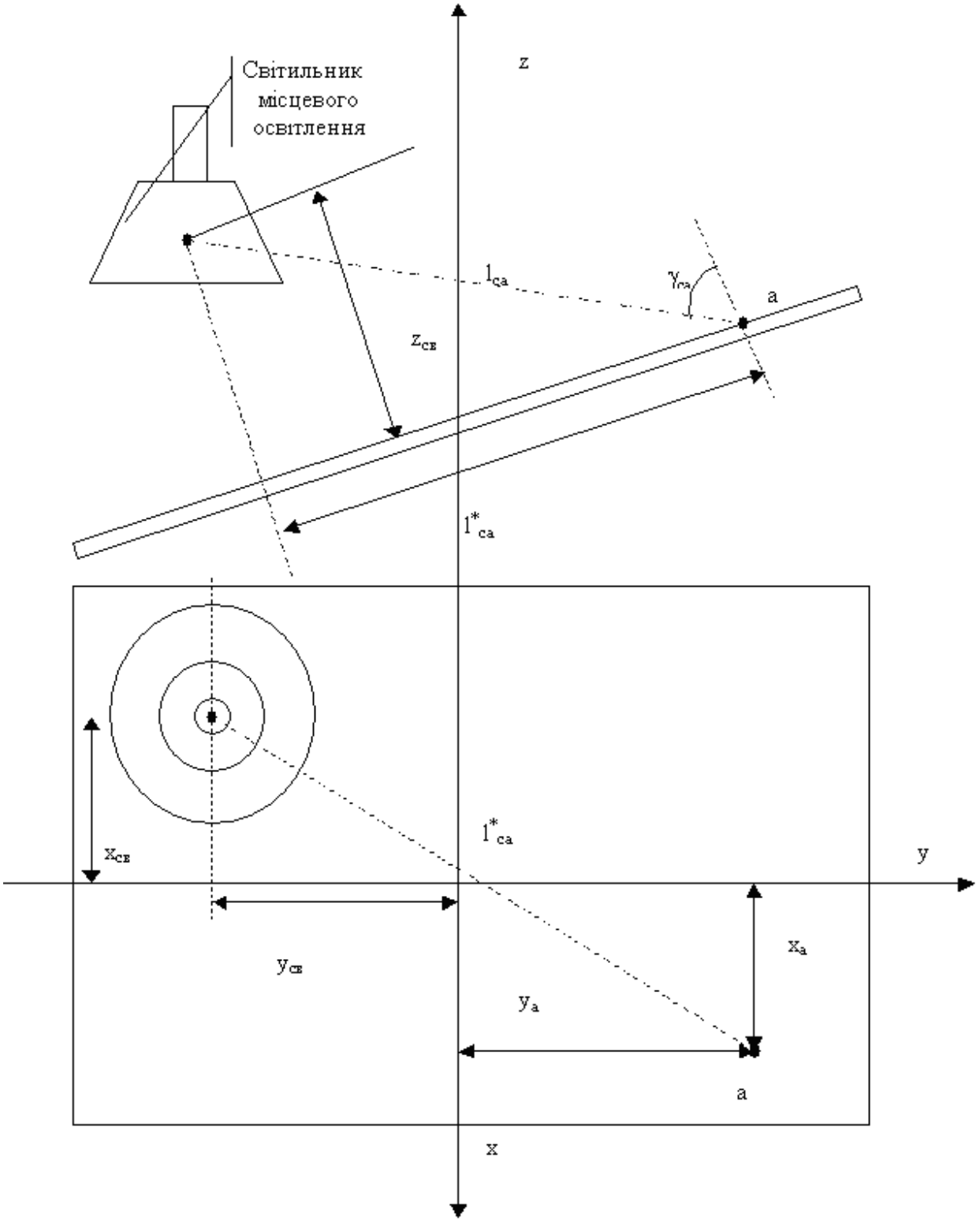


Рисунок 3.3 – Розташування світильника місцевого освітлення

Висновки та рекомендації

1. Розроблене двоканальне джерело вторинного електроживлення відповідає вимогам параметрів, які поставлені в завданні роботи.

2. Розрахований стабілізатор первинного джерела живлення забезпечує стабільно напругу 25 В і струм 1 А.

3. Вимір параметрів блоку живлення виконується за допомогою мікропроцесорної схеми, що підвищує точність проведення досліджень.

4. Схема забезпечена захистом по струму від короткого замикання з струмом спрацювання 8 А за час 1 мкс.

5. Візуально параметри лабораторного блоку живлення контролюються на світлодіодному дисплеї, що керується мікроконтролером.

Рекомендується подальша модернізація джерела вторинного електроживлення з метою підвищення надійності спрацювання схеми захисту та більшої інформативності.

Перелік посилань

1. Воєца А. С. Резервні та автономні джерела електроживлення постійним струмом: метод. посіб. Львів: ЛК ДУІКТ, 2004. 51 с.

2. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Схемотехніка електронних систем: Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої: Підручник. Київ : Вища шк., 2004. 366 с.

3. Сєдов С. О. Аналогове оброблення сигналів. Схемотехніка. Розрахунки : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. 298 с.

4. Воробйова. О. М., Іванченко В. Д.. Основи схемотехніки: підручник. [2-е вид.]. Одеса : Фенікс, 2009. 388 с.

5. Дудикевич В. Б., Кеньо Г. В., Петрович І. В. Електроніка та мікросхемотехніка. Частина І: Електроніка: навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2010. 204 с.

6. Багрій В. В. Конспект лекцій з дисципліни "Твердотільна електроніка" для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальностей 171 «Електроніка», 153 «Мікро- та наноелектроніка». Кам'янське ; ДДТУ, 2020, 215 с.

7. Лавриненко В.Ю. Довідник по напівпровідниковим приладам. Київ : Техніка, 1984. 424 с.

8. Кожемякін Г.Б., Рижков В.Г., Бєлоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 48 с.

9. Ткачук К.Н. Охорона праці і довкілля в радіоелектронній промисловості. Київ : Вища шк., 1988. 240 с.

10. Горобець А.І. Степаненко А.І. Охорона праці в радіоелектронній промисловості. Київ : Техніка, 1987. 345 с.

Додаток А

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Науково-дослідна частина ЗНУ
Наукове товариство студентів, аспірантів та докторантів ЗНУ
Рада молодих вчених ЗНУ

20-24 квітня 2026 року

XIX університетська науково-практична конференція студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених

«МОЛОДА НАУКА-2026»



Запоріжжя, 2026

Закревський Максим
студент 4 курсу ІННІ ім. Ю.М. Потебні
Наук. кер.: канд. тех. наук, доц. Верьовкін Л.Л.

ДВОХПОЛЯРНИЙ БЛОК ЖИВЛЕННЯ

Для будь-якого електронного пристрою необхідне джерело живлення, яке повинно давати одне або декілька значень постійної напруги. Як джерело живлення можна використовувати гальванічні батареї, але при великому вжитку потужності це не економічно. У цьому випадку застосовують спеціальні електронні пристрої, які забезпечують формування необхідної живлячої напруги і звуться джерелами електроживлення.

Джерела електричної енергії, необхідної для живлення будь-якої електронної апаратури, прийнято ділити на джерела первинного і вторинного електроживлення [1].

Джерела вторинного електроживлення (ДВЕЖ) виконують функції перетворення вигляду струму (змінний - постійний), стабілізації і регулювання напруги або струму, фільтрації різних перешкод, що виникають при перемиканні, стабілізації і регулюванні напруги і т.д. Перетворення змінного струму в постійний забезпечується випрямлячами, а зворотне перетворення постійного струму в змінний - інверторами.

Джерела вторинного електроживлення відносяться до категорії базових приладів, які використовуються при розробці електронної апаратури, виконанні наукових досліджень, вихідному контролі, а також у багатьох інших застосуваннях. Падіння напруги в проводах підключення, імпульсний шум, стрибки напруги при швидкій зміні струму споживання навантаження - аспекти, які треба враховувати. Для більшості типових завдань, що виникають при розробці або ремонті точної аналогової апаратури, аудіосхем та чутливих давачів найкраще підходять лінійні лабораторні блоки живлення [2].

Розроблено двохполярний блок живлення з параметрами: вихідна напруга - +3...+25В; кількість каналів - два з незалежним керуванням; номінальний вихідний струм - не менше 1А; амплітуда пульсацій - не більше 100 мВ при 15В/1А; захист від короткого замикання у кожному каналі; індикація вихідної напруги.

Блок живлення складається з таких основних блоків: первинного джерела живлення, який призначений для гальванічної розв’язки від мережі живлення та пониженню напруги для блоку регулювання; блок регулювання - основна силова аналогова частина, яка здійснює регулювання напруги та струму; блок індикації - забезпечує обробку даних про поточні значення напруги та струму на виході блоку; індикація напруги, струму живлення по кожному каналу та поточний стан блока живлення; блок захисту від короткого замикання по кожному каналу з індикацією перевищення струму навантаження; допоміжний блок живлення для живлення блоку індикації. Функціональна схема джерела вторинного електроживлення наведена на рисунку 1.

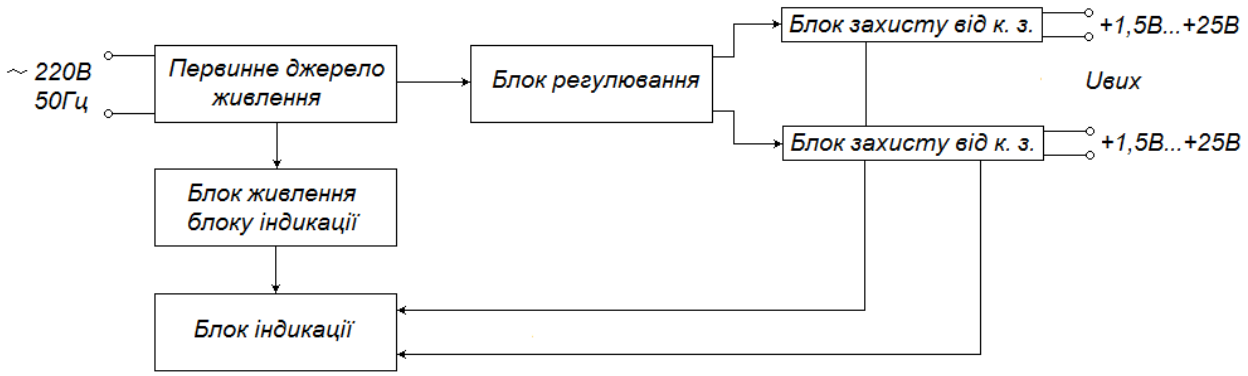


Рисунок 1 - Функціональна схема джерела вторинного електроживлення

За класичною схемою джерело первинного електроживлення повинне містити трансформатор, випрямляч, і фільтр [1]. На виході джерела живлення повинні забезпечуватися необхідні напруга, струм і коефіцієнт пульсацій. Таким чином, виникає необхідність застосувати стабілізатор напруги у первинному джерелі живлення. Як випрямляч обрано мостову схему включення.

Вимірювання параметрів лабораторного блоку живлення автоматизовані.

Схема захисту від короткого замикання спрацьовує за час до 1 мкс.

Література:

1. Воєца А. С. Резервні та автономні джерела електроживлення постійним струмом: метод. посіб. Львів: ЛК ДУІКТ, 2004. 51 с.

2. Сєдов С. О. Аналогове оброблення сигналів. Схемотехніка. Розрахунки : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. 298 с.