

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

**Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення**

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

на тему Розробка емулятора роботи постійного
запам'ятовуючого пристрою

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи 6.1530-с
спеціальності 153 Мікро- та наносистемна
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми 153 Мікро- та наносистемна
техніка

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації 153 Мікро- та наносистемна техніка

(код і назва спеціалізації)

Гончаренко М.А.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент,
к.т.н., Небеснюк О.Ю.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

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

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Освітня програма 153 Мікро- та наносистемна техніка

(шифр)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т.В.Критська

« » травня 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гончаренко Максима Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка емулятора роботи постійного запам'ятовуючого пристрою

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Небеснюк О.Ю., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 17 січня 2023 року № 91-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра 02 травня 2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра: емулятор ПЗП на біполярних транзисторах з можливістю автономного живлення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Запам'ятовуючі пристрої. Аналіз та класифікація 2 Розробка емулятора запам'ятовуючого пристрою на біполярних транзисторах. 3 Охорона праці та техногенна безпека

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

Л1-Принцип функціонування та структурна схема пристрою. Л2- Схема електрична принципова емулятора ПЗП. Л3 Складальне креслення

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
I	<i>Небеснюк О.Ю.</i>	<i>01.02.2023</i>
II	<i>Небеснюк О.Ю.</i>	<i>02.04.2023</i>
III	<i>Небеснюк О.Ю.</i>	<i>28.04.2023</i>

7. Дата видачі завдання 24.10.2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	<i>Аналіз матеріалу за темою кваліфікаційної роботи</i>	<i>24.10.22-01.02.23</i>	
2	<i>Аналіз та класифікація запам'ятовуючих пристроїв</i>	<i>02.02-28.03</i>	
3	<i>Розробка структурної схеми пристрою</i>	<i>01.03-17.03</i>	
4	<i>Розрахунок елементів, вибір елементної бази</i>	<i>20.02-12.03</i>	
5	<i>Розробка схеми електричної принципової</i>	<i>12.03-28.03</i>	
6	<i>Розрахунок надійності пристрою</i>	<i>28.03-02.04</i>	
7	<i>Розділ охорони праці та техногенної безпеки</i>	<i>02.04-12.04</i>	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень</i>	<i>13.04-28.04</i>	

Студент _____ *Гончаренко М.А.*
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи (проекту) _____ *Небеснюк О.Ю.*
(підпис) (прізвище та ініціали)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер _____ *Верьовкін Л. Л.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 82 стор., 12 рис., 11 табл., 2 додатки, 16 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – запам'ятовуючі пристрої

Ціль роботи - розробка емулятора запам'ятовуючого пристрою на біполярних транзисторах.

Задачі роботи - провести аналіз емуляторів ПЗП; розробити структурну схему пристрою, здійснити вибір елементної бази, розробити схему електричну принципову.

Методика дослідження - проектування в програмному середовищі Splan.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено емулятора запам'ятовуючого пристрою на біполярних транзисторах з об'ємом пам'яті 64 кБ, що має незначні габаритні розміри, просте керування, живлення 220 В 50 Гц, у разі потреби роботи в автономному режимі, здійснюється резервне живлення від гальванічного елемента який міститься вже в самому пристрої.

Прогнозні пропозиції – пристрій може застосовуватися розробниками програмного забезпечення при перепрограмуванні ПЗП.

**ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ, БІПОЛЯРНИЙ ТРАНЗИСТОР,
ЕМУЛЯТОР, МІКРОСХЕМА, НАДІЙНІСТЬ, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА.**

Кваліфікаційна робота виконана в Інженерному навчально-науковому інституті ім. Ю. М. Потебні, ЗНУ на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 01.09.2022 по 26.05.2023.

ЗМІСТ

1 ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧІ ПРИСТРОЇ. АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ.....	9
1.1 Постійні запам'ятовуючі пристрої.....	9
1.2 Емулятори постійних запам'ятовуючих пристроїв.....	11
1.3 Класифікація емуляторів ПЗП.....	14
2 РОЗРОБКА ЕМУЛЯТОРА ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧОГО ПРИСТРОЮ НА БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРАХ	18
2.1. Розробки структурної схеми пристрою.....	19
2.1.1 Розрахунок випрямляча	24
2.1.2 Розрахунок трансформатора.....	29
2.2 Вибір елементної бази.....	42
2.2.1 Вибір активних та пасивних елементів	42
2.3.2 Вибір мікросхем.....	43
2.3.3 Вибір елементів комутації	43
2.4 Розробка схеми електричної принципової	44
2.5 Розрахунок надійності.....	45
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	57
3.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів	57
3.2 Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія.....	64
3.3 Електробезпека	69
3.3.1 Розрахунок захисного заземлення	70
3.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека	73
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	75
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	76

ВСТУП

В електронних пристроях одним з найбільш важливих елементів, що забезпечують роботу всієї системи вважається пам'ять, яка ділиться на внутрішню і зовнішню.

Елементами внутрішньої пам'яті вважають оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) і кеш процесора.

Зовнішня пам'ять - це накопичувачі, що підключаються до комп'ютера - жорсткі диски, флешки, карти пам'яті та ін.

Існують чотири різновиди ПЗП. Стандартні ПЗП програмуються розроблювачем. Програмовані ПЗП (ППЗП) можуть бути запрограмовані постійно користувачем або заготівником на спеціальному устаткуванні, це програмування незворотне. ППЗП, що стираються (СППЗП) можуть бути програмовані та стираємо користувачем. Дані, розташовані у СППЗП можуть бути стерті ультрафіолетовим опроміненням великої інтенсивності. Стираємі електрично ПЗП - це інший (СЕПЗП), операція стирання здійснюється на спеціальному устаткуванні в змінному електричному полі без застосування ультрафіолетового опромінення.

Програмовані ПЗП є результатом удосконалення класичної схеми напівпровідникового ПЗП з масочним програмуванням. Простий ПЗП містить запам'ятовуючу матрицю, що складається з шин рядків і стовпців, дешифратора адреси рядків і стовпців і підсилювача прочитування. Існує принципова необхідність використання програмованих мікросхем в мікро - процесорних пристроях і системах практично для всіх областей народного господарства, таких, як гнучкі виробничі системи, системи управління різними технологічними процесами, персональні ЕОМ, побутова апаратура. [1]. Під час розробки програмного забезпечення є необхідність в

перепрограмуванні ПЗП, але після декілька циклів перезапису мікросхема виходить з ладу, тому актуальним є питання розробки емулятору роботи ПЗП, що дозволить значно зменшують вартість розробки нового програмного забезпечення для нового розробленого обладнання.

1 ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧІ ПРИСТРОЇ. АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ

1.1 Постійні запам'ятовуючі пристрої

Постійні запам'ятовуючі пристрої призначені для зберігання одноразово записаної на них інформації, яка має зберігатися навіть за умов знеструмлення комп'ютеру. Такою інформацією є, наприклад, дані і програми, потрібні для завантаження операційної системи та керування роботою зовнішніх пристроїв комп'ютеру (BIOS).

Для позначення ПЗП застосовується аббревіатура ROM, яка відображає функціональне призначення ПЗП: (Read-Only Memory) – пам'ять тільки для читання.

Всі постійні запам'ятовуючі пристрої (ПЗП) можна розділити на такі групи:

- програмовані під час виготовлення (позначають як ПЗУ чи ROM);
- з одноразовим програмуванням, що дозволяє користувачеві одноразово змінити стан матриці пам'яті електричним шляхом за заданою програмою (позначають як ППЗП або PROM);
- перепрограмовані (репрограмовані), з можливістю багаторазового електричного перепрограмування, з електричним або ультрафіолетовим стиранням інформації (позначають як РПЗП або RPR0M) [2].

У ППЗП накопичувач побудований на осередках, що запам'ятовують, з плавкими перемичками, виготовленими з ніхрому або інших тугоплавких матеріалів. Процес запису полягає у вибіркового перепалюванні плавких перемичок.

У РПЗП осередки, що запам'ятовують, будуються на основі МОП-технологій. Використовуються різні фізичні явища зберігання заряду на кордоні між двома різними діелектричними середовищами або провідним і діелектричним середовищем.

У першому випадку діелектрик під затвором МОП-транзистора роблять із двох шарів: нітриду кремнію та двоокису кремнію (SiN_4 - SiO_2). Було виявлено, що в складній структурі SiN_4 - SiO_2 при зміні електричної напруги виникає гістерезис заряду на межі розділу двох шарів, що і дозволяє створювати осередки, що запам'ятовують.

У другому випадку основою пам'ятного осередку є лавинно-інжекційний МОП-транзистор з плаваючим затвором (ЛПЗ МОП). Спрощена структура такого транзистора наведена на рис. 1.1.

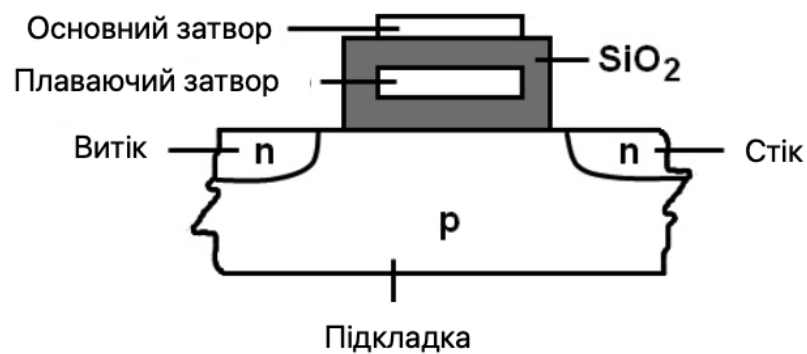


Рисунок 1.1- Лавинно-інжекційний МОП-транзистор з плаваючим затвором [3]

У лавинно-інжекційному транзисторі з плаваючим затвором при досить великій напрузі на стоку відбувається оборотний лавинний пробій діелектрика, і область плаваючого затвора інjektуються носії заряду. Оскільки плаваючий затвор оточений діелектриком, струм витіку малий і зберігання інформації забезпечується протягом тривалого проміжку часу (десятки років). При подачі напруги на основний затвор відбувається

розсмоктування заряду з допомогою тунельного ефекту, тобто. стирання інформації.

Деякі характеристики ПЗП (табл. 1.1) [4].

Тип ПЗП	Швидкодія,нс	Споживна потужність, МВт/біт	Інформаційна ємність, Кбит
на біполярних структурах	15-150	0,01-0,8	< 64
на МОН-структурах	70-4000	0,01-0,3	< 256
РПЗП	50-1500	< 0,1	<256

1.2 Емулятори постійних запам'ятовуючих пристроїв

Емулятор ПЗП— програмно-апаратний засіб, що дозволяє замінювати ПЗП, що налаштовується на ОЗП, в який можна завантажити програму з комп'ютера через один із стандартних каналів зв'язку. Він дозволяє користувачеві уникнути багаторазових циклів перепрограмування ПЗП. Емулятор ПЗП використовують лише для налагодження програм мікроконтролерів (МК), які можуть звертатися до зовнішньої пам'яті програм. За складністю та вартістю цей пристрій порівняно з платами розвитку. У нього одна велика перевага — універсальність. Емулятор ПЗП може працювати з будь-якими МК.

Для емуляції постійних запам'ятовуючих пристроїв використовуються різні технології, наприклад:

- Віртуалізація: це технологія, що дозволяє запускати віртуальні машини на реальному обладнанні. Віртуальні машини можуть мати свої власні постійні запам'ятовуючі пристрої, що імітують роботу реальних пристроїв.
- Емуляція на рівні операційної системи: ця технологія дозволяє емулювати постійні запам'ятовуючі пристрої на рівні операційної системи. Вона забезпечує імітацію роботи різних типів пристроїв та забезпечує доступ до них з рівня операційної системи. Це дозволяє програмістам тестувати програмне забезпечення на різних конфігураціях пристроїв, що сприяє покращенню якості та стабільності програмного забезпечення.
- Симуляція: ця технологія дозволяє імітувати роботу постійних запам'ятовуючих пристроїв на рівні програмного забезпечення. Вона забезпечує імітацію операцій, що виконуються пристроями, та надає інтерфейс для доступу до імітованих даних.

Найпопулярнішими емуляторами постійних запам'ятовуючих пристроїв є VMware, VirtualBox, QEMU, Bochs, DOSBox, а також емулятори для розробки та тестування операційних систем, такі як WinDbg для Windows і GDB для Unix-подібних систем [5].

Перші емулятори ПЗП дозволяли лише завантажувати програму, запускати її та зупиняти, використовуючи загальне скидання. Потім з'явилися ускладнені моделі з апаратним виробленням сигналів трасування на осцилограф після досягнення певної адреси. Емульована пам'ять у таких виробках була доступна для перегляду і модифікації, проте контроль за внутрішніми регістрів, що управляють, МК був до недавнього часу неможливий.

Останнім часом з'явилися звані інтелектуальні емулятори ПЗП. Фірма Sactus представляє свій фактично інтелектуальний емулятор ПЗУ. Процесор у цьому випадку не заміщається, а використовується той, що стоїть на платі користувача.

Інтелектуальний емулятор ПЗП – це гібрид звичайного емулятора ПЗП, налагоджувального монітора та системи швидкого перемикання шини з одного на інший. Цим створюється ефект, якби монітор налагодження був встановлений на платі користувача, і при цьому він практично не займає у МК апаратних ресурсів, крім невеликої (приблизно 4 Кбайт) зони програмних кроків. Подібний емулятор розроблений, наприклад, фірмою "фітон" для всіх існуючих та майбутніх МК, які мають ядро 8051, але додатково насичені різними пристроями вводу/виводу. Виріб підтримує безліч різних МК фірм Philips, Siemens, OKI.

При традиційному підході початковий етап написання програми будується так. Вихідний текст набирають за допомогою текстового редактора. Після завершення набору робота з текстовим редактором припиняється та запускається крос-компілятор. Як правило, нова програма містить синтаксичні помилки і компілятор повідомляє про них на консоль оператора. Потім знову запускається текстовий редактор, оператор шукає і усуває виявлені помилки. У цьому повідомленні про їх характер, виведені компілятором, не видно, оскільки екран зайнятий текстовим редактором.

Цей цикл може повторюватися неодноразово. І якщо програма відносно складна, збирається з різних частин, піддається редагуванню чи модернізації, то навіть цей початковий етап може вимагати багато сил та часу програміста.

Уникнути великого обсягу рутинної роботи і тим самим істотно підвищити продуктивність праці програміста дозволяють так звані інтегровані середовища (оболонки) розробки, що з'явилися і швидко завойовують популярність (Integrated Development Environment IDE) [6].

1.3 Класифікація емуляторів ПЗП

Існує кілька типів емуляторів постійних запам'ятовуючих пристроїв (наприклад, жорстких дисків, флеш-накопичувачів тощо), які можуть бути класифіковані наступним чином:

- Емулятори жорсткого диска (Hard Disk Drive Emulators) - ці емулятори імітують фізичний жорсткий диск, дозволяючи використовувати віртуальний диск замість фізичного. Вони дозволяють зберігати та передавати дані на різні ПК та сервери без необхідності фізичного переміщення диска.
- Емулятори флеш-накопичувача (Flash Memory Emulators) - ці емулятори імітують флеш-накопичувачі та інші пристрої на основі флеш-пам'яті, дозволяючи зберігати дані на віртуальних пристроях.
- Емулятори CD/DVD-приводу (CD/DVD Drive Emulators) - ці емулятори імітують CD/DVD-приводи, дозволяючи зчитувати та записувати дані на віртуальних пристроях замість фізичних дисків.
- Емулятори RAID-масиву (RAID Array Emulators) - ці емулятори імітують RAID-масиви, дозволяючи зберігати та передавати дані на віртуальних масивах замість фізичних.
- Емулятори SAN-сховища (SAN Storage Emulators) - ці емулятори імітують SAN-сховища, дозволяючи зберігати та передавати дані на віртуальних сховищах замість фізичних.
- Емулятори твердотільного накопичувача (Solid State Drive Emulators) - ці емулятори імітують твердотільні накопичувачі, дозволяючи зберігати та передавати дані на віртуальних пристроях замість фізичних [7].

Імітатор - це пристрій призначений для запам'ятовування інформації за допомогою мікросхем.

Імітатори можуть працювати в декількох режимах:

- запис даних в мікросхему або контролер;
- запис даних із мікросхеми в комп'ютер;

- відображає дані в 16-річній системі, або у вигляді дизасамбльованого кода.

Пристрій використовується в промисловості для запам'ятовування інформації за допомогою мікросхем ПЗП типу 537РУ10, 573РФ2, РФ4, РФ5 для того, щоб дані можна було переносити з одного комп'ютера на інший.

Імітатор можна використовувати у ремонтних майстернях, тому що кількість приладів які містять мікросхеми ПЗУ збільшується і відповідно з часом, і тому дуже вигідно мати переносний носій інформації.

Технічні характеристики:

- | | |
|--------------------------|-----------|
| 1) струм споживання, мА | 60 ; |
| 2) напруга живлення, В | 220 ; |
| 3) напруга споживання, В | 5 ; |
| 4) напруга запису, В | 12...25 . |

Кліматичні умови, та умови експлуатації:

- 1) температура оточуючого повітря $-10 + 50^{\circ}\text{C}$;
- 2) відносна вологість повітря не більше 80% при температурі $+25^{\circ}\text{C}$;
- 3) атмосферний тиск 750 ± 35 мм ртутного стовпа.

При експлуатації не допускається вплив на-пристрій довготривалих вібрацій. При виборі місця експлуатації слід користуватися вище викладеними вимогами.

Пристрої такого класу можна класифікувати за елементною базою. Класифікація за цією ознакою наведена на рис.1.2.

За цією ознакою можна виділити два класи таких пристроїв. Перший з цих класів характеризується тим, що він використовує мікросхеми на основі біполярних транзисторів. Такі пристрої отримали на сьогоднішній день дуже широке розповсюдження – серії мікросхем таких елементів дуже розповсюджені.

Також у пристроїв такого класу є ще одна перевага – вони сумісні з більшістю сучасних мікроконтролерів на рівні логічних нулів та одиниць. Це

є дуже суттєвою перевагою, оскільки схема за їх реалізацією не потребує встановлення додаткових перетворювачів рівнів. А це в свою чергу покращує характеристики пристрою щодо швидкодії та надійності. Також це зменшує собівартість пристрою.

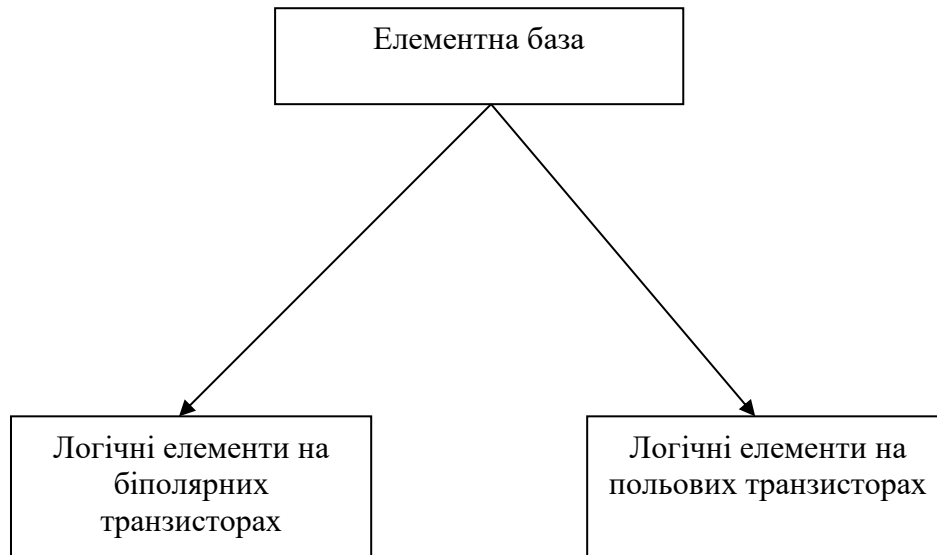


Рисунок 1.2- – Класифікація емуляторів ПЗП за елементною базою [8].

Класифікувати емулятори ПЗП можна також за об'ємом пам'яті, яку вони можуть емулювати. Класифікація за цією ознакою наведена на рисунку 1.3.

Найбільше розповсюдження на сьогоднішній день отримали пристрої, які емулюють 32, 64, 128, 256 кб. При цьому необхідно враховувати, що при збільшенні об'єму пам'яті збільшується вартість пристрою. Також варто враховувати, що більшість сучасних мікроконтролерів можуть адресувати 64кб.

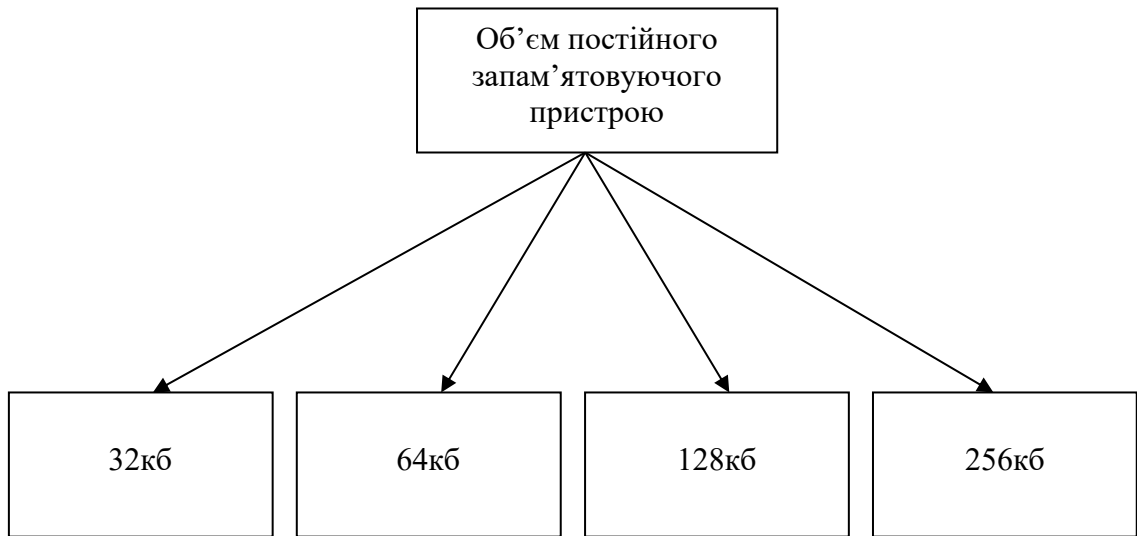


Рисунок 1.3 – Класифікація емуляторів ПЗУ за об'ємом пам'яті [8].

Тому метою роботи є -розробка емулятора запам'ятовуючого пристрою на біполярних транзисторах з об'ємом пам'яті 64 кБ.

Задачі роботи:

- провести аналіз емуляторів ПЗП;
- розробити структурну схему пристрою;
- здійснити вибір елементної бази;
- розробити схему електричну принципову.

2 РОЗРОБКА ЕМУЛЯТОРА ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧОГО ПРИСТРОЮ НА БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРАХ

У сучасній електронній апаратурі самого різного призначення широко застосовуються постійні запам'ятовуючі пристрої. Найдоступнішими на сьогоднішній день є мікросхеми ПЗП з ультрафіолетовим стиранням. Проте кількість циклів перепрограмування в них обмежена в кращому разі одним двома десятками, а сам процес стирання займає 20...30 хв. Тому пропонується замінити на час відладки пристрою, що розробляється, ПЗП статичним ОЗП з батарейним живленням. Розташування виводів у них часто збігається, як наприклад в К573РФ5 і К537РУ10 [9].

Треба врахувати, що для багатьох типів КМОН-мікросхем, і зокрема для серії 537, існує небезпека теплового пробую р-п переходів в кристалі із-за "тиристорного ефекту". Він полягає в тому, що при підвищенні напруги на шині живлення вище норми із-за сплесків струму при включенні і впливу індуктивностей шин, а також при перевищенні вхідним сигналом напруги живлення може з'явитися ефект некерованого наростання струму стоку, близький по механізму до аналогічного явища в тиристорах у момент їх перемикання. Оскільки в КМОН-структурах відсутні струмообмежувальні резистори навантаження, наростання струму наводить до розвитку теплового пробую в кристалі і, як наслідок, до виходу з ладу мікросхеми.

Подібного результату можна очікувати і при перевантаженні виходів мікросхеми, що в процесі наладки цілком ймовірно. Тому пропонується пристрій, що дозволить уникнути вказаних недоліків.

2.1. Розробки структурної схеми пристрою

Для розробки структурної схеми пристрою, що визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення та взаємозв'язок, проведемо порівняльний аналіз структурних схеми аналогічних емуляторів.

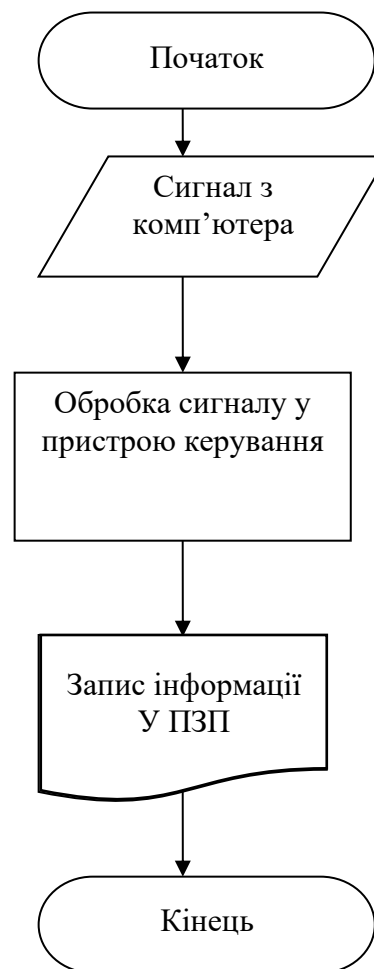


Рисунок 2.1 – Принцип функціонування пристрою

Алгоритм функціонування пристрою наступний: сигнал, отриманий з комп'ютера, обробляється у пристрої керування, потім, у разі необхідності, інформація записується у ПЗП.

Одна з найпростіших схем -аналогів має наступні блоки:

- буфер шини адресу ;
- ОЗП ;
- буфер шини керування ;
- буфер шини даних.

„Вхід”



„Підсистема керування”

Рисунок 2. 2 - Структурна схема пристрою 1, що аналізується

- Переваги такої схеми:
 - простота;
 - невелика кількість елементів.
- Недоліки:
 - відсутність індикації сигналу про готовність;
 - відсутність попереджувального сигналу про початок роботи пристрою;
 - ймовірність виходу з ладу програмного забезпечення.

Другий варіант схеми представлено на рис. 2.3.

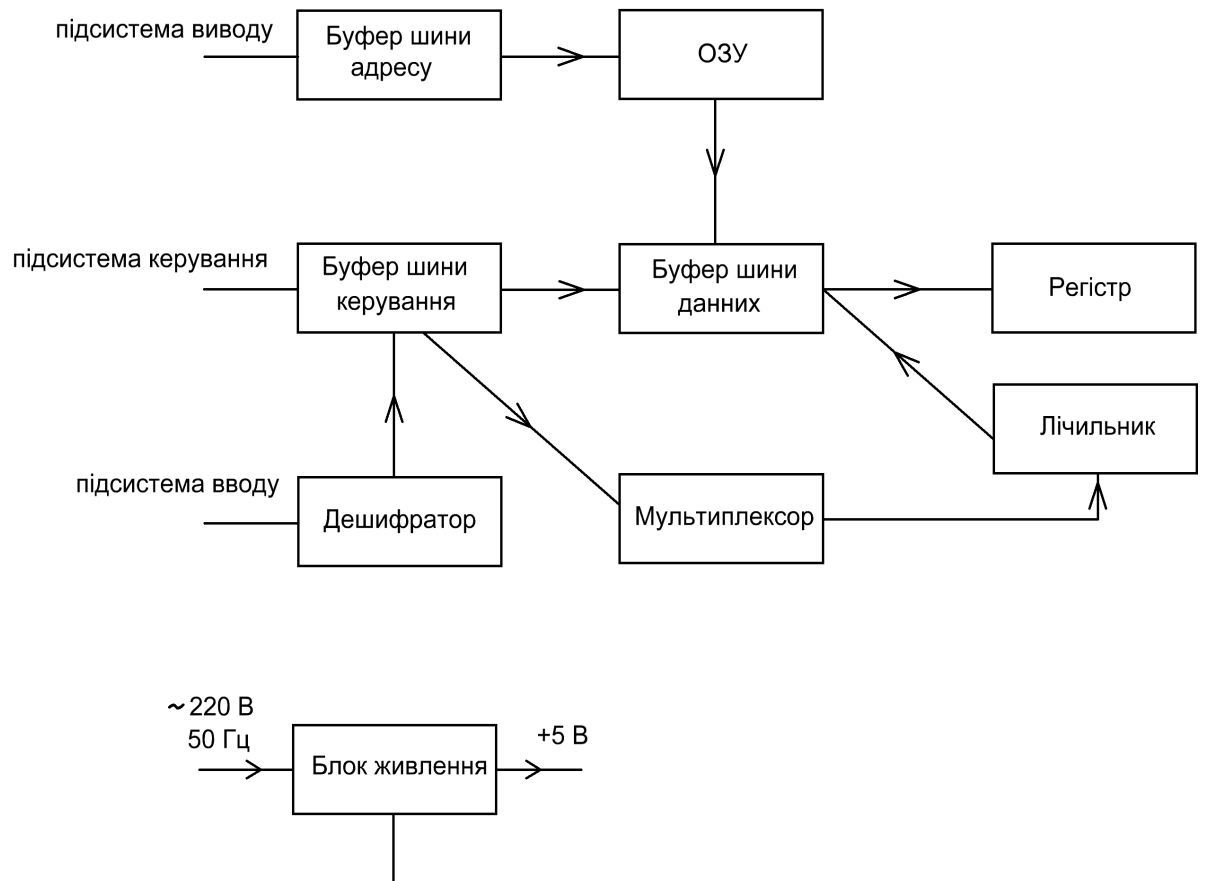


Рисунок 2. 3- Структурна схема пристрою 2 ,що аналізується

Цей аналог має більш широкі можливості і складається з наступних блоків: буфер шини адресу;

- ОЗП;
- буфер шини управління;
- буфер шини даних;
- регістр;
- дешифратор;
- генератор;
- блок живлення;
- лічильник.

Дешифратор сигналу „Готовність" - потрібен для узгодження сигналів, які надходять до комп'ютера з емулятора. Пристрій такого класу може використати можливості такого інтерфейсу. Таким чином, в комп'ютері буде використано порт LPT.

«Блок живлення» здійснює живлення схеми та захищає схему від автоматичного ввімкнення при включенні пристрою до розетки.

При організації зв'язку з постійним запам'ятовуючим пристроєм оптимальним є використання стандартного 28-контактного роз'єму, що дозволяє спростити схему пристрою.

Пристрій керування складається з наступних блоків:

- генератор;
- лічильник;
- регістр;
- мультиплексор.

Генератор синхронізує роботу пристрою керування. Лічильник організує керування роботою регістра. Регістр – це пам'ять пристрою. Мультиплексор разом з лічильником виконує адресацію даних і, у разі необхідності, організує запис програми у постійний запам'ятовуючий пристрій.

При аналізі характеристик до уваги брали наступні критерії оцінки:

- 1) кількість ліній зв'язку;
- 2) швидкодія;
- 3) перешкодозахищеність;
- 4) споживана потужність;
- 5) надійність;
- 6) можливість гальванічної розв'язки;
- 7) наявність стандартного апаратного забезпечення.

Рівнобіжні інтерфейси мають високу швидкість передачі. Однак їхні недоліки в даному випадку істотні:

- 1) велика кількість ліній зв'язку;
- 2) громіздкі інтерфейси адаптери;
- 3) складність забезпечення гальванічної розв'язки;
- 4) підвищена потужність споживання.

Головний недолік послідовних інтерфейсів – підвищена вимога до швидкості передачі даних.

Можна виділити наступні варіанти організації міжприборних електричних зв'язків:

- 1) радіальний спосіб;
- 2) проектування згідно вимог електромагнітної сумісності, уніфікації вузлів, з вибором мінімальної кількості зовнішніх з'єднувачів;
- 3) розбивка з'єднувачів за ознаками: сигнали керування, інформаційні сигнали;

На основі проведеного аналізу, а також схеми електричної структурної можливо визначити взаємозв'язок та структуру головних складових.

Оптимальним є використання радіального способу організації електричних зв'язків. Аналогічний спосіб організації електричних зв'язків варто використати у підсистемі вводу. Особливих вимог у цій частині схеми не ставиться до електромагнітної сумісності та до розбиття згідно функціональних ознак, тому використовуємо радіальний спосіб організації електричних зв'язків.

У пристрої керування виникнення електромагнітних перешкод може привести до негативних наслідків, а саме до неправильної роботи пристрою. Тому варто між елементами цієї частини схеми використати спосіб організації електричних зв'язків, згідно електромагнітної сумісності.

2.3 Розрахунок основних елементів схеми

2.1.1 Розрахунок випрямляча

Розрахунок випрямляча, який працює на навантаженні ємнісного характеру.

Вихідні дані:

- випрямлена напруга в нарузці $U_{0н} = 5 \text{ В}$;
- випрямлений струм в нарузці $I_0 = 0,2 \text{ А}$;
- коефіцієнт пульсації випрямленої напруги на нарузці $K_{п.н} = 1\%$;
- напруга мережі $U_1 = 220 \text{ В}$;
- частота мережі $f_c = 50 \text{ Гц}$;
- робочий діапазон температур $\Delta T_{окр} = -60 \div +80 \text{ }^\circ\text{C}$;
- потужність в навантаженні розраховується по формулі 2.1

Схема випрямлювача розраховується за наступними положеннями:

1. Коефіцієнт пульсації випрямленої напруги на вхідному конденсаторі $C_{2,3}$ із розуміння найкращих масогабаритних характеристик фільтру приймаємо $K_{п.вх} = 5 \div 15 \%$.

2. Коефіцієнт згладжування залишиної частини фільтру у відповідності з необхідністю забезпечення $K_{п.п} = 1\%$ повинно складати $q = K_{п.вх}\% / K_{п.н}\% = 15/1=15$.

3. Оскільки $q = 15 < 25$, вибираємо в якості залишиної частини фільтру одноланковий LC-фільтр.

Розрахуємо потужність навантаження за формулою [10]:

$$P_{0н} = U_{0н} * I_0 \quad (2.1)$$

$$P_{0н} = 5 * 0,2 = 1 \text{ Вт}$$

Напруга на виході схеми випрямлення U_0 з урахуванням падіння напруги на LC-фільтрі визначається за формулою [10]:

$$U_0 = U_{0н} [1 + 0.01 * (\Delta U_{\phi} / U_{0н}) \%] \quad (2.2)$$

$$U_0 = 5 * (1 + 0.01 * 10) = 5.5 \text{ В}$$

Основні параметри діодів визначаються за формулами [10]:

$$I_{\text{пр.и.п}} = 3,5 * I_0 \quad (2.3)$$

$$I_{\text{пр.и.п}} = 3,5 * 0,2 = 0.7 \text{ А}$$

$$I_{\text{пр.ср}} = I_0 / 2 \quad (2.4)$$

$$I_{\text{пр.ср}} = 0.7 / 2 = 0,35 \text{ А}$$

$$U_{\text{обр.п.п}} = 1,5 * U_0 \quad (2.5)$$

$$U_{\text{обр.п.п}} = 1,5 * 5.5 = 8.25 \text{ В}$$

Відповідно цих даних обираємо діоди типу КД 202А з наступними параметрами:

$$I_{\text{пр.ср max}} = 5 \text{ А}$$

$$U_{\text{обр.п. max}} = 50 \text{ В}$$

$$U_{\text{пр.ср}} = 1 \text{ В.}$$

$$\Delta T = -60^\circ \div +130^\circ \text{С}$$

Активний опір обмоток трансформатора, зведений до вторинної обмотки $r_{\text{тр}}$ розраховується за формулою [10]:

$$r_{\text{тр}} = K_{\text{гс}} \frac{U_0}{I_0 * f_c * B} \sqrt[4]{\frac{S * f_c * B}{U_0 * I_0}} \quad (2.6)$$

де: $K_{\text{гс}}$ – коефіцієнт, що залежить від схеми випрямлення;

B – магнітна індукція в магніто провіднику трансформатора, Тл;

f_c – частота мережі, Гц;

S – кількість серцевин магнітопровідника, несучих обмоток.

$$r_{\text{тр}} = 3.5 * \frac{9.9}{0.2 * 50 * 1.4} \sqrt[4]{\frac{1 * 50 * 1.4}{9.9 * 0.2}} = 6 \text{ Ом}$$

Диференційний опір діодів визначається [10]:

$$r_{\text{диф}} = N_{\text{посл}} * \frac{U_{\text{пр}}}{3 * I_{\text{пр.ср}}} \quad (2.6)$$

де $N_{\text{посл}}$ – число послідовно поєднаних діодів, приймаємо $N_{\text{посл}} = 1$.

$$r_{\text{диф}} = 1 * \frac{1}{3 * 0,35(0,525)} = 0,95 \text{ Ом.}$$

Активний опір фази випрямлювача визначається [10]:

$$r = 2 * r_{\text{диф}} + r_{\text{тр}} \quad (2.7)$$

$$r = 2 * 0,95 + 6 = 7,9 \text{ Ом}$$

Індуктивність розсіяння витків трансформатора визначається [10]:

$$L_S = K_L * \sigma * \frac{U_0}{I_0 * f_c * B * \sqrt[4]{\frac{\sigma * f_c * B}{U_0 * I_0}}} \quad (2.8)$$

$$L_S = 5 * 10^{-3} * 1 * \frac{9.9}{0.2 * 50 * 1.4 * \sqrt[4]{\frac{1 * 50 * 1.4}{9.9 * 0.2}}} = 1.45 * 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Відношення між активним і реактивним опором фази випрямляча ($\text{tg}\varphi$) визначається [10]:

$$\text{tg } \varphi = \frac{2\pi * f_c * L_s}{r_0} \quad (2.9)$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{2 * 3.14 * 50 * 1.45 * 10^{-3}}{7.9} = 0.057$$

$$\varphi = 3,26^\circ$$

Допоміжний коефіцієнт визначається [10]:

$$A = \frac{I_0 * \pi * r_0}{m * U_0} \quad (2.10)$$

де: m – коефіцієнт схеми, рівний числу імпульсів випрямленої напруги

$$A = \frac{0.2 * 3.14 * 7.9}{2 * 9.9} = 0,45$$

Розрахункові коефіцієнти B , D , F і H визначаємо за графіками

$$B = 1,45; D = 1,78; F = 4,3; H = 40000$$

Уточнюється значення $I_{\text{пр.и}}$ [10] :

$$I_{\text{пр.и}} = \frac{I_0}{2} * F \quad (2.11)$$

$$I_{\text{пр.и}} = \frac{0.2}{2} * 4.3 = 0,43 \text{ A}$$

$$I_{\text{пр.и}} = 0,43 \text{ A} < 5 \text{ A}$$

Таким чином, діод КД 202А по струму обрано вірно.

Електричні параметри трансформатора визначаються за допомогою розрахункових коефіцієнтів, т.т [10].

$$U_2 = B * U_0 \quad (2.12)$$

$$U_2 = 1,45 * 5,5 = 12,975 \text{ В}$$

$$I_2 = D \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad (2.13)$$

$$I_2 = 1,78 \frac{0,2}{\sqrt{2}} = 0,25 \text{ А}$$

$$I_1 = n_{21} * I_2 = \frac{U_2}{I_1} * I_2 \quad (2.14)$$

$$I_1 = \frac{14,355}{9,9} * 0,25 = 0,362 \text{ А}$$

$$P_T = 1,5 * P_0 = 1,5 * U_0 * I_0 \quad (2.15)$$

$$P_T = 1,5 * 9,9 * 0,2 = 2,97 \text{ Вт}$$

Перевірка вибраного діоду за зворотньою напругою виконується за формулою [10]:

$$U_{обр.н} = 1,41 * U_2 \quad (2.16)$$

$$U_{обр.н} = 1,41 * 14,355 = 20,24 \text{ В} < 50 \text{ В}$$

Таким чином, діод КД 202А за зворотньою напругою вибран правильно.

Вхідна ємність фільтру $C_{2,3}$ дорівнює [10]:

$$C_{2,3} = \frac{100 * H}{K_{n.вх. \%} * r_0 * f_c} \quad (2.17)$$

$$C_{2,3} = \frac{100 * 40000}{15 * 7,9 * 50} = 675 \text{ мкФ}$$

Приймається найблище стандартне значення $C_{2,3} = 1000 \text{ мкФ}$.
Обираємо конденсатор К 50-35 з $U_{\text{раб}} = 25 \text{ В}$, при цьому значення $U_{\text{раб}}$ визначається нерівністю [10]:

$$U_{\text{раб}} < \sqrt{2} U_2 \quad (2.18)$$

$$U_{\text{раб}} = 1,41 * 14,355 = 20,24 < 25$$

Коефіцієнт пульсації, який відповідає вибраному $C_{2,3}$ [10]:

$$K_{\text{п.вх. \%}} = \frac{H * 100}{r_0 * C_0 * f_c} \quad (2.19)$$

$$K_{\text{п.вх. \%}} = \frac{40000 * 100}{7,9 * 1000 * 50} = 10,126 < 15\%$$

2.1.2 Розрахунок трансформатора

Вихідні дані для розрахунку трансформатора:

- напруга первинної обмотки, В.....220
- частота змінного струму, Гц.....50
- напруга на вторинній обмотки, В.....12
- струм вторинної обмотки, А.....0.2

Визначаємо потужність на вторинній обмотці трансформатора [10]:

$$P_2 = U_2 \times I_2 \quad (2.20)$$

де P_2 - потужність вторинної обмотки, Вт;

U_2 - напруга вторинної обмотки, В;

I_2 - струм вторинної обмотки, А.

$$P_2 = 12 \times 0.2 = 2.4 \text{ (Вт)}$$

Розраховуємо габаритну потужність трансформатора [10]:

$$P_r = 1,3 \times P_2 \quad (2.21)$$

де P_r - габаритна потужність трансформатора, Вт;

P_2 - потужність вторинної обмотки, Вт.

$$P_r = 1,3 \times 2.4 = 3.12 \text{ (Вт)}$$

Згідно для трансформатора обираємо сердечник ШЛ12х16 зі сталі 3411, магнітопровід з пластин товщиною 0,35 мм, у якого $K_c=0,93$. Для нього $h = 30$ мм, $c = 12$ мм, $L_c = 10,2$ см, $S_c = 1,55$ см², $G_c = 130$ г. Також обираємо параметри, які відповідають $P_r = 3,12$ Вт, а саме $B_m = 1,5$ Т; щільність струму $j=1,7$ А/мм²; $K_o=0,22$. Згідно падіння напруги на обмотках трансформатора $\Delta U_1 \% = \Delta U_1 \% = 12 \%$.

Кількість витків в обмотках трансформатора розраховуються по формулам [10]:

$$W_1 = \frac{U_1(1 - \Delta U_1 \% / 100) * 10^4}{4,44 * f * B_m * S_c} \quad (2.22)$$

$$W_2 = \frac{U_2(1 + \Delta U_2 \% / 100) * 10^4}{4,44 * f * B_m * S_c} \quad (2.23)$$

де W_1, W_2 – кількість витків в обмотках;

ΔU_1 – відносне падіння напруги в обмотках, %, визначаємо по графіку

S_c – активний перетин стержня, см^2 .

$$W_1 = \frac{220(1 - 12 / 100) * 10^4}{4,44 * 50 * 1,5 * 1,55} = 475 \text{ (витка)}$$

$$W_2 = \frac{12(1 + 12 / 100) * 10^4}{4,44 * 50 * 1,5 * 1,55} = 56 \text{ (витка)}$$

Індукція у сердечнику при роботі трансформатора на холостому ході [10]:

$$B_{om} = B_m \times \left(1 + \frac{\Delta U_1}{100} \right) \quad (2.24)$$

де B_{om} – індукція сердечника на холостому ході.

$$B_{om} = 1,5 \times \left(1 + \frac{12}{100} \right) = 5,68 \text{ (Т)}$$

Визначаємо питомі втрати в сталі при $B_m = 1,5\text{Т}$ та $B_{om} = 5,68\text{Т}$; $P_{с.пит} = 4 \text{ Вт/кг}$ при B_m та $P_{с.пит} = 5 \text{ Вт/кг}$ при B_{om} :

Втрати в сталі при B_m та B_{om} [10]:

$$P_c = P_{с.пит} \times G_c \quad (2.25)$$

де P_c – втрати в сталі, Вт;

$P_{с.пит}$ – питомі втрати в сталі, Вт/кг;

G_c – маса стержня, кг.

$$P_{c1} = 4 \times 0,46 = 2,52 \text{ (Вт) при } B_m$$

$$P_{c1} = 5 \times 0,46 = 2,65 \text{ (Вт) при } B_{om}$$

Струм первинної обмотки, який залежить від струму вторинної [10]:

$$I'_{1a} = I_2 \times \frac{U_2}{U_1} \quad (2.26)$$

де I'_{1a} – складова струму первинної обмотки, А.

$$I'_{1a} = 0,2 \times \frac{12}{220} = 1,57 \text{ (А)}$$

визначаємо величину коефіцієнта k ; $k = 1,75$.

Орієнтоване значення струму первинної обмотки, А [10].

$$I_1 = I'_{1a} \times k \quad (2.27)$$

де I_1 орієнтоване значення струму первинної обмотки, А.

$$I_1 = 0,01 \times 1,75 = 0,317$$

Визначаємо витрати у міді усіх обмоток [10]:

$$P_M = P_{M1} + P_{M2} \quad (2.28)$$

де P_M – витрати в міді усіх обмоток, Вт;

P_{M1}, P_{M2} – витрати у міді окремої обмотки, Вт.

$$P_M = 220 \times \left(\frac{12}{100} \right) \times 0,017 + 12 \times \left(\frac{12}{100} \right) \times 0,2 = 1,736 \text{ (Вт)}$$

Визначимо складову струму первинної обмотки, яка залежить від витрат в трансформаторі [10]:

$$I''_{1a} = \frac{P_c + P_m}{U_1} \quad (2.29)$$

де I''_{1a} - складова струму первинної обмотки, яка залежить від витрат в трансформаторі А;

P_c – витрати в сталі, Вт;

P_m – витрати в міді усіх обмоток, Вт;

U_1 – напруга мережі, В

$$I''_{1a} = \frac{0,52 + 0,736}{220} = 0,005(A) \quad (2.30)$$

Визначимо повну активну складову струму первинної обмотки [10]:

$$I_{1a} = I'_{1a} + I''_{1a} \quad (2.31)$$

де I'_{1a} - повна активна складова струму первинної обмотки, яка залежить від струму вторинної обмотки, А;

I''_{1a} - складова струму первинної обмотки, яка залежить від витрат в трансформаторі А;

$$I_{1a} = 0,46 + 0,5 = 0,96 (A)$$

Знаходимо напруженість магнітного поля, необхідну для створення у сердечнику індукції 1,5Т та 1,68Т; $q_w = 5,6$ АВ/см; $q_{w_{x,x}} = 6,6$ АВ/см.

Реактивна складова струму первинної обмотки при роботі під навантаженням та на холостому ході [10]:

$$I_p = \frac{q_w \times L_c}{W_1} \quad (2.32)$$

$$I_{op} = \frac{q_{w_{x.x}} \times L_c}{W_1} \quad (2.33)$$

де I_p, I_{op} – реактивні складові струму первинної обмотки при роботі під навантаженням та на холостому ході відповідно, А;
 $q_w, q_{w_{x.x}}$ – напруженість магнітного поля, необхідна для створення у сердечнику індукції при роботі з навантаженням та при холостому ході відповідно, АВ/см;
 L_c – індуктивність розсіювання обмоток трансформатора, Гн.

$$I_p = \frac{5,6 \times 10,2}{3750} = 0,015 \text{ (А)}$$

$$I_{op} = \frac{6,6 \times 10,2}{3750} = 0,018 \text{ (А)}$$

Визначимо повний струм первинної обмотки [10]:

$$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_p^2} \quad (2.34)$$

де I_1 – повний струм первинної обмотки, А;
 I_{1a} – повна активна складова струму первинної обмотки, А;
 I_p – реактивна складова струму первинної обмотки при роботі під навантаженням, А.

$$I_1 = \sqrt{0,015^2 + 0,015^2} = 0,21 \text{ (A)}$$

Так як отримане значення $I_1 = 0,21$ А відрізняється від того, яке було орієнтовано визначено, задаємося значенням $I_1 = 0,021$ А та проведемо повторні розрахунки.

$$P_M = 220 \times \left(\frac{12}{100}\right) \times 0,021 + 12 \times \left(\frac{12}{100}\right) \times 0,2 = 1,8424 \text{ (Вт)}$$

$$I''_{1a} = \frac{0,52 + 0,842}{220} = 0,006 \text{ (A)}$$

$$I_{1a} = 0,01 + 0,006 = 0,16 \text{ (A)}$$

$$I_1 = \sqrt{0,016^2 + 0,015^2} = 0,21 \text{ (A)}$$

В результаті розрахунку отримали:

$$m = 0,8424 \text{ Вт};$$

$$I''_{1a} = 0,6 \text{ А};$$

$$I_{1a} = 0,16 \text{ А};$$

$$I_1 = 0,21 \text{ А}.$$

Отримане значення $I_1 = 0,021$ А відповідає завданню.

Визначимо активну складову струму холостого ходу [10]:

$$I_{oa} = \frac{P_c}{U_1} \quad (2.35)$$

де I_{oa} - активна складова струму холостого ходу, А;

P_c – втрати в сталі при роботі під навантаженням, Вт;

U_1 – напруга первинної обмотки, В.

$$I_{oa} = \frac{1}{220} = 0,005 (A)$$

Визначимо струм холостого ходу [10]:

$$I_{0x} = \sqrt{I_{oa}^2 + I_{op}^2} \quad (2.36)$$

$$I_{0x} = \sqrt{0,005^2 + 0,018^2} = 0,18 (A)$$

Визначаємо діаметр проводу кожної обмотки [10]:

$$d_n = 1,13 \sqrt{\frac{I_n}{j}} \quad (2.37)$$

де d_n – діаметр проводу N-ої обмотки, мм;

I_n – струм N-ої обмотки, А;

j – щільність струму N-ої обмотки, А/мм².

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{0,021}{1,7}} = 0,64 \text{ (мм)}$$

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{0,2}{1,7}} = 2,5 \text{ (мм)}$$

Обираємо провід марки ПЕВ – 1. Згідно [7] обираємо найближчі стандартні діаметри та визначаємо d_{1i3} та d_{2i3} [10].

$$d_1 = 2,5 \text{ мм} - d_{1i3} = 2,5$$

$$d_2 = 0,64 \text{ мм} - d_{2i3} = 0,70$$

Вибраємо висоту каркасу на 0,5 мм менше висоти вікна $h_k=29,5$ мм.

Обираємо ширину кінцевої ізоляції $h_{i3}=1,5$ мм.

Визначимо ширину первинної обмотки [10]:

$$h_{h1} = h_k - 2h_{u3} \quad (2.38)$$

де h_{h1} – ширина первинної обмотки, мм;
 h_k – ширина каркасу, мм;
 h_{u3} – ширина кінцевої ізоляції, мм;

$$h_{h1} = 29,5 - 2 \cdot 1,5 = 26,5$$

Ширину другої обмотки обираємо $h_{h2} = 25,5$ мм;

Значення коефіцієнтів нещільності намотки обираємо згідно [7] [10]:

$$K_{y1} = 1,05; K_{y2} = 1,05;$$

$$W_{nu} = \frac{h_{un}}{h_{i3n} \times k_{yn}} \quad (2.39)$$

де W_{nu} – число витків у одному шарі для N-обмотки;
 h_{un} – ширина намотки для N-обмотки, мм;
 h_{i3n} – ширина ізоляції N-обмотки, мм;
 k_{yn} – коефіцієнт щільності намотки для N-обмотки.

$$W_{1u} = \frac{26,5}{0,15 \times 1,05} = 168$$

$$W_{2u} = \frac{25,5}{0,44 \times 1,05} = 55$$

Кількість шарів кожної обмотки [10]:

$$\Pi_{ш} = \frac{W_n}{W_{nu}} \quad (2.40)$$

де $\Pi_{iш}$ – кількість шарів i -ої обмотки.

$$\Pi_{1ш} = \frac{3750}{168} \approx 22$$

$$\Pi_{2ш} = \frac{260}{55} \approx 5$$

Обираємо товщину ізоляційних матеріалів:

Необхідно обрати товщину гільзи каркасу $\Delta K=0,5$ мм, товщину міжобмоточної ізоляції $\Delta M=0,24$ мм, товщину зовнішньої ізоляції $\Delta H=0,24$ мм, товщина міжрядної ізоляції $\Delta p_1=0,03$ мм, $\Delta p_2=0,01$ мм.

Визначимо товщину кожної обмотки [10]:

$$\lambda_n = \Pi_{iш} \times d_{iш} + (\Pi_{iш} - 1) \times \Delta p_n \quad (2.41)$$

де λ_n – товщина N -ої обмотки, мм;

$d_{iш}$ – діаметр ізоляції для N -ої обмотки, мм;

Δp_n – товщина міжрядкової ізоляції для N -ої обмотки, мм.

$$\lambda_1 = 22 \times 0,15 + (22 - 1) \times 0,03 = 3,93 \text{ (мм)}$$

$$\lambda_2 = 5 \times 0,44 + (5 - 1) \times 0,01 = 2,24 \text{ (мм)}$$

Визначимо повну радіальну товщину котушки. Вибрали зазор між сердечником і котушкою рівним $\Delta z = 0,25$ мм [10].

$$\lambda_0 = \Delta z + \Delta K + 1,1(\lambda_1 + \lambda_2 + \Delta M + \Delta H) \quad (2.42)$$

де λ_0 – повна радіальна товщина котушки, мм;

Δz – зазор між сердечником і котушкою, мм;

ΔK – товщина гільзи каркасу, мм;

λ_1 – товщина первинної обмотки, мм;

λ_2 – товщина вторинної обмотки, мм;

ΔM – товщина міжрядної ізоляції, мм;

ΔH – товщина наружної ізоляції, мм.

$$\lambda_0 = 0,25 + 0,5 + 1,1(3,93 + 2,24 + 0,24 + 0,24) = 12,3$$

Визначимо довжину дроту кожної обмотки [10]:

$$L_1 = 0,9 * \omega_1 * l_M \quad (2.43)$$

$$l_2 = \omega_2 * l_M \quad (2.44)$$

де l_n – довжина дроту кожної обмотки, см;

ω_n – кількість витків кожної обмотки, вит;

l_M – середня довжина витка обмотки, см.

$$l_1 = 0,9 \times 475 \times 8,7 = 293 \text{ (м)}$$

$$l_2 = 56 \times 8,7 = 22,62 \text{ (м)}$$

Знаходимо питомий опір проводу при температурі 20°C, Ом × м [10]:

$$\rho = \rho_0 [1 + 0,004(t - t_0)] \quad (2.45)$$

де $\rho_0 = 0,0175$ Ом·мм²/м – для міді при $t_0 = 15^\circ\text{C}$

$$\rho = 0,0175 [1 + 0,004(20 - 15)] = 0,01785$$

Знаходимо опір обмоток при температурі 20°C, Ом [10]:

$$r_n = \rho \frac{4 \times L_n}{\pi \times d_{ніз}} \quad (2.46)$$

де r_n – опір N-ої обмотки при температурі 20°C, Ом;

ρ – питомий опір проводу, Ом \times м.

$$r_1 = 0,01785 \frac{4 \times 293}{3,14 \times 0,15} = 44,4 \text{ (Ом)}$$

$$r_1 = 0,01785 \frac{4 \times 22,62}{3,14 \times 0,44} = 1,16 \text{ (Ом)}$$

Задаємо температуру нагріву обмоток 100°C.

Обчислюємо опір обмоток при температурі 100°C [10]:

$$r_t = 1 + 0,004 \times \Delta_t \quad (2.47)$$

$$\Delta_t = 100 - 20 = 80^\circ\text{C}$$

$$r_t = 1 + 0,004 \times 80 = 1,32 \text{ (Ом)}$$

$$r_{ti} = r_t \times r_i \quad (2.48)$$

де r_i – опір i -обмотки при температурі 20°C, Ом

$$r_{ti1} = 1,32 \times 44,4 = 58,608 \text{ (Ом)}$$

$$r_{ti2} = 1,32 \times 1,16 = 1,5312 \text{ (Ом)}$$

Падіння напруги на обмотках [10]:

$$\Delta U_n = I_n \times r_n \quad (2.49)$$

$$\Delta U_n \% = \frac{\Delta U_n}{U_n}$$

де ΔU_n – падіння напруги на N -ій обмотці, В;

I_n – струм N -ої обмотки, А;

I_n – опір N-ої обмотки, Ом

ΔU_n % – відсоток падіння напруги на N-ій обмотці, %.

$$\Delta U_1 = 0,021 \times 44,4 = 0,93 \text{ (В)}$$

$$\Delta U_1 \% = \frac{0,93}{220} = 0,004 \%$$

$$\Delta U_2 = 0,2 \times 1,16 = 2,232 \text{ (В)}$$

$$\Delta U_2 \% = \frac{0,232}{12} = 1,02 \%$$

Потужність, що розсіюється на обмотках [10]:

$$P_{\text{нн}} = I_n \times \Delta U_n \quad (2.50)$$

де $P_{\text{нн}}$ – потужність, що розсіюється на N-ій обмотці, Вт.

$$P_{\text{н1}} = 0,021 \times 0,93 = 0,19 \text{ (Вт)}$$

$$P_{\text{н2}} = 0,2 \times 0,232 = 0,46 \text{ (Вт)}$$

Так як значення падіння напруги на обмотках, прийняті раніше відрізняються від отриманих нижче, уточнюємо кількість витків [10]:

$$W_1 = \frac{220(1-0,93/100)*10^4}{4,44*50*1,5*1,55} = 475 \text{ (витка)}$$

$$W_2 = \frac{12(1+0,232/100)*10^4}{4,44*50*1,5*1,55} = 56 \text{ (витка)}$$

В результаті розрахунку трансформатора отримали трансформатор з кількістю витків у першій обмотці $W_1 = 4750$, у другій обмотці $W_2 = 560$.

2.2 Вибір елементної бази

2.2.1 Вибір активних та пасивних елементів

Обрано постійні неелектролітичні конденсатори типу К10-17 ОЖО 460.172 ТУ, які мають наступні переваги перед їх аналогами:

- високий ізоляційний опір;
- велика добротність;
- мала собівартість.

Обрано постійні електролітичні конденсатори типу К50-35 ОЖО 464.214 ТУ з наступними перевагами серед аналогічних типів:

- малі габарити;
- мала собівартість.

Обрано постійні резистори типу С2-6 ГОСТ 25350-82 потужністю 0,125Вт. Вони характеризуються:

- високою стабільністю опору;
- низьким рівнем власних шумів;
- невеликим негативним ТКО;

- малою залежністю опору від частоти та напруги.

2.3.2 Вибір мікросхем

Спеціалізовані мікросхеми використанні в даному пристрої обрані з наступних міркувань:

- мають задовільні технічні характеристики;
- принципів схеми, виконані на них, мають малі габарити, вагу та нескладність настройки.

Для вибору цифрових інтегральних схем необхідно розглянути існуючі види та порівняти їх між собою за техніко-економічними параметрами.

Згідно [10] обрано мікросхеми серії K153 з наступними перевагами:

- низька потужність споживання (типова потужність споживання на частоті 1 МГц – 0,0025мВт/ЛЕ);
- широкий діапазон напруги живлення (3...15В);
- широкий діапазон робочої температури;
- висока завадостійкість 30...40% U_{CC} ;
- захист по входам;
- температурна стабільність;
- висока навантажездатність.

2.3.3 Вибір елементів комутації

Виходячи з пред'явлених вимог про малу вагу та габарити обрано:

- перемикач “Живлення” типу П2-К ОЮО 360.049 ТУ;
- роз'єм типу ГС2-3-П-1 АГО 364.205 ТУ;

Згідно електричного розрахунку блока живлення обрано діоди КД105В аАО 336.756 ТУ.

Вибір типу запобіжника.

Обрано термозапобіжник типу ТП-128-П-F1 ОЮ4 810.000 ТУ.

2.4 Розробка схеми електричної принципової

Після відповідних розрахунків та вибору елементної бази було розроблено схему електричну принципову імітатора ПЗП К573РФ5 на базі ОЗУ К537РУ10 (рис 2.4). Порівняльна складність конструкції окупається її високими якісними показниками. Інформація записується в стандартному програматорі як в звичайний ПЗП. Напруга програмування - 12...25 В. Допустімо підключати імітатор до програматора або налагоджуваного пристрою не відключаючи живлення останніх. Час циклу запису-зчитування - не більш ніж в К573РФ5, а записана інформація може зберігатися протягом декількох діб, аж до повного розряду акумуляторів.

Мікросхеми DD1 і DD2 є буферами шини адреси і шини управління. Вибір для цієї мети регістрів К1533ІР22 обумовлений тим, що при зниженні напруги живлення нижче 3 В їх виходи автоматично переходять в 3-й стан, переводячи ОЗУ DD3 в режим зберігання і відключаючи буфер шини даних DD4.

Пристрій змонтовано на платі з двостороннього фольгованного склотекстоліту, яка поміщається у відповідну по розмірах пластмасову коробку і за допомогою плоского кабелю завдовжки 10... 15 см з'єднується з роз'ємом DIP24. Роз'єм, у свою чергу, вставляється в панельку ПЗП в пристрої, що розробляється, або програматорі. Для зменшення вірогідності збоїв загальний дріт рекомендується розмістити в кабелі між шинами адреси і даних, а дріт живлення - між шинами даних і управління.

Батарея GB1 являє собою звичайну батарею «Крона». Регістри K1533IP22 можна замінити на K1533IP33, в яких виводи розташовані зручніше. Допустима заміна K1533АП6 на K1533АП9, АП16; K1533ІД7 - на K1533ІД4 в режимі дешифратора 3x8 [9]. Всі мікросхеми серії 1533, окрім DD1 і DD2, можна замінити на їх аналоги серії 555. Діоди VD2 і VD3 мають бути германієвими, причому VD3 - з допустимим струмом не менше 80мА.

Налагодження пристрою полягає в підборі резистора R9 для здобуття зарядного струму акумуляторної батареї в межах 0,5...1,5 мА.

Живиться пристрій від мережі 220 В, для живлення мікросхем необхідне джерело живлення стабілізованої напруги 5 В. По колу 5 В споживання струму не перевищує 0.2 А.

Трансформатор Т1 забезпечує зміну напруги 9...12 В та струму 0.3 А. Розроблено складальне креслення пристрою (додаток В).

2.5 Розрахунок надійності

Надійність - це властивість системи виконувати задані функції протягом заданого часу, при заданих умовах експлуатації.

Надійність характеризується якісними і кількісними показниками надійності.

Ціль розрахунку:

- 1) Визначити кількісні показники надійності.
- 2) Виявити слабкі місця в системі.
- 3) Намітити шляхи підвищення надійності.

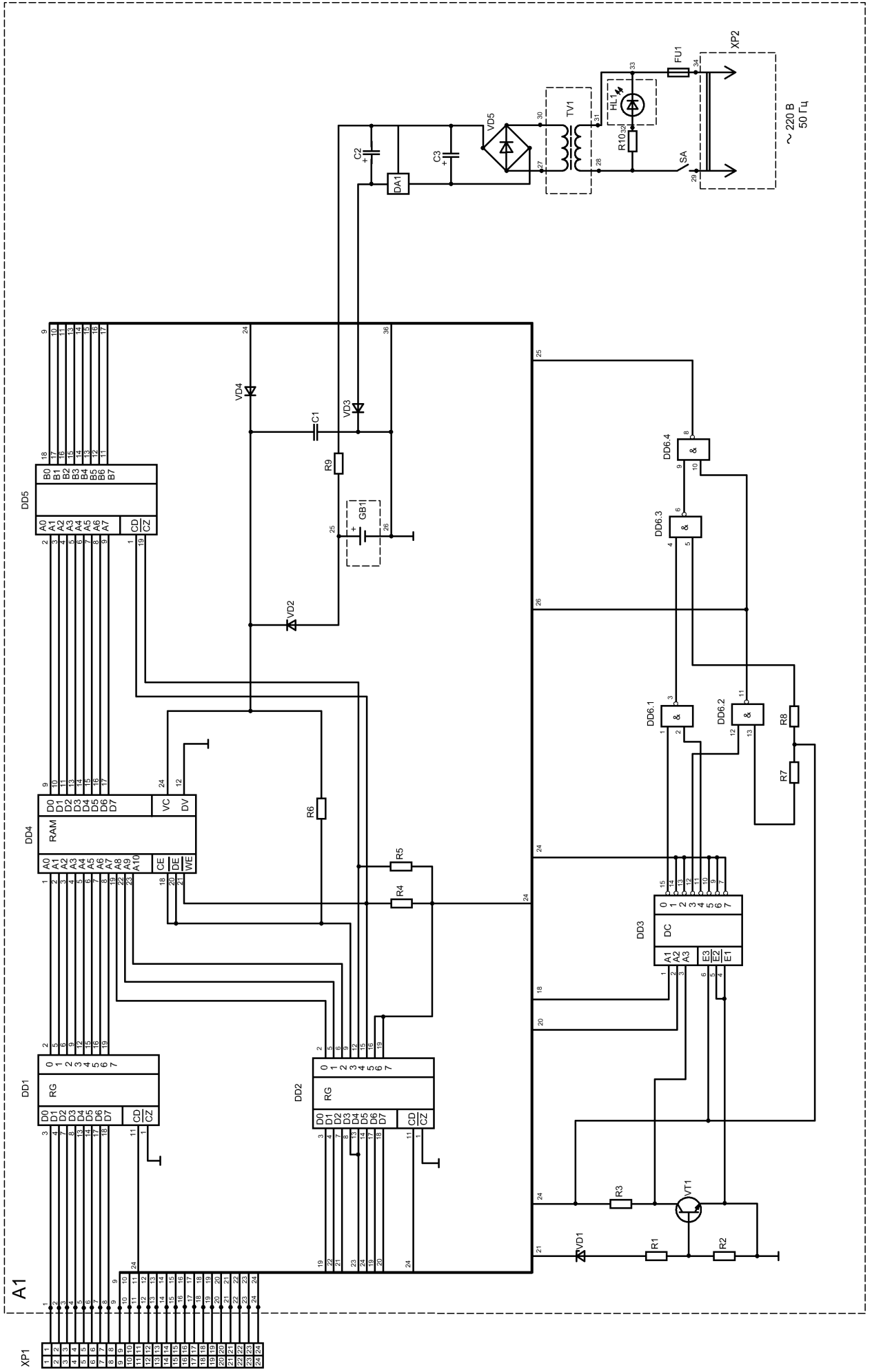


Рисунок 2.4-Схема електрична принципова емулятора ПЗП

Вихідний матеріал для розрахунку.

1. Принципова схема з переліком елементів
2. Статистичні дані про інтенсивність відмовлень елементів.
3. Задані умови експлуатації (значення поправочних коефіцієнтів).

Допущення при розрахунку.

1. Розрахунок ведеться для періоду нормальної експлуатації. Коли λ величина постійна.
2. Відмовлення - події випадкові і незалежні.
3. Відмовлення одного елемента приводить до відмовлення всієї системи.

Математичні моделі для розрахунку значень експлуатаційної інтенсивності відмовлень:

$$\lambda_e = \lambda_o PK_i \text{ або } \lambda_n PK_i,$$

$$\lambda_e = \lambda_{oc} PK_i \text{ або } \lambda_{n.c.z} PK_i,$$

де λ_e – експлуатаційна інтенсивність відмовлень в реальних умовах;

λ_o – інтенсивність відмовлень у нормальних умовах;

PK_i – сума експлуатаційної інтенсивності відмовлень

Нормальними умовами вважаються: температура навколишнього середовища 18-23°C; вологість 60-70%; атмосферний тиск 760 мм ртутного стовпа.

Модель (1) застосовують при розрахунку експлуатаційної інтенсивності відмовлень тих типів виробів, для яких у довіднику приведені значення λ_o , (λ_n).

Модель(2) застосовують при розрахунку експлуатаційної інтенсивності відмовлень тих типів виробів, для яких у довіднику відсутні значення λ_o , (λ_n), і для оцінки інтенсивності відмовлень групи виробів у цілому.

Складові, що входять в моделі для всіх класів виробів електронної техніки.

$\lambda_o, \lambda_{oc.z}$ – інтенсивність відмовлень типу (групи) виробів електронної техніки (ВЕТ), яка відповідає температурі навколишнього середовища 25°C и номінальному електричному навантаженню;

$\lambda_n, \lambda_{n.c.z}$ – інтенсивність відмовлень типу (групи) ВЕТ, яка відповідає номінальному електричному навантаженню і максимально припустимій по ТУ температурі навколишнього середовища, що відповідає цьому навантаженню;

$K_p (K_t)$ – коефіцієнт режиму, що залежить від електричного навантаження та (або) температури навколишнього середовища;

K_e – коефіцієнт, що залежить від умов експлуатації;

$K_{ам}$ – коефіцієнт, що залежить від наявності амортизації;

$K_{к, обл}$ – коефіцієнт, що залежить від якості обслуговування РЕА.

Складові, що входять в моделі для конкретних класів ВЕТ.

Інтегральні мікросхеми (ІС).

$K_{сл}$ – коефіцієнт, що враховує ступінь інтеграції і температуру кристала (корпуса);

$K_{нопр}$ – коефіцієнт, що враховує передбачуване зниження λ_e при експлуатації ІС у полегшених режимах і при проведенні спеціальних заходів щодо забезпечення надійності ВЕТ.

Напівпровідникові пристрої.

K_{ϕ} – коефіцієнт, що враховує функціональне призначення приладу;

$K_{д.н.}$ – коефіцієнт залежний від величини максимально припустимого по ТУ навантаження по потужності розсіювання (струму);

K_{sl} – коефіцієнт залежний від величини відношення робочої напруги до максимально припустимої по ТУ;

K_m – коефіцієнт, що залежить від навантаження по напрузі і температури переходу для потужних транзисторів СВЧ;

K_f - коефіцієнт, залежний від частоти і потужності в імпульсі, для потужних транзисторів СВЧ.

Конденсатори

K_c – коефіцієнт, залежний від величини номінальної ємності;

$K_{п.с}$ – коефіцієнт, що залежить від величини послідовного активного опору в схемі між конденсатором і джерелом живлення, для оксидно напівпровідникових конденсаторів.

Резистори

K_r – коефіцієнт, залежний від величини номінального опору;

K_m – коефіцієнт, залежний від величини номінальної потужності, для металодіелектричних резисторів;

K_{sl} – коефіцієнт, залежний від величини відношення робочої напруги на резисторі до напруги максимально припустимої по ТУ, для змінних не дровових резисторів.

Імовірністю - називається імовірність того, що протягом заданого часу, після закінчення якого не буде жодної відмови.

Залежність $P(t)=f(t)$ - це є основний закон надійності. Основний закон надійності - імовірність безвідмовної роботи зменшується згодом по експонентному закону надійності.

Залежність функції показує залежність напрацювання на середню відмову, виникаючих за рахунок схованих дефектів. Серед таких дефектів можна виділити – неякісне паяння, дефекти елементів пристрою, дефектів плати, зовнішніх умов. Серед зовнішніх умов можна виділити такі типи дефектів:

- постійні;
- непостійні або тимчасові;

Постійні – це ті дефекти, які діють на пристрій постійно і можуть призвести до втрати інформації. Яскравим прикладом такого дефекту може бути дія магнітного поля на пристрій.

Непостійні, або ще як їх називають тимчасові виникають на протязі невеликого проміжку часу, під час якого пристрій може не працювати, а може працювати, але видавати невірні результати. Тобто електрична або магнітна буря [12].

Розрахунок виконуємо за наступною формулою [11]:

$$\lambda_i = K_1 * K_2 * \dots * K_i \quad (2.51)$$

де: λ_i – загальна напрацювання конкретного електричного елемента;

$K_1 * K_2 * \dots * K_i$ - коефіцієнти надійності конкретного елемента, у кожного окремого елемента є власна кількість коефіцієнтів надійності, які повинні бути вказані в довідниковій літературі або у технічній чи конструкторській документації. Тому це є довідnikовою інформацією.

Результати розрахунків заносимо до таблиці до таблиці 2.1.

Загальна надійність конкретної групи елементів розраховується за наступною формулою [11]:

$$\lambda = \lambda_i * N \quad (2.52)$$

де: λ – загальна надійність елементів і-ого найменування;

λ_i – надійність одного елемента конкретної групи;

N – кількість елементів певної групи.

Для розрахунку інтенсивності відмов конденсаторів використовували конденсатори типу К50 – 14 та К10-17

К50 – 14; конденсатор постійної ємності, оксидно – електролітичний алюмінієвий.

Значення інтенсивності відмов ємностей в умовах експлуатації розраховують по моделі [11]:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.g} \cdot K_p \cdot K_e \cdot K_c \quad (2.53)$$

$$\lambda_e = 0,013 * 0,23 * 1,5 * 0,5 = 0,0722045$$

У розрахунках використовуються резистори типу С2-23 резистор постійний недротяний метало діелектричний.

Значення інтенсивності відмовлень в умовах експлуатації розраховують за моделлю:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.g} \cdot K_p \cdot K_e \cdot K_r \cdot K_M \quad (2.54)$$

$$\lambda_e = 0,01 * 0,72 * 1,5 * 0,6 * 0,7 = 0,013455$$

Таблиця 2.1- Значення експлуатаційної інтенсивності відмов конденсаторів

Поз.	Тип	$\lambda_{oc.g} \times 10^{-6},$ $1/год$	K_p	K_e	K_c	$\lambda_e \times 10^{-6},$ $1/год$
С1	К10-17	0,013	0,23	1,5	0,5	0,0022425
С2	К10-17	0,013	0,23	1,5	0,6	0,002691
С3	К10-17	0,013	0,23	1,5	0,7	0,0031395
Всього						0,0722045

Таблиця 2.2 - Значення експлуатаційної інтенсивності відмов резисторів

Позиція	Тип	$\lambda_0 * 10^{-5},$ $1/год$	K_p	K_e	K_r	$K_m(K_{s1})$	$\lambda_1 * 10^{-5},$ $1/год$
R1	С2-23	0,01	0,72	1,5	0,6	0,7	0,00453
R2	С2-23	0,01	0,72	1,5	1	0,7	0,00756
R3	С2-23	0,01	0,72	1,5	0,7	0,7	0,005292
R4	С2-23	0,01	0,72	1,5	1	0,7	0,00756

R5	C2-23	0,01	0,72	1,5	0,7	0,7	0,005292
R6	C2-23	0,01	0,72	1,5	0,7	0,7	0,005292
R7	C2-23	0,01	0,72	1,5	0,7	0,7	0,005292
R8	C2-23	0,01	0,72	1,5	1	0,7	0,00756
R9	C2-23	0,01	0,72	1,5	1	0,7	0,00756
R10	C2-23	0,01	0,72	1,5	1	0,7	0,00756
Всього							0,013455

Значення інтенсивності відмовлень діодів в умовах експлуатації розраховують за моделлю:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.r} \times K_p \times K_e \times K_\phi \times K_{sl} \times K_{дн} \quad (2.55)$$

$$\lambda_e = 0,5 \times 0,1 \times 2,5 \times 1 \times 0,7 \times 0,6 = 2,5251$$

Таблиця 2.3- Розрахунок інтенсивності відмов діодів

Поз.	Тип	$\lambda_{oc.r} \cdot 10^6,$ $1/год$	K_e	K_p	K_ϕ	$K_{дн}$	K_{sl}	$\lambda_e \cdot 10^{-6},$ $1/год$
VD1	Д814А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD2	КД521А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD3	КД212А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD4	КД512А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD5	КД 202А	0,5	2,5	0,1	1,5	0,6	0,7	0,0788
Всього								2,5251

Таблиця 2.4 - Розрахунок інтенсивності відмов фотодіодів та світлодіодів

Поз.	Тип	$\lambda_{oc.r} \cdot 10^6,$ $1/год$	K_e	K_p	K_ϕ	$K_{дн}$	K_{sl}	$\lambda_e \cdot 10^{-6},$ $1/год$
HL1	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125

Значення інтенсивності відмов роз'єднань в умовах експлуатації:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.z} \times K_p \times K_{kk} \times K_{kc} \times K_e \quad (2.56)$$

$$\lambda_e = 0,0023 \times 0,58 \times 2,02 \times 0,39 \times 1,5 = 0,0032$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5- Значення експлуатаційної інтенсивності відмов роз'ємів

Познач.	Тип	$\lambda_e * 10^{-6},$ $1/год$	K_p	K_{kk}	K_{kc}	K_e	$\lambda_e * 10^{-6},$ $1/год$
ХР1	ОНЦ-ВГ-10-5/16В	0,0023	0,58	2,02	0,39	1,5	0,0016

Розрахунок значення інтенсивності відмов комутаційних виробів в умовах експлуатації:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.z} \times K_p \times K_{kk} \times K_e \quad (2.57)$$

$$\lambda_e = 0,0128 \times 0,6 \times 1,6 \times 1,2 = 0,02359296.$$

Розрахунок значення інтенсивності відмов в умовах експлуатації для трансформатора:

$$\lambda_i = (K_t / K_{t cp}) \times \lambda_{oc.z} \times K_e \quad (2.58)$$

$$\lambda_e = (0,3/0,8) \times 0,5 \times 2 = 0,375$$

Для запобіжника значення інтенсивності відмовлень в умовах експлуатації розраховуємо наступним чином:

$$\lambda_e = (K_t / K_{t cp}) \times \lambda_{oc.z} \times K_e \quad (2.59)$$

$$\lambda_e = (0,5/0,8) \times 0,065 \times 1,3 = 0,053$$

Розрахунок значення експлуатаційної інтенсивності відмов мікросхем типу К561ЛН2, КР1533ИР24 та КР1533ИР22.

КР142ЕН5А – стабілізатор напруги з вихідною напругою 5 В.

$$\lambda_e = \lambda_{oc.z} \times K_{cn} \times K_e \quad (2.60)$$

$$\lambda_e = 1 \times 0,2 \times 0,2 = 3.26$$

$$\lambda_{np} = \sum_{i=1}^N \lambda_e = 9,992784 \cdot 10^{-6} \quad (2.61)$$

Розрахунок середнього часу приробітку виробу на одну відмову проводимо за формулою:

$$T_{сер} = 1/\lambda_{np} \quad (2.62)$$

Таблиця 2.6 - Розрахунок інтенсивності відмов мікросхем

Поз	Тип	$\lambda_e \times 10^{-6}$
DD1	К1533ИР22	1,68
DD2	К1533ИР22	1,68
DD3	К1533ИД7	1,41
DD4	К573РУ10	2,68
DD6	К1533ЛИ1	0,94
DA1	КР1533АП6	1,6
Всього		9,992784

$$T_{сер} = \frac{1}{9,992784 \cdot 10^{-6}} = 0,1 \cdot 10^6 = 100073 \text{ год} \approx 11р$$

де $T_{сер}$ - середній час приробітку виробу на одну відмову, год .

Розрахунок імовірності безвідмовної роботи приладу розраховуємо за формулою:

$$P=e^{-\lambda t} \quad (2.63)$$

Розрахунок кроку t для графіка $P=f(t)$ проведемо за формулою:

$$t=T_{\text{ср}}/5 \quad (2.64)$$

де t – час;

$$t = T_{\text{ср}}/5 = 0,1 \cdot 10^6 / 5 = 0,02 \cdot 10^6$$

Таблиця 2.7- Розрахунок імовірності безвідмовної роботи

t	0	2	4	6	8	10	12
$\lambda * t$	0	0,2121	0,4242	0,6364	0,8485	1,0606	1,0606
$P = e^{-\lambda * t}$	1	0,8089	0,6543	0,5292	0,4281	0,3462	0,1462

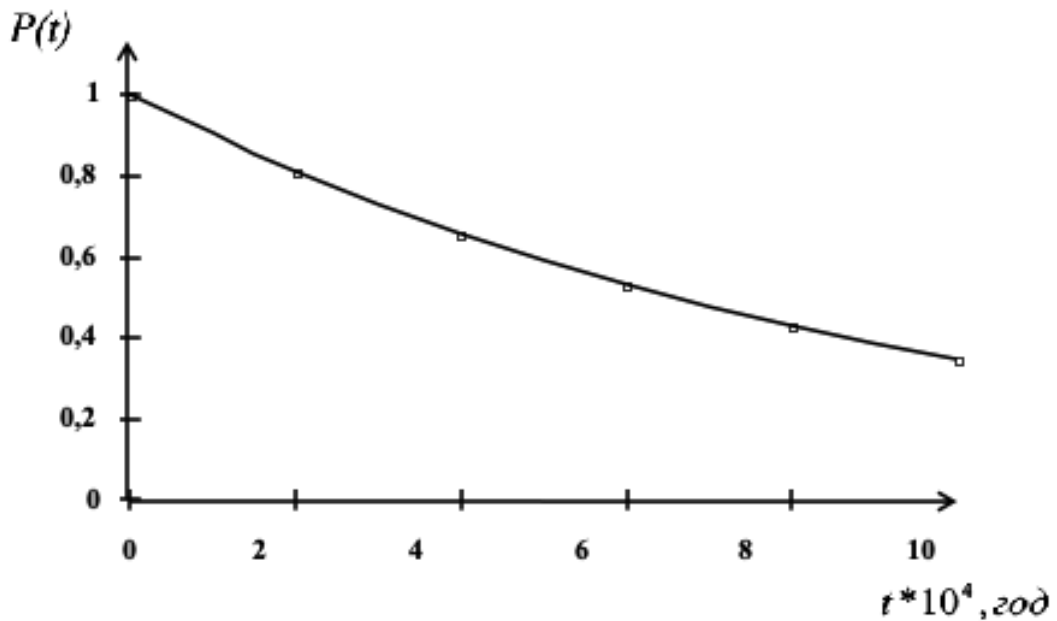


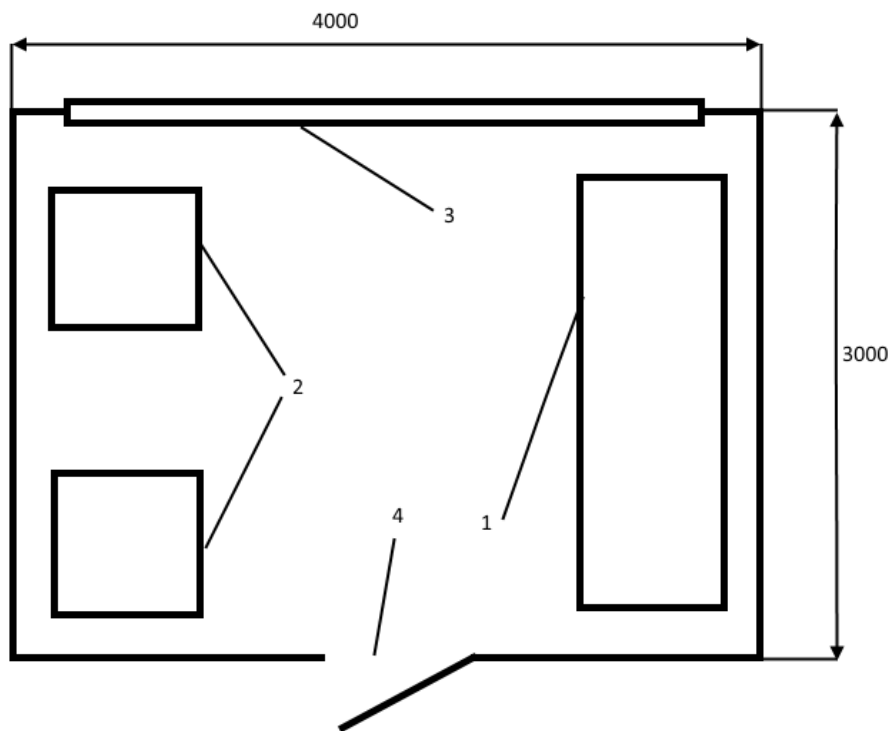
Рисунок 2.5- Графік ймовірності безвідмовної роботи

Таким чином, розроблено емулятора запам'ятовуючого пристрою на біполярних транзисторах з об'ємом пам'яті 64 кБ, що має незначні габаритні розміри, просте керування, живлення 220 В 50 Гц, у разі потреби роботи в автономному режимі, здійснюється резервне живлення від гальванічного елемента який міститься вже в самому пристрої.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Розробка емулятора запам'ятовуючого пристрою здійснювалась у лабораторному приміщенні кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення (рис 3.1).



1 – робочий стіл, 2 – робоче місце операторів ПК, 3 – вікно,
4 – вхід у приміщення

Рисунок 3.1 – Схематичне зображення лабораторного приміщення

Параметри приміщення для проведення досліджень вказані у (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Параметри приміщення

Параметр приміщення	Числове значення
Довжина	4м
Ширина	3м
Висота	3,5м
Площа	12м ²
Об'єм	42м ³

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на чотири групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізичні.

При роботі за ПК найбільш уразливими стають нервова, імунна, зорова, ендокринна, опорно-рухова та репродуктивна системи користувачів. Саме тому комп'ютеризовані робочі місця відносяться до категорії небезпечних для стану здоров'я людини.

Небезпечні та шкідливі фактори, що діють на користувача комп'ютера в процесі роботи, наведені на (рис. 3.2).

Дія шкідливих факторів призводить до порушення здоров'я. Причини відхилень в здоров'ї користувача ПК наведені у (табл. 3.2).

Дисплей ПК на електронно-променевої трубці є джерелом електромагнітних випромінювань, які включають:

- радіочастотне;
- рентгенівське;
- ультрафіолетове;
- інфрачервоне випромінювання.



Рисунок 3.2 - Небезпечні та шкідливі фактори для користувача ПК [13].

Таблиця 3.2 - Причини відхилень в здоров'ї користувача ПК

Шкідливий чинник	Захворювання
Незадовільні ергономічні характеристики монітора	- порушення зору
Незадовільні санітарно-гігієнічні умови праці	- захворювання шкіри
Неправильна організація робочого місця	- порушення пов'язані з нервовим та емоційним навантаженням; - кістково-м'язові порушення

Електромагнітні поля навколо комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на людину. Найбільш чутливою до дії електромагнітних випромінювань (ЕМВ) є центральна нервова система.

Вплив електромагнітного випромінювання на нервову систему:

- погіршення пам'яті;
- безсоння;
- депресія та головні болі;
- погіршується сприймання інформації;
- запаморочення;
- “безпричинна” втома.

Випромінювання ПК співпадає з частотою сигналів, які посиляють одне одному клітини нашого організму. Клітини виконують найрізноманітніші завдання: передача нервових імпульсів і обробка інформації, транспортування кисню та поживних речовин, синтезу й виділення різних сполук, скорочення м'язових волокон. Таким чином, в механізми внутрішнього спілкування організму людини втручаються штучні сторонні чинники. В результаті цього руйнується інформаційно-керуюча система організму, збивається ритм роботи і, як наслідок, запускаються патологічні процеси.

Електромагнітне випромінювання ослаблює імунну систему, розбалансовує ендокринну та статеву системи, що призводить до передчасного старіння.

Особливо уразливі до випромінювання моніторів ПК вагітні жінки. Ризик появи дітей з уродженими хібами збільшується в 25 раз, в 3,5 рази вища імовірність викидів.

Електростатичне поле, яке створюють монітори на електронно-променевої трубі може негативно вплинути на самопочуття, нервову і судинну системи, також воно може бути причиною бронхо-легеневих та шкірних захворювань.

Накопичена статична електрика, зокрема, на екрані монітора притягує пил, бруд та інші частини присутні в повітрі. При чому електризується не тільки екран, а і повітря на робочому місці, а також одяг користувача, якщо він з синтетичного та шерстяного матеріалу.

При напруженій роботі за екраном монітора зменшується частота кліпання очей, що призводить до висихання та викривлення роговиці ока, погіршення зору.

Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК є "Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин" ДСанПіН 3.3.2.007-98.

При виготовленні апарату для реєстрації радіоактивного випромінювання найбільш небезпечними, з точки зору охорони праці і техніки безпеки, операціями, що виконуються у лабораторному приміщенні є:

- пайка;
- виготовлення друкованих схем;
- збірка.

При виготовленні приладу були використані припій ПОС-61 (ГОСТ 21930-76) і каніфоль світла (ГОСТ 797-64). При пайці і залуженні олов'яно-свинцевими припоями утворюються пари свинцю [14].

Свинець негативно впливає на організм, особливо на стан нервової і серцево-судинної системи, викликає ряд хворобливих явищ шлунково-кишкового тракту, що призводить до професійного отруєння.

При систематичній роботі з припоями, що містять свинець, необхідна припливно-витяжна вентиляція, а на робочому місці повинен бути встановлений відсмоктувач. Пайку і лудіння рекомендується проводити в спеціальних витяжних шафах.

Склад припою марки ПОС-61 і допустимих домішок, а також МДК цих матеріалів зазначені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Склад і МДК компонентів припою ПОС-61

Компонент	Вміст	МДК
Олово	60...62 %	0,05 мг/м ³
Вісмут	0,1 %	0,5 мг/м ³
Миш'як	0,05 %	0,3 мг/м ³
Залізо	до 0,02 %	0,004 мг/м ³
Нікель	до 0,02 %	0,001мг/м ³
Сірка	до 0,02 %	6 мг/м ³
Цинк	до 0,002%	0,25 мг/м ³
Алюміній	до 0,002%	2 мг/м ³
Мідь	до 0,05 %	0,002 мг/м ³
Свинець	інше	0,0003 мг/м ³

При роботі з олов'яно-свинцевими припаями потрібно строго виконувати передбачені правила виробничої та особистої гігієни:

- категорично забороняється приймати їжу і курити в приміщеннях, де проводиться паяння;
- перед обідньою перервою і після роботи необхідно обмивати руки 1% розчином соди і ретельно мити їх теплою водою;
- після закінчення роботи слід приймати душ;
- очищення місць пайки від залишків флюсу робити спиртом;
- спецодяг слід регулярно прати і зберігати на виробництві;
- медичний огляд осіб, які працюють з припоями, повинен проводитися не рідше одного разу на рік.

Друковані плати сучасного типу можуть бути виготовлені за однією з двох технологій – адитивним чи субтрактивним способом. У першому випадку провідний малюнок на матеріалі формується за допомогою процедури хімічного міднення.

Процес виробництва друкованих плат складається з таких етапів:

1. Виробництво заготівлі для платі;

2. Подальша обробка заготовки;
3. Здійснення монтажу всіх необхідних елементів плати;
4. Проведення планового тестування працездатності [15].

При нанесенні малюнка струмопровідними фарбами з подальшим гальванічним нарощуванням металу велику шкідливість для організму працюючих представляють різні речовини:

- розчинники,
- відновники,
- наповнювачі, що входять до складу струмопровідних фарб.

Найбільш шкідливо впливають хлорорганічні розчинники (дихлоретан, хлороформ та ін.), ароматичні сполуки (бензол, толуол, ксилол та ін.), фенолальдегідні смоли, формальдегід та інші речовини.

Під час роботи з струмопровідними фарбами велику роль відіграє механізація і автоматизація технологічного процесу, слід виключити можливість безпосереднього контакту працівників з фарбами.

Робоче місце повинно бути обладнано вентиляцією, а працюючий зобов'язаний дотримуватися заходів виробничої і особистої гігієни.

При електролітичному методі нарощування металу необхідно дотримуватися санітарних вимог і правил з техніки безпеки, прийнятих для гальванічних цехів.

При пайці друкованих схем методом занурення в розплавлений припій ПОС-61 пари свинцю можуть забруднювати повітря.

При ручному способі занурення плат можливі опіки працюючих краплями розплавленого припою, тому процес занурення плат повинен бути механізований. Для підвищення рівня безпеки працівників ванни з розплавленим припоєм повинні мати кришки та пристрої для відсмоктування повітря з ванн.

Процес залуження кінців дротів супроводжується виділенням парів свинцю і флюсів. Тому приміщення в яких проводиться залуження кінців дротів повинні бути обладнаними працюючими місцевими вентиляціями.

Ізоляцію монтажних дротів у ряді випадків виконують різними клеями, а постійне забруднення поверхні шкіри клеями може викликати появу шкірних захворювань. Тому для попередження цих захворювань рекомендується користуватися спеціальними захисними пастами.

Таким чином, на дільниці складання і монтажу на працюючих можуть впливати:

- пари свинцю і флюсів (при пайці);
- пари та дрібний пил металів, що сполучаються;
- газоподібні речовини;
- дим і пари, що утворюються при приготуванні ізоляції проводів.

Тому складальні і монтажні місця повинні бути обладнані ефективною, раціонально влаштованою припливно-витяжною механічною вентиляцією.

3.2 Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія

Вимоги до робочого місця та розташування всіх його елементів прописано в ДНАОП 0.00-1.31-99 "Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин".

Згідно з вимогам облаштування робочих місць, обладнаних відеотерміналами, повинні забезпечуватись:

- належні умови освітлення приміщення і робочого місця;
- відсутність відблисків;
- оптимальні параметри мікроклімату;

- належні ергономічні характеристики основних елементів робочого місця, з врахуванням небезпечних і шкідливих факторів, які були розглянуті раніше.

Площа приміщень для роботи з відеодисплейним и терміналами розраховується таким чином, щоб площа на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом становила не менше $6,0\text{ м}^2$, а об'єм на одне робоче місце – не менше $20,0\text{ м}^3$.

Робочі місця мають бути розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1 м, між собою на відстані не менше 1,5 м.

Відносно вікон робоче місце доцільно розташовувати таким чином, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Тому місця розміщують так, щоб природне світло падало на нього збоку, переважно зліва.

Джерела освітлення рекомендується розташовувати з обох боків екрану паралельно напрямку погляду.

Робочі місця операторів ПК розташовані на відстані 2 метрів від вікна, та 1 метра від стіни, таким чином, що світло з вікна падає на робоче місце збоку.

У приміщенні, площа якого 12 м^2 та об'єм 42 м^3 , знаходиться два робочих місця з комп'ютером, що відповідає санітарним умовам. Монітор розміщений таким чином, що він знаходиться на оптимальній відстані від очей користувача, 50-60 см.

Виробнича санітарія - це система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають або зменшують вплив на працюючих шкідливих виробничих факторів, які в певних умовах можуть привести до травм або професійних захворювань.

Основною метою є зменшення або повне усунення впливу несприятливих і шкідливих виробничих факторів на організм людини.

Оскільки головним у діяльності з охорони праці є профілактика травматизму, заходи щодо поліпшення умов праці й побуту працюючих дозволяють не тільки знизити виробничий травматизм, професійну й загальну захворюваність, а й сприяють підвищенню продуктивності і якості праці [13].

На робочому місці необхідно використовувати правильно спроектоване та безпечне у використанні виробниче освітлення, це допоможе знизити втомлюваність, покращить умови праці.

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору; світлові відблиски — тимчасове засліплення.

Освітлення виробничих приміщень характеризується кількісними та якісними показниками.

До основних кількісних показників відносяться:

- світловий потік;
- сила світла;
- яскравість;
- освітленість.

До основних якісних показників зорових умов роботи можна віднести: контраст між об'єктом та фоном, видимість.

Для створення сприятливих умов зорової роботи виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- не повинно бути засліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;

- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частоті переадаптації органів зору;

- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);

- повинен бути достатній, для розрізнення деталей, контраст поверхонь, що освітлюються;

- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпечне ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпека світильників);

- повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути природним, штучним і суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послаблення уваги, передчасної стомленості.

Неправильне освітлення може привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний розрахунок освітленості.

Вимоги до освітленості в приміщеннях, де встановлені комп'ютери: при виконанні зорових робіт середньої точності – 200 лк загального й 300лк для комбінованого освітлення.

Обчислювальна техніка є джерелом істотних тепловиділень, що може привести до підвищення температури й зниження відносної вологості в приміщенні.

У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. У санітарних нормах ДСН 3.36.042-99

"Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" установлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови.

Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу й характеру виробничого приміщення (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Оптимальні параметри мікроклімату приміщень, для категорії робіт 1А [16].

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	22...24°C
	Відносна вологість	40...60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	23...25°C
	Відносна вологість	40...60%
	Швидкість руху повітря	0,1...0,2м/с

Відповідно до норм подачі свіжого повітря в приміщення, де розташовані комп'ютери в даній лабораторії необхідно подавати 30 м³/год, на одну людину

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року й доби, чергування праці й відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

Шум погіршує умови праці, роблячи шкідливу дію на організм людини, при роботі в умовах тривалого шумового впливу робітники відчувають:

- дратівливість;
- головні болі;
- запаморочення;
- знижується концентрація уваги;
- підвищену стомлюваність;
- зниження апетиту;

– біль у вухах і т.д.

Рівень шуму в даному приміщенні становить 50дБ, що не перевищує норму. Для зниження рівня шуму стіни й стеля приміщення, де встановлені комп'ютери, облицьовані звукобистими матеріалами.

3.3 Електробезпека

Оскільки в приміщенні знаходиться електроустаткування, основні заходи щодо техніки безпеки повинні стосуватися безпечної експлуатації ПЕОМ, і здійснюватись відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Приміщення, в якому знаходиться робоче місце, відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки.

Ураження електричним струмом може статись через:

- пошкодження ізоляції;
- випадковий дотик до струмоведучих деталей;
- замикання в результаті аварії;
- статичну напругу.

Характеристика мережі у приміщенні: 220/380В, 50Гц, 3-фазна чотирьох провідна з глухо заземленою нейтраллю.

Електричний струм, проходячи через організм людини, спричиняє термічну, електролітичну та біологічну дії.

Термічна дія струму виявляється в опіках окремих ділянок тіла, ураженні внаслідок високої температури кровоносних судин, нервових клітин, серця, мозку, що призводить до серйозних функціональних розладів.

Електролітична дія струму виявляється в розкладанні органічних рідин, в тому числі крові, що призводить до значних порушень їх фізико-хімічного складу.

Біологічна дія струму виявляється у подразненні й збудженні живої тканини організму, що супроводжується мимовільним скороченням м'язів [14].

Найчастіше нещасні випадки відбуваються через низький рівень організації робіт або грубе порушень правил, у тому числі:

- безпосереднього дотику до відкритих струмоведучих частин і дротів;
- дотику до струмоведучих частин, ізоляція яких ушкоджена;
- дотику до металевих частин устаткування, що випадково під напругою;
- дотик до струмоведучих частин за допомогою предметів з низьким опором ізоляції;
- відсутності або порушення захисного заземлення;
- помилкової подачі напруги під час ремонтів або оглядів;
- впливу електричного струму через дугу;
- впливу крокової напруги й ін.

Для усунення небезпеки ураження електричним струмом в лабораторному приміщенні під час аварійного режиму використовується захисне заземлення.

Заземлення – це спеціальне електричне сполучення із землею або її еквівалентом струмопровідних елементів обладнання, які не повинні перебувати під напругою, але в процесі експлуатації можуть опинитися під напругою, наприклад, у разі пошкодження ізоляції, дефектів комутаційних апаратів, в аварійних випадках тощо.

3.3.1 Розрахунок захисного заземлення

Заземленню підлягають вимірювальні установки, напруга живлення яких 220В.

У якості заземлювача візьмемо сталеві вертикальні стержні довжиною $l = 2$ м, діаметром $d = 0,03$ м, діаметр сполучної смуги $b = 0,03$ м.

Контур заземлення розташовано на горизонтальному майданчику біля корпусу академії.

Ґрунт - суглинок.

Допустимий опір заземлюючого пристрою (R_n) дорівнює 4 Ом. Визначимо питомий електричний опір ґрунту (суглинку), ρ якого дорівнює 100 Ом·м. Розрахуємо опір розтікання струму одного вертикального стержня:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \ln \frac{4 \cdot 2}{0,03} = 44,46 \text{ Ом} \quad (3.1)$$

Прийmemo число заземлювачів:

$$n = \frac{R_l}{R_n} = \frac{44,46}{4} = 11,1 \approx 12 \quad (3.2)$$

Визначимо довжину горизонтальної смуги (по контуру):

$$l_r = a \cdot n = 2 \cdot 12 = 24 \text{ м} \quad (3.3)$$

де a - відстань між вертикальними електродами ($a = 2$ м)

Опір горизонтальної смуги:

$$R_{2c} = \frac{\rho}{\pi l_r} \ln \frac{4 \cdot l_r}{b} = \frac{100}{3,14 \cdot 24} \ln \frac{4 \cdot 24}{0,03} = 10,7 \text{ Ом} \quad (3.4)$$

Коефіцієнт екранування для вертикального заземлювача і для горизонтальної смуги:

$$\eta_B = \frac{0,68+0,56}{2} = 0,62 \quad (3.5)$$

$$\eta_\Gamma = \frac{0,34+0,4}{2} = 0,37 \quad (3.6)$$

Опір групи вертикальних заземлювачів:

$$R_{\Gamma p} = \frac{R_{B3}}{n \cdot \eta_B} = \frac{44,46}{12 \cdot 0,62} = 5,97 \text{ Ом} \quad (3.7)$$

Опір горизонтальної смуги з врахуванням екранування:

$$R_\Gamma = \frac{R_{\Gamma o}}{\eta_\Gamma} = \frac{10,7}{0,37} = 28,91 \text{ Ом} \quad (3.8)$$

Опір заземлювача в цілому:

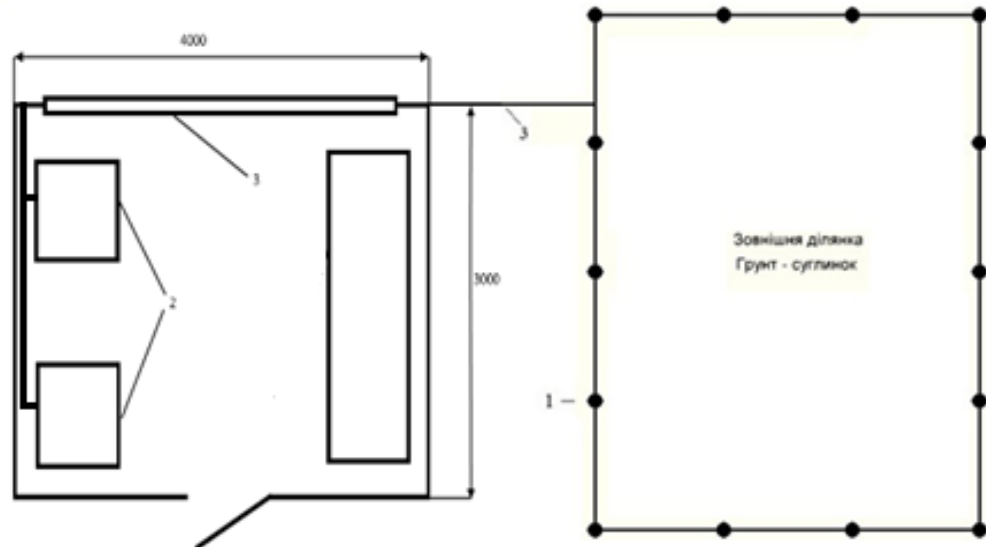
$$R_3 = \frac{R_{\Gamma p} \cdot R_\Gamma}{R_{\Gamma p} + R_\Gamma} = \frac{5,97 \cdot 28,91}{5,97 + 28,91} = 4,94 \text{ Ом} \quad (3.9)$$

Як видно, опір заземлювача перевищує нормативне значення (4 Ом), тому збільшимо кількість заземлювачів до $n = 14$, тоді опір заземлювача в цілому складе $R_3 = 3,97 < R_n$.

Число заземлювачів дорівнює 14, які розміщені по контуру зовнішньої ділянки, як показано на рисунку 3.3.

Таким чином, для виконання захисного заземлення використовується 14 вертикальних стержнів з такими характеристиками:

- діаметр - 0,03 м;
- довжина - 2 м;
- опір стержня - 44,46 Ом;
- опір сполучної смуги 10,7 Ом;
- опір заземлювачів в цілому - 3,97 Ом.



1 – заземлювачі; 2 - електроустаткування що заземлюється; 3 - сполучна смуга внутрішній контур заземлення.

Рисунок 3.3 — Розміщення заземлювачів на зовнішній ділянці

Такі характеристики заземлення забезпечують безпечну роботу на установках лабораторії.

3.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Пожежа в лабораторному приміщенні, де розташовано робоче місце, може виникнути при взаємодії горючих речовин і джерел запалювання.

Горючими речовинами в лабораторії можуть стати:

- матеріали меблів,
- пластмасові корпуси техніки,
- шнури тощо.

Джерелами запалювання можуть бути:

1. Електронні схеми комп'ютерів,
2. Пристрої електроживлення, де внаслідок різних порушень виникає перегрівання елементів, утворюються електричні іскри, здатні спричинити

займання горючих матеріалів.

Клас пожежі Е, категорія приміщення Д.

Для ліквідації пожежі в даному приміщенні немає необхідності влаштування системи автоматичного пожежогасіння.

Приміщення оснащено переносним вуглекислотним вогнегасником типу ВВК-3,5 - 1шт.

Облицювання стін та стелі приміщення зроблене з негорючих матеріалів.

Коридори будівлі, в якому знаходиться дане приміщення, оснащені стендами з планом евакуації під час пожежі (рис. 3.4), на стіні є ящик пожежним стволем і пожежним рукавом.

Дана будівля відносяться до другої категорії по блискавко захисту, захист будівлі від прямих ударів блискавки здійснюється за допомогою стрижневих блискавковідводів.

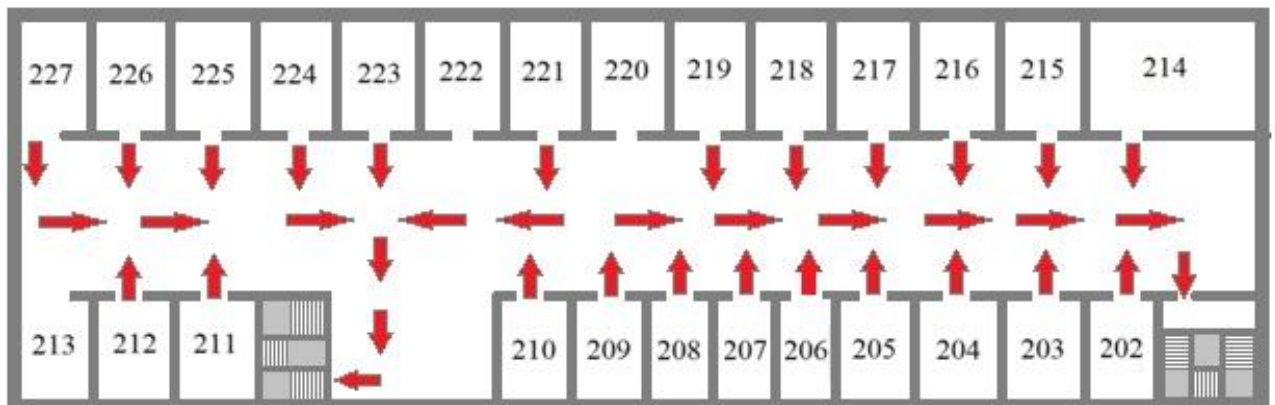


Рисунок 3.4– План евакуації при пожежі

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Розроблено емулятор постійного запам'ятовуючого пристрою на біполярних транзисторах з об'ємом пам'яті 64 кБ, що дозволить зберігати налаштування, параметри конфігурації та інші дані.

До переваг запропонованого пристрою можна віднести – простоту керування, не значну вартість та габаритні розміри (85×25), а запропоноване схемотехнічне рішення дає змогу отримати більшу якість, швидкість та уникнути частих несправностей.

Пристрій живиться від джерела живлення 220 В 50 Гц , струм споживання не перевищує 0,2 А, та у разі потреби роботи в автономному режимі, передбачене увімкнення резервного живлення від гальванічного елемента який міститься вже в самому пристрої. Термін роботи в автономному режимі складає 1,5 доби.

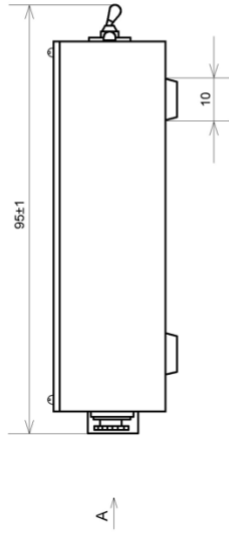
Запропонований пристрій може застосовуватися розробниками програмного забезпечення при перепрограмуванні ПЗП, що дозволить значно зменшують вартість розробки нового програмного забезпечення для нового розробленого обладнання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

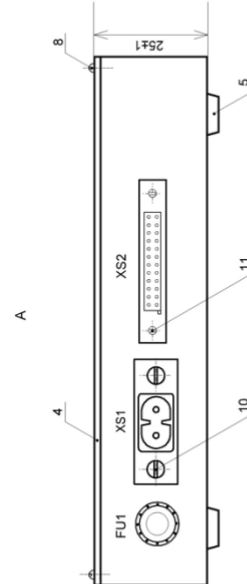
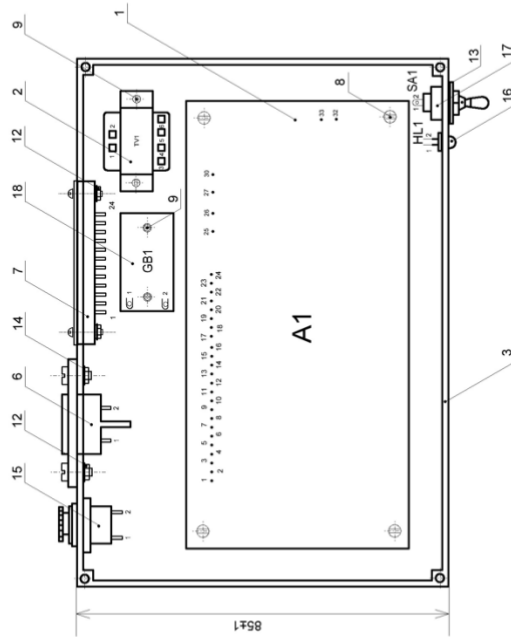
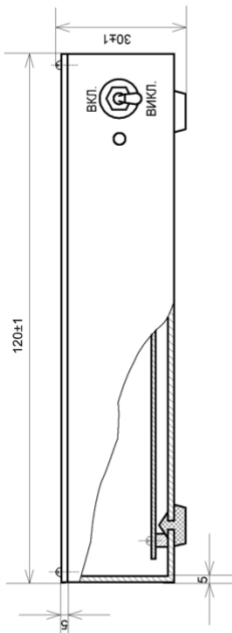
1. Інструментальні засоби розробки ПЗ [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://um.co.ua/2/2-2/2-2954.html> Дата доступу: грудень 2022. – Назва з екрана.
2. Мікросхеми постійних запам'ятовуючих пристроїв [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://is.gd/IIbk4X> Дата доступу: березень 2023. – Назва з екрана.
3. Архітектура комп'ютера. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://is.gd/aM2P3c> Дата доступу: березень 2023. – Назва з екрана.
4. Мікропроцесорні пристрої. Навчальний посіб. для студ. вищ. техн. закл. освіти III-IV р. акред. / за ред. Ю.С. Гришук. - Харків:НТУ «ХПШ»,2007-280 с.
5. Мікропроцесорна техніка. Конспект лекцій / за ред .Г.М. Бажин...- Дніпро: НГУ, 2018. – 44 с.
6. M. Morris Mano. Computer System Architecture. Prentice Hall, 2016.-122 р.
7. Омельченко І. В. Комп'ютерні системи та мережі. / І. В. Омельченко, В. М. Євтухов. -Львів: Львівська політехніка, 2005.-89 с.
8. Коновалов С. І. Емулятори ПЗП і його застосування / С. І. Коновалов, В. І. Сафронов // Радіоелектроніка і телекомунікації: науково-технічний журнал. – 2013. – № 2. – С. 130-139.
9. Любченко С. О. Програмні емулятори постійних запам'ятовуючих пристроїв / С. О. Любченко // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Кривий Ріг, 2016. – С. 123-125.
10. Любченко С. О. Створення імітатора ПЗП на основі програмного забезпечення / С. О. Любченко // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. – Маріуполь, 2016. – Вип. 36. – С. 147-151.

11. Шевчук Ю. І. Проектування програмного емулятора постійної пам'яті пристрою з мікроконтролером AVR ATmega128 / Ю. І. Шевчук, І. В. Копчак // Збірник наукових праць. Серія: Проблеми автоматизованого електроприводу. – Тернопіль: ТДТУ, 2011. – Вип. 1(23). – С. 180-183.
12. Білоус В. Розробка імітатора ПЗП на основі програмного забезпечення / В. Білоус, В. Білоус // Системи управління, навігації та зв'язку: збірник наукових праць. – 2019. – Вип. 4(56). – С. 8-12.
13. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник/ Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Мельников А.В. – Львів: Афіша. - 2001. – 352с.
14. Практикум. Охорона праці / Ю.Ф.Булгаков, В.Л.Овчаренко; під заг. ред. Ю. Ф. Булгакова. – Донецьк: ВОО «Цифрова типографія», 2017. – 180 с.
15. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів: НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98). — [Чинний від 1998-02-20]. – (НПАОП, ДНАОП (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці)).
16. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – [Чинний від 2017-01-01]. – (ДСТУ (Державний Стандарт України))

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка	
FU1	Запобіжник плавкий АГО.481.303 ТУ	1		
HL1	Світлодіод АЛ307Б ААО.336.137 ТУ	1		
GB1	Батарейка „Корона" ТУ 16 - 729.060 - 81	1		
SA1	Тумблер ПТ-1-1 ОЮЮ.360.016 ТУ	1		
XS1	ГНІЗДО ОНЦ-ВГ-1-3/16-Р ГОСТ 12368-78	1		
TV1	Трансформатор МА 5.106.015	1		
A1	<u>Плата приладу МА 3.06.015 ЕЗ</u>	1		
	Конденсатори К10-17 ОЖО.460.172 ТУ			
	Конденсатори К50-35 ОЖО.464.214 ТУ			
C1	К10-17 50В 1 мкф±10%	1		
C2- C3	К50-23 16В 1000 мкФ±10%	2		
	Мікросхеми			
DD1	К1533ИР24 БКО.458.412-ТУ	1		
DD2-	К1533ИР22 БКО.348.412-ТУ	2		
DD4-	К573РУ10 БКО.348.412-ТУ	2		
DA1	КР142ЕНБ5А БКО.543.412-ТУ	1		
153 ІННІ ім.Ю.М. Потебні				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Гончаренко М			
Перевір.	Небеснюк			
Реценз.	Небеснюк О.Ю			
Н. Контр.	Верьовкін Л.Л.			
Затверд.	Критська Т.В.			
Імітатор ПЗУ Перелік елементів			Літ.	Арк.
			1	2



1. Розміри для довідок.
2. Позиції визначення елементів та нумерація контактів показані умовно.
3. На проекції вигляд зверху умовно знята верхня кришка.
4. Стопорити згідно ОСТ 4. ГО. 016.030-71



153 МН	
Імітатор ПЗУ	
Складальне креслення	
№ документа	2-1
Масштаб	0,75
Лист	1
Всього	1
Дата	
№ документа	
Масштаб	
Лист	
Всього	
Дата	