

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
(м. Київ)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
(повне найменування факультету)

Кафедра Електронних апаратів
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи


освітньо-кваліфікаційного рівня магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

спеціальності 171 – Електроніка
(шифр і назва спеціальності)

на тему Пристрій для тестування блоків живлення персональних комп'ютерів

Виконав: студент групи Ел-22дм

Устименко І.С.
(прізвище, та ініціали)



(підпис)

Керівник Паеранд Ю.Е.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедри Паеранд Ю.Е.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Самойлова Ж.Г.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Київ - 2023

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

(м. Київ)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки

Кафедра Електронних апаратів

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Спеціальність 171 – Електроніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕА

Ю.Е. Паеранд
" " " 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Устименко Івану Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Пристрій для тестування блоків живлення персональних комп'ютерів

керівник проекту (роботи) Паеранд Юрій Едуардович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 21.11.2023 року №52/14.04

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 20.11.2023

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)


1) Аналітичний огляд

- 2) Опис методики тестування блоку живлення
- 3) Підбір основних елементів схеми
- 4) Розробка конструкції пристрою
- 5) Техніко-економічне обґрунтування

5. Дата видачі завдання 01.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд блоків живлення персональних комп'ютерів	01.08.23 - 19.08.23	
2	Опис пристрою для тестування блоків живлення	20.08.23 - 30.08.23	
3	Опис функціональної схеми стенду для тестування блоків живлення	01.09.23 - 10.09.23	
4	Підбір основних елементів схеми	15.09.23 - 31.09.23	
5	Розрахунок надійності	01.10.23 - 09.10.23	
6	Інженерні рекомендації	10.10.23 - 19.10.23	
7	Техніко-економічне обґрунтування	20.10.23 - 30.10.23	
8	Оформлення пояснювальної записки	01.11.23 - 14.11.23	
9	Передача роботи на перевірку та рецензування	15.11.23 - 19.11.23	

Студент  Устименко І.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Паєранд Ю.Е.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Даний дипломний проект містить 91 сторінку , текст пояснюють 31 ілюстрація, 19 таблиць, 48 джерел, 2 додатки.

Метою дипломного проекту є розробка пристрою для тестування блоку живлення персональних комп'ютерів .

У ході дипломного проекту було спроектовано функціональну схему та описано стенд для тестування блоку живлення. Проведено конструктивно-технологічні розрахунки, була розроблена конструкція пристрою, а також було здійснено розрахунок надійності.

У дипломному проекті здійснено розрахунок техніко-економічного показника, опрацьовано питання охорони праці.

БЛОК ЖИВЛЕННЯ, ФОРМ-ФАКОР, СТРУКТУРНА СХЕМА,
ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА, РАДІОЕЛЕМЕНТИ, РОЗРАХУНОК, ПЛАТА,
ПРИСТРІЙ, ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ, НАДІЙНІСТЬ

ABSTRACT

This diploma project contains 91 pages, 31 illustrations, 19 tables, 48 sources, 2 appendices.

The purpose of the diploma project is to develop a device for testing the power supply of personal computers.

In the course of the diploma project, a functional diagram was designed and a stand for testing the power supply was described. Design and technological calculations were carried out, the device design was developed, and reliability was calculated.

In the diploma project, the technical and economic indicators were calculated, and labour protection issues were considered.

POWER SUPPLY, FORM FACTOR, STRUCTURAL DIAGRAM,
FUNCTIONAL DIAGRAM, RADIO ELEMENTS, CALCULATION, BOARD,
DEVICE, THERMAL MODE, RELIABILITY

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	7
Вступ	8
1 Огляд блоків живлення персональних комп'ютерів	9
1.1 Форм-фактори блоків живлення	9
1.2 Визначення потужності блока живлення	17
1.3 Конструктивне призначення блоків живлення	18
2 Опис пристрою для тестування блоків живлення	
Постановка завдання дипломного проектування	20
2.1 Огляд аналога пристрою тестування блока живлення	20
2.2 Структурна схема процесу тестування БЖ	21
2.3 Опис методики тестування блоку живлення	22
2.4 Постановка завдання дипломного проектування	23
3 Опис функціональної схеми стенду для тестування блоків живлення	24
4. Підбір основних елементів схеми	29
4.1 Вибір елементної бази	29
4.2 Розробка конструкції пристрою	34
4.3 Конструктивно-технологічний розрахунок	40
4.4 Вибір способів забезпечення нормального теплового режиму пристрою	45
5. Розрахунок надійності	48
6. Інженерні рекомендації	53
7. Техніко-економічне обґрунтування	54
7.1 Опис продукту	54
7.2 Технічні характеристики пристрою	54
7.3 Розрахунок собівартості та ринкової ціни пристрою	55
7.4 Розрахунок собівартості та ринкової ціни аналога	59
7.5 Розрахунок річних експлуатаційних витрат	59
7.6 Оцінка конкурентоспроможності	63

8. Безпека життєдіяльності	68
8.1 Виробнича безпека	68
8.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях	78
Висновок	82
Список використаних джерел	83
Додаток А	86
Додаток Б	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АТ - передова технологія

АТХ - передова технологія розширена

BIOS - базова система введення-виводу

ВТХ - збалансована технологія розширена

CPU- центральний процесор

HDD - жорсткий диск

LAN - локальна мережа

LPX - низький профіль

PC / XT - розширена технологія

SLI - масштабований інтерфейс зв'язку

SFX - маленький форм-фактор

БЖ - блок живлення

БН - блок навантаження

БІ - блок індикації

КМОП - комплементарна логіка на МОП-транзисторах

КПО - коефіцієнт природного освітлення

ПДВ - на додану вартість

ОП - операційний підсилювач

ПК - персональний комп'ютер

РЕА - радіоелектронна апаратура

ТТЛ - Транзисторно-транзисторна логіка

ПЗВ - пристрій захисного відключення

ЕОМ - електронна обчислювальна машина

ЕПТ - електронно-променева трубка

ЕРЕ - електрорадіоелементи

ВСТУП

На сьогоднішній день персональні комп'ютери набули широкого поширення. Радіоелектронна промисловість, бухгалтерська діяльність, сфера банківських та економічних послуг, зв'язок та комунікації – жодну з цих галузей людської діяльності не можна уявити без комп'ютерної техніки. Широке використання персональних комп'ютерів дозволило значно підвищити продуктивність праці та оптимізувати процеси передачі.

Сучасний персональний комп'ютер є складним пристроєм, що складається з великої кількості складових частин. Однією з головних складових персонального комп'ютера є блок живлення.

Комп'ютерний блок живлення – вторинне джерело електроживлення, призначений для постачання вузлів комп'ютера електричною енергією постійного струму, а також перетворення мережевої напруги до заданих значень.

Вихід з ладу блоку живлення ПК є однією з основних несправностей, що діагностуються при виході з ладу персонального комп'ютера. На сьогоднішній день найбільшого поширення набув форм-факторів блоків живлення АТХ. Враховуючи широке використання даного типу БЖ, виникла потреба у якісному та точному тестуванні блоків живлення даного форм-фактору.

Усі блоки живлення стандарту АТХ є імпульсними перетворювачами з різними варіаціями схемних рішень, але з єдиним принципом роботи. Без спеціального обладнання, у вигляді керованих навантажень, осцилографа та деяких інших пристроїв неможливо протестувати відповідність стандарту характеристик, зазначених на наклейці та паспорті блоку живлення.

1 ОГЛЯД БЛОКІВ ЖИВЛЕННЯ ПЕРСОНАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРІВ

Блок живлення - це не тільки одна з найважливіших комплектуючих ПК , але і, на жаль, один з тих компонентів, яким часто приділяють занадто мало уваги. Хоча більшість комп'ютерних ентузіастів усвідомлюють важливість блоку живлення, середньостатистичний покупець комп'ютера зазвичай не усвідомлює. Багато хто з тих, хто замислюється про вибір блоку живлення, звертають увагу лише на формальну характеристику – потужність блоку живлення – але спроб переконалися на практиці в тому, що вона відповідає заявленій, такі покупки зазвичай не роблять. Хоча в цьому питанні величезну роль відіграють численні нюанси, такі як потужність при пікових навантаженнях, шум блоку живлення в роботі, забезпечення стабільного живлення без короткочасних падінь напруги, перевищення допустимих значень чи нестабільної потужності за високого навантаження.

Ми завжди приділяли серйозну увагу вибору блоку живлення для наших тестових систем , тому що блок живлення – це свого роду фундамент будь-якого ПК. Витративши більше коштів на цей компонент, ви отримаєте більш надійну, стабільну систему . Блок живлення настільки важливий тому, що він забезпечує роботу решти компонентів ПК.

Комп'ютерним майстрам відомо, що блок живлення виходить з ладу частіше за будь-яку іншу деталь. Блоки живлення, що нестабільно функціонують, можуть призвести не тільки до нестабільної роботи інших комплектуючих, але й до виходу їх з ладу, якщо на виходах видаватимуть невідповідне специфікаціям напруги. Саме через величезну важливість блоку живлення слід осмислити роль та обмеження блоку живлення, а також можливі проблеми, їх причини та шляхи усунення.

1.1 Форм-фактори блоків живлення

1.1.1 Застарілі форм-фактори PC/XT. У комп'ютерних системах PC і XT виробництва IBM (представлених у 1981 і 1983 роках відповідно

використовувався блок живлення одного форм-фактора; єдина відмінність полягала в тому, що блок живлення XT володів удвічі більшою потужністю. Оскільки на вигляд і типів роз'ємів дані блоки не відрізняються, при модернізації систем PC можна сміливо використовувати блок живлення XT вищої потужності; таким чином і зародилася сама ідея модернізації блоків живлення. Величезна популярність вихідних систем PC і XT призвела до того, що багато виробників почали випускати комп'ютери, сумісні як формою, так і функцій. Компоненти, які застосовуються у PC/XT сумісних системах, можна було використовувати заміни відповідних компонентів систем виробництва IBM; дані твердження справедливі щодо блоків живлення. Відповідні блоки живлення стандарту PC/XT випускалися багатьма компаніями. Блоки живлення даного форм-фактора у сучасних системах не використовуються.

Настільні системи AT були представлені компанією IBM у серпні 1984 року, в них використовувався блок живлення більшого розміру та іншого, порівняно з PC/XT форм-фактора. Інші виробники швидко представили власні сумісні системи, які повністю відповідали конструкції розробки IBM. У таких системах використовувався блок живлення форм-фактора AT/Desktop. Сотні виробників розпочали випуск системних плат, блоків живлення, корпусів та інших компонентів, що повністю відповідають вихідній конструкції IBM AT. Блоки живлення цього форм-фактора нині не використовуються.

Конфігурація AT/Tower є повнорозмірною вихідною конфігурацією AT, яка розташована горизонтально. Конфігурація Tower (вежа) не нова; насправді навіть на перших системах IBM AT був присутній спеціальний логотип, що вказує на можливість встановлення системного блоку на бік.

У системах AT/Tower використовувався такий самий блок живлення, як у вихідних настільних системах AT, крім розміщення кнопки включення. У вихідних системах AT/Desktop кнопка включення розташовувалась на панелі блока живлення (зазвичай це досить велика кнопка). У системах AT/Tower, у свою чергу, використовувалася зовнішня кнопка, яка підключалася до блоку живлення за допомогою чотирижильного кабелю. Повнорозмірний блок живлення AT із

зовнішньою кнопкою включення називається блоком живлення форм-фактора AT/Tower, хоча за розмірами він повністю ідентичний блоку живлення AT/Desktop. Єдина відмінність полягає у використанні зовнішньої кнопки увімкнення. Цей форм-фактор вважається застарілим.

Наступним поширеним форм-фактором став LPX, який також називали PS/2 та Slimline. Позначення PS/2 вказує на те, що цей форм-фактор спочатку був представлений у моделі IBM PS/2 Model 30 у квітні 1987 року. Блоки живлення LPX містять такі ж роз'єми для підключення системної плати та жорстких дисків, що і блоки живлення форм-факторів PC/XT та AT. Блоки живлення LPX використовувалися переважно із системними платами LPX, BabyAT та MiniAT.

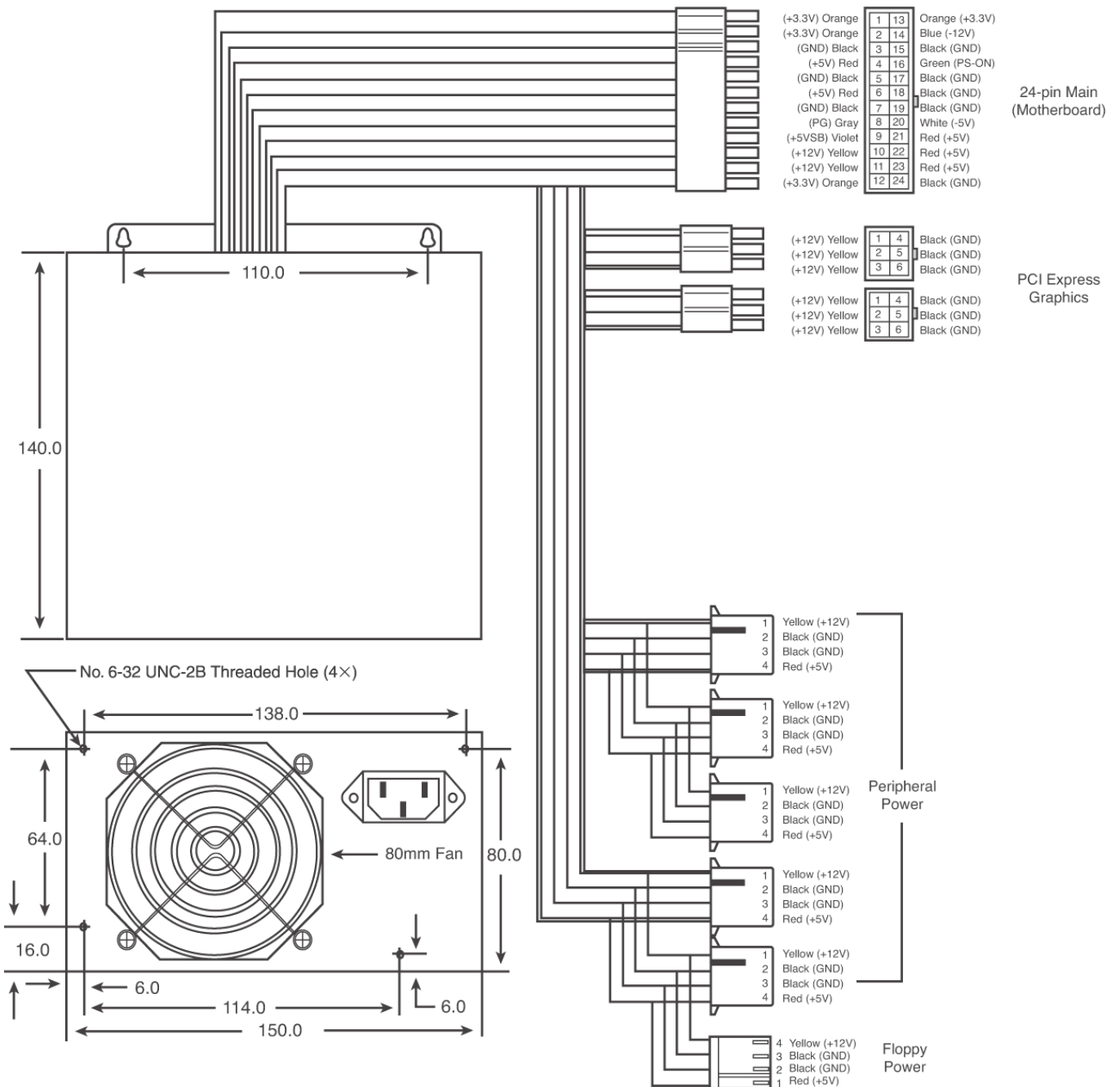
Блоки живлення LPX швидко знайшли застосування у системах різних виробників, після чого стали стандартом де-факто. Протягом багатьох років вони практично скрізь використовувалися: від низькопрофільних систем із системними платами LPX до систем у корпусах Desktop та Middle Tower із системними платами BabyAT та MiniAT і навіть у повнорозмірних вежах Tower із платами Baby AT та повнорозмірними платами AT. Незважаючи на свій застарілий статус, рішення LPX (PS/2) досі використовуються. Форм-фактор також зберіг своє існування, оскільки став основою для стандартів ATX та PS3, які широко застосовуються в сучасних системах./24/

1.1.2 Сучасні форм-фактори. Intel представила специфікації ATX в 1995 році, а в 1996 даний форм-фактор почав набирати популярності серед настільних систем на базі процесорів Pentium і Pentium Pro, захопивши в перший рік 18% ринку. З 1996 року варіанти форм-факторів, створені з урахуванням ATX, стали домінувати як серед материнських плат, і серед БЖ, замінивши поширені раніше стандарти Baby-AT/LPX. Блоки живлення, що відповідають стандарту ATX12V, також використовуються для материнських плат більш сучасного стандарту ВТХ, який замислювався як заміна ATX, що є гарантом можливості використання блоків живлення на основі стандарту ATX в найближчі

кілька років. Специфікації ATX12V визначає фізичну або механічну форму блока живлення, а також конфігурацію роз'ємів, що використовуються для живлення компонентів комп'ютера.

З 1995 по 2000 рік форм-фактор ATX визначався як частина специфікації материнських плат стандарту ATX. Тим не менш, у лютому 2000 року, Intel взяла за основу специфікації актуальної на той момент версії ATX 2.03 для материнської плати і корпусу комп'ютера і створила окрему специфікацію форм-фактора блоків живлення - ATX/ATX12V версії 1.0, одночасно додавши додатковий 4-контакт плюс 12 В (блоки живлення з таким роз'ємом відповідають специфікації ATX12V). Конектор плюс 12 В став вимогою для версії 1.3 стандарту ATX, представленої у квітні 2002 р., після чого залишився лише стандарт ATX12V. Стандарт ATX12V 2.0 (лютий 2003 р.) втратив 6-контактний додатковий роз'єм, основний роз'єм став 24-контактним, а наявність конекторів живлення Serial ATA стали обов'язковою вимогою. Поточна версія ATX12V 2.2 представлена в березні 2005 року і містить лише дрібні вдосконалення щодо попередніх версій, як то використання на вилках контактів Molex High Current System.

Оскільки специфікація БЖ стандарту ATX була вдосконалена, було змінено також орієнтацію охолоджуючого вентилятора та дизайн БЖ. Початкові специфікації передбачають використання 80-мм вентилятора, закріпленого на внутрішній стороні блоку живлення, звідки він може гнати повітря із задньої частини корпусу, спрямовуючи потік повітря вздовж материнської плати. Іншими словами, такий вентилятор працює в протилежний бік, ніж більшість вентиляторів, що використовуються нині, які відводять гаряче повітря від комплектуючих. Ідея полягає в тому, щоб перенаправити потік повітря всередині корпусу таким чином, щоб можна було обійтися лише одним вентилятором на БЖ, відмовившись від обов'язкового використання активного охолодження радіатора CPU.



Малюнок 1 – Схема блоку живлення стандарту ATX12V 2.x з основним 24-контактним кабелем живлення, 4-контактним додатковим роз'ємом плюс 12В, а також додатковими роз'ємами живлення відеокарт, підключених до шини PCI Express.

На малюнку 1 представлена схема блоку живлення стандарту ATX12V 2.x з основним 24-контактним кабелем живлення. Форм-фактор ATX вирішив кілька проблем, актуальних для попередніх форм-факторів PC/XT, AT та LPX. Одна з них полягала в тому, що плати стандартів PC/XT/AT були оснащені двома роз'ємами для кабелів живлення. При некоректному підключенні кабелів, як правило,

згорали і блок живлення, і материнська плата. Більшість відповідальних виробників намагалися вигадати спеціальний ключ, який дозволяв би підключати дані кабелі тільки в правильній послідовності.

Проте більшість виробників, які пропонували дешеві системи, не передбачали такого захисту на блоках живлення чи платах. Форм-фактор ATX передбачає гнізда на материнській платі та роз'єми блока живлення за замовчуванням спроектовані з наявністю «захисту від дурня» - тобто їх можна підключити лише правильним чином. Крім того, серед роз'ємів з'явилася низьковольтна лінія ATX плюс 3.3 В, що знижує необхідність розпаювання додаткових стабілізаторів напруги безпосередньо на платі для тих компонентів, які використовують цю напругу./25/

Нові роз'єми плюс 3.3 на блоках живлення ATX мають інший набір виходів, який зазвичай не помітний на стандартному БЖ. Набір включає виходи Power_On (PS_ON) та 5V_Standby (5VSB), про які йшлося трохи раніше і які відповідають за режим Soft Power (програмне керування живленням). Вони забезпечують роботу таких функцій, як Wake on Ring або Wake on LAN, тобто коли сигнал від модему або мережі може використовуватися для того, щоб комп'ютер вийшов з режиму сну або автоматично включився для виконання запланованих завдань. Ці сигнали можна ввімкнути через специфічні кнопки керування живленням, які передбачені на більшості сучасних клавіатур. Зокрема, опція включення за допомогою кнопки на клавіатурі або по мережі доступна, навіть коли комп'ютер вимкнено, але підключено до джерела живлення, оскільки лінія 5V_Standby завжди знаходиться під напругою. Самі функції розширеного керування живленням можна включити або вимкнути через BIOS.

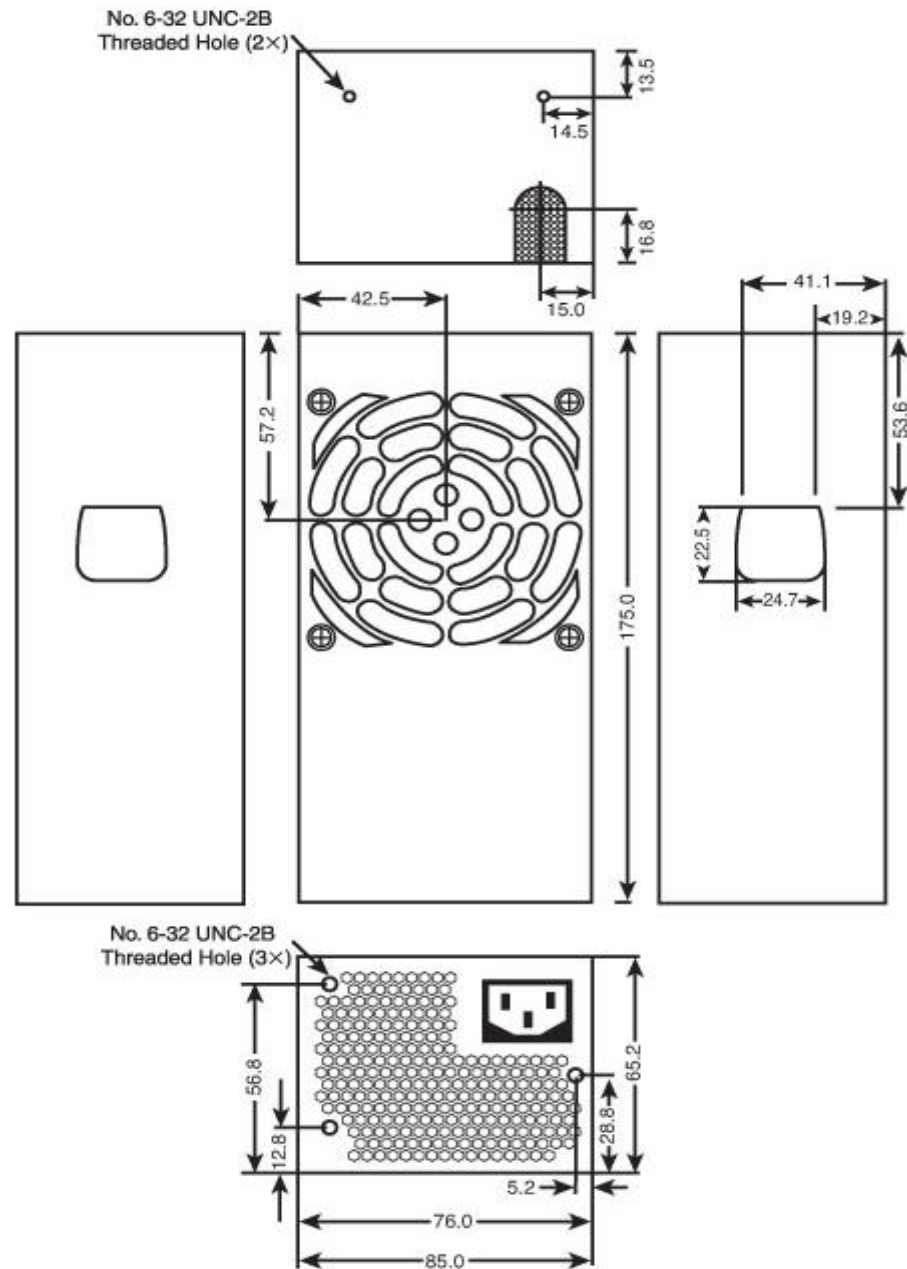
Intel представила материнську плату форм-фактора microATX у грудні 1997 р. У той же час був представлений і блок живлення зменшеного розміру – Small Form Factor (SFX). Незважаючи на це, більшість шасі microATX, як і раніше, використовували стандартний блок живлення ATX. Але потім у березні 1999 року Intel представила додаток FlexATX до специфікації microATX для міні-

атюрних материнських плат, що використовуються в бюджетних настільних системах, а також промислових ПК.

З цього часу корпуси стандарту SFX почали використовувати в багатьох компактних настільних системах. На відміну від більшості специфікацій для блоків живлення, де вказані фізичні габарити, стандарт SFX описує п'ять різних фізичних форм для блоків живлення, деякі з яких не можна замінити як окремий модуль. Крім того, відбулися зміни в наборі роз'ємів БЖ, оскільки специфікація зазнала змін. Таким чином, при покупці блоку живлення стандарту SFX/SFX12V слід переконатися, що вибрано блок правильного різновиду, який фізично поміститься в корпус, а також має правильні роз'єми для підключення до материнської плати.

Кількість і тип роз'ємів змінювалися під час еволюції стандарту SFX. Оригінальна специфікація блоку живлення включає один 20-контактний роз'єм для материнської плати. Додатковий 4-контактний конектор плюс 12В для незалежного живлення CPU з'явився як опція у специфікації ревізії 2.0, представленої в травні 2001 року, і став обов'язковим у ревізії 2.3 (квітень 2003 р.), так що далі розвивалася тільки специфікація SFX12V. У SFX12V версії 3.0 основний конектор живлення трансформувалася з 20-контактного на 24-контактний, а серед вимог з'явилися роз'єми Serial ATA. На даний час актуальною вважається версія 3.1, яка була представлена в березні 2005 і містить незначні відмінності, зокрема використання в роз'ємах контактів Molex High Current System.

SFX12V має кілька фізичних варіантів компонування, один із яких називається PS3. Стандартний блок живлення SFX/SFX12V оснащений 60-мм вентилятором, розташованим усередині блока живлення, лицьовою стороною до нутроців комп'ютера. Вентилятор втягує гаряче повітря всередину БЖ із корпусу та виводить його через задню панель. Розташування вентилятора в цьому місці обумовлено міркуваннями зниження рівня шуму і зберігає стандартний тип системи охолодження з негативним нагнітанням тиску всередині корпусу. В системі також можуть використовуватися додаткові вентилятори для охолодження процесора та корпусу, незалежні від блоку живлення.



Малюнок 2 – Стандартний блок живлення форм-фактору SFX/SFX12V, оснащений внутрішнім вентилятором 80 мм

Блоки живлення SFX12V спроектовані спеціально для мініатюрних систем, які містять обмежений набір комплектуючих та обмежені у можливостях модернізації. Більшість БЖ стандарту SFX сконструйовані для забезпечення потужності від 80 до 300 Вт під постійним навантаженням і мають чотири лінії живлення: плюс 5, плюс 12, мінус 12 і плюс 3.3 В. Потужність такого блоку живлення є достатньою для компактної системи, оснащеної процесором, графічною картою AGP або PCI-E x16, до чотирьох слотів карт розширення, а також трьох

внутрішніх накопичувачів, таких як жорсткі диски та оптичні приводи.

Хоча Intel створювала специфікацію блоків живлення SFX12V, маючи на увазі материнські плати стандартів microATX і FlexATX, SFX являє собою незалежний від типу материнської плати форм-фактор блоків живлення, який може успішно застосовуватися з іншими материнськими платами. Зокрема, блок живлення версії PS3 стандарту SFX12V може використовуватися як повноцінна заміна БЖ ATX12V з тієї причини, що коннектори даних двох стандартів ідентичні. Блок живлення SFX використовує такі самі 20-жильні або 24-жильні роз'єми, що визначені в специфікації стандарту ATX/ATX12V, і включають лінії Power_On і 5V_Standby. Блок живлення SFX12V включає додатковий 4-контактний роз'єм плюс 12 В для живлення CPU, так само, як прописано в стандарті ATX12V. Чи використовувати в тій чи іншій системі блок живлення ATX або SFX, більше залежить від корпусу або шасі, ніж від материнської плати. Кожен форм-фактор має ті ж роз'єми живлення, а основна різниця полягає у фізичному компонуванні та габаритах.

1.2 Визначення потужності блоку живлення

Кожен блок живлення має кілька вихідних каналів з різною напругою та розрахований на певну довготривалу потужність по кожному з них. Сучасний стандарт передбачає наявність каналів з напругою плюс 5В, плюс 12В, плюс 3.3В, мінус 12В та чергову напругу плюс 5В. Загальна потужність зазвичай позначена у ватах на наклейці (англійською звучить як Total Power). Ця величина є сумою всіх потужностей по кожному з каналів і легко підраховується підсумовуванням добутка струмів на відповідну напругу. Наприклад, у нас є блок живлення з потужністю

500Вт, із зазначеними допустимими струмами: плюс 3.3В (30А), плюс 5В (30А), плюс 12В (40А), мінус 12В (0.8А), плюс 5В (2.5А). Перемноживши і підсумувавши,

отримуємо підсумкову цифру $(250+480+9.6+12.5) = 752.1$ Вт. Справа в тому, що існує взаємна залежність каналів їхньої спільної максимальної потужності. На наклейці зазначено, що максимальна потужність каналів плюс 3.3В і плюс 5В не може перевищувати 152 Вт в будь-якому випадку, а загальна сумарна потужність каналів плюс 12В і плюс 3.3 і 5В не повинна перевищити 480 Вт. Тобто, ми можемо навантажити блок на повну потужність плюс 12В, залишивши без навантаження низьковольтні канали, або при повній потужності каналів плюс 3.3 і плюс 5В (152 Вт у нашому випадку), можемо використовувати тільки 328 Вт плюс 12В. Тому за підрахунками потрібно бути уважним і завжди звертати увагу на допустиму комбінацію навантаження по кожній лінії. Зазвичай це зазначено на наклейці, у вигляді загального осередку з єдиною величиною потужності для декількох каналів малюнок 3 .З урахуванням цього фактора новий перерахунок потужності виглядатиме так: $152+328+9.6+12.5=502.1$ Вт, або $0+480+9.6+12.5=502.1$ Вт, або будь-яка з допустимих варіацій між цими двома крайніми значеннями розподілу потужностей по каналам./ 48/

Blue Storm II 500 www.FS-group.com						
AC Input	100-240 VAC \approx 8-4 A 50-60 Hz					
DC Output	+3.3 V	+5V	+12V1	+12V2	-12V	+5Vsb
Max Output Current	20A	20A	15A	15A	0.8A	2.5A
Max Combined Power	152W			20W		
	480W					
Total Power	500 W					
Max Peak Power	530W					

Малюнок 3 – Параметри потужності блока живлення

1.3 Конструктивне призначення блоків живлення

1.3.1 Модульні блоки живлення. Модульні блоки живлення відрізняються тим, що непотрібні дроти можна просто від'єднати. Це позбавляє користувача від нескінченних проводів у корпусі та покращує вентиляваність.



Малюнок 4 – Модульний блок живлення

1.3.2 Безвентиляційні блоки живлення . Блоки живлення з пасивним охолодженням, відповідно, найтихіші, тобто не чутні. Але такі блоки живлення не розраховані на більшу потужність. Відсутність додаткового вентилятора у системному блоці позбавляє зайвого шуму і накопичення пилу.



Малюнок 5 – Безвентиляційний блок живлення

1.3.3 Блоки живлення відеокарт. Працюють з основним блоком живлення, він знижує навантаження основного блоку живлення в разі встановлення SLI відеокарт не потрібно, заміна наявного блоку живлення (якщо він не "SLI ready"). Підтримують стабільну роботу відеокарт при оверклокінгу./23/



Малюнок 6 – Блок живлення для відеокарт

2. ОПИС ПРИСТРОЮ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ БЛОКІВ ЖИВЛЕННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Аналіз аналога пристрою тестування блоку живлення

Пошук поломок в БЖ АТХ за умови справних мережевому запобіжнику, випрямному мості, конденсаторів фільтра і наявності напруги живлення 310В на схемі силового каскаду перетворювача значно полегшується при використанні діагностичного стенда.

Існує низка пристроїв для тестування блоків живлення ПК. Більшість тестерів визначають лише наявність основних напруг на виході блоку живлення АТХ: плюс 5В, плюс 12В, плюс 3,3В і, так зване, «чергова напруга» плюс 5BSb.



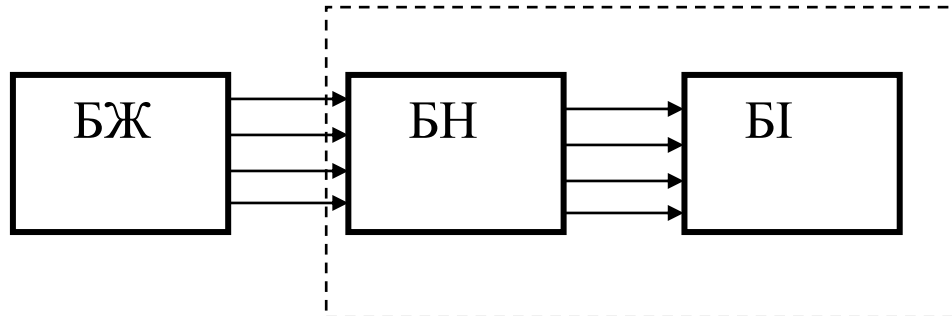
Малюнок 7 – Простий тестер блоку живлення

Незважаючи на свою простоту, дозволяє навіть без вимірювальних приладів моментально оцінити працездатність будь-якого блоку живлення комп'ютера, не виймаючи його з системного блоку.

Тестер забезпечує навантаження кожного виходу блоку, що перевіряється струмом, рівним приблизно 10 % максимуму, допустимого для найбільш поширених в побутових комп'ютерах блоків живлення.

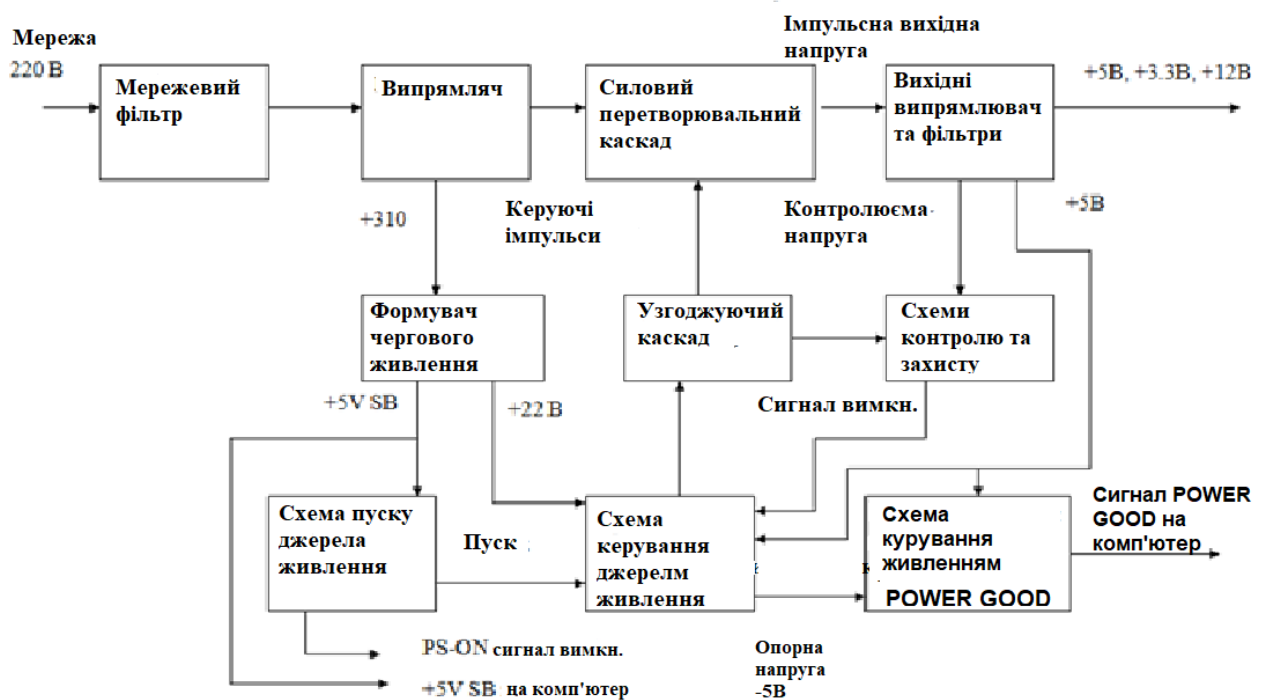
2.2 Структурна схема процесу тестування БЖ

Пристрій складається з наступних модулів: блоку живлення, блоку навантажень та блоку індикатора.



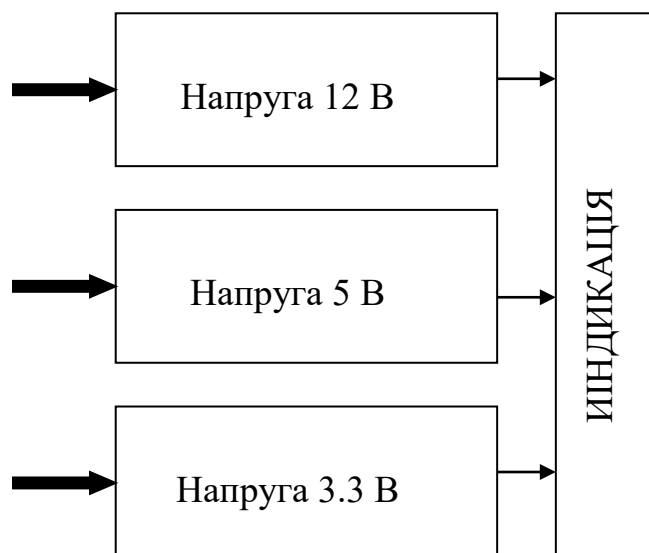
Малюнок 8 – Структурна схема стенду для тестування блоків живлення АТХ

Кожен блок живлення (БЖ) має кілька вихідних каналів з різною напругою та розрахований на певну довготривалу потужність по кожному з них. Сучасний стандарт пропонує наявність каналів з напругою плюс 5В, плюс 12В, плюс 3.3В і чергову напругу плюс 5В. На малюнку 9 наведено структурну схему функціональних вузлів БП АТХ./19/



Малюнок 9 – Структурна схема функціональних вузлів БЖ АТХ

Блок навантажень (БН) необхідний тому, що сучасні БЖ не пристосовані до роботи в режимі «холостого ходу». До того ж, перевірка роботи джерела живлення під навантаженням, дозволяє більш точно оцінити різницю між номінальними та реальними робочими напругами на виході БЖ.



Малюнок 10 – Структурна схема блоку навантажень

Блок індикації (БІ) призначений для надання користувачеві наочної та зручної для сприйняття інформації про наявність напруги.

2.3 Опис методики тестування блоку живлення

Методика тестування блоку живлення включає в себе:

- перевірка заявлених значень відхилення напруги при немаксимальному навантаженні;
- тестування БЖ з різними варіантами навантаження, що становить до 100 відсотків від зазначеної максимальної вихідної потужності.

Відхилення напруги живлення від номінальних значень не повинно перевищувати значень, наведених у таблиці 1.

Таблиця 1 - Відхилення напруги живлення від номінальних значень

Вихідна напруга, В	+3.3	+5.0	+12.0	+5.0 SB	GND
Колір дроту	помаранчевий	червоний	жовтий	синій	чорний
Допустиме відхилення, %	±5	±5	±5	±5	0
Допустима мінімальна напруга	3.1	4.8	11.0	4.8	0
Допустима максимальна напруга	3.3	5.3	12.6	5.1	0

Тестування полягатиме в експлуатації БЖ із змінним навантаженням, що становить 33, 67 та 100 відсотків від заданих струмів, розрахованих у попередньому пункті. Період зміни значень струмів складатиме приблизно дві хвилини. Максимальна вихідна потужність є штатним режимом блоку живлення.

2.4 Постановка завдання дипломного проектування

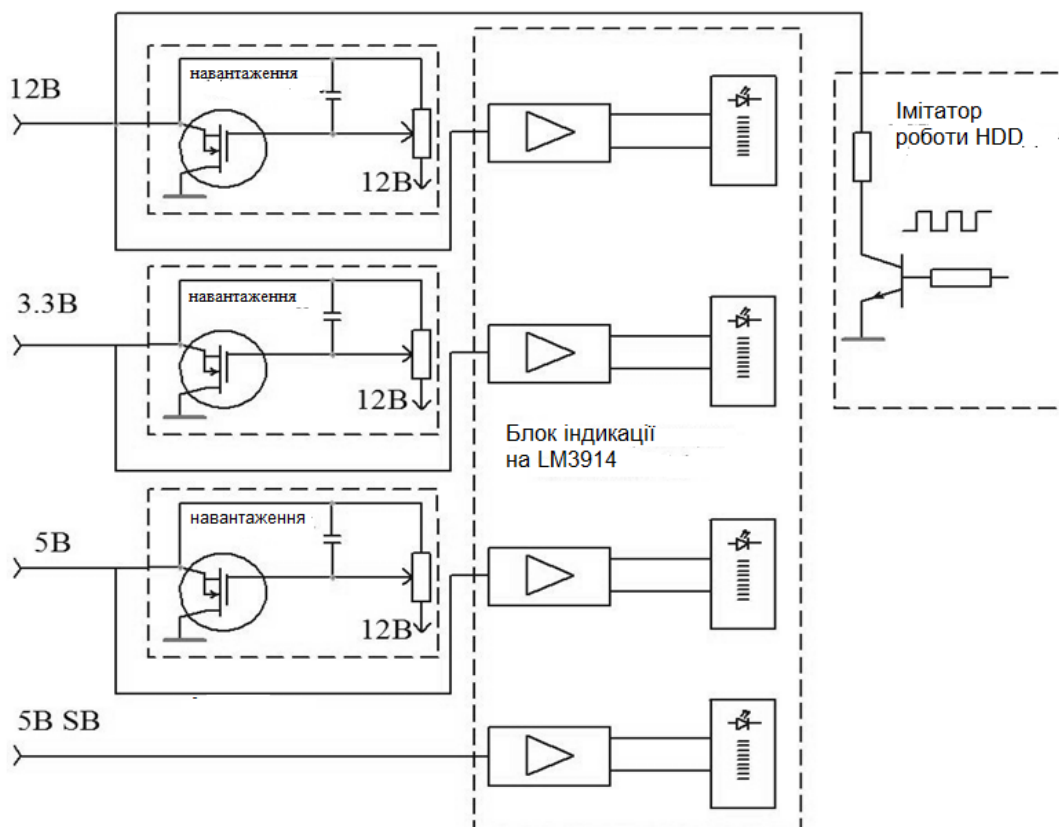
В ході дипломного проектування необхідно розробити пристрій, що дозволяє вимірювати чотири основні характеристики блоків живлення форм-фактора АТХ. За своїми характеристиками, що вимірюються напругою і функціональністю, схема повинна бути порівнянна з промисловими аналогами, але відрізняється габаритними розмірами, малою похибкою та економічністю виготовлення. Цей пристрій призначений для вимірювання та наочної індикації рівня напруги виходів БЖ.

Пристрій, що розробляється, повинен задовольняти наступним вимогам:

- компактність;
- простота налаштування;
- широкий діапазон вимірювань.

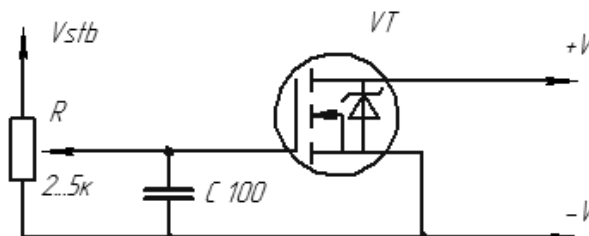
3. ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СТЕНДУ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ БЛОКІВ ЖИВЛЕННЯ

На малюнку 8 видно, що схема складається з блоку навантаження та блоку індикації. Складемо функціональну схему стенду.



Малюнок 11 – Функціональна схема стенду

Потужні польові транзистори застосовувалися як еквівалент навантаження постійного струму вже давно. Найбільш типовий спосіб виконання наведено на малюнку 12.



Малюнок 12 – Еквівалент навантаження

Де напрузі V_{stb} відповідає стабілізована напруга від 7В до 12В, а провідники плюс V і мінус V підключаються, дотримуючись полярності, безпосередньо до клем джерела живлення, що потребує навантаження.

Індикація збирається на мікросхемі LM3914. Вона може працювати у двох режимах: режим «крапка» - при якому загоряється лише один світлодіод, і «стовпчиковий» режим, при якому загоряється кілька світлодіодів по наростаючій. Дана схема працює в «стовпцевому» (bar) режимі, для цього 9 вивід мікросхеми підключений до плюса джерела живлення.

Працюючи в режимі bar, відповідно і збільшується енергоспоживання LM3914. Коли всі 10 сегментів індикатора горять, то LM3914 споживає майже в 10 разів більше, ніж горів тільки один світлодіод (сегмент). Для запобігання вигоранню мікросхеми LM3914 необхідно стежити, щоб струм світлодіодів не перевищив максимально допустимий.

Для вимірювання та індикації напруги на кожному з чотирьох каналів використовується одна мікросхема LM3914 та десять світлодіодів. Вольтметри для каналів плюс 5 і плюс 5В SB ідентичні. Максимальна потужність мікросхеми, що розсіюється, не повинна перевищувати 1365 мВт. І якщо припустити, що максимальна напруга, що підводиться, складе 12.8 В, то максимально можливий струм складе:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1.365}{12.8} = 105.8 \text{ мА} \quad (1)$$

Таким чином, струм кожного сегмента індикатора не повинен перевищувати $105.8/10 = 10.58$ мА. У схемі опір резистора R_1 (4.7 кОм) задає максимальний струм світлодіодів. Струм світлодіода приблизно в 10 разів більший за струм, який проходить через даний резистор $I_{R3} = 1.25 / 4700 = 266$ мкА. Таким чином, струм на кожен світлодіод обмежений значенням 2.6 мА, що набагато менше від допустимого.

Тепер розберемо R_2 який встановлює верхній поріг (висновок 6). На виводі мікросхеми 6 необхідно встановити напругу на рівні 5.5 В. Знаючи значення струму через R_1 , а також додавши сюди струм «errocurrent» з 8 вивода мікросхеми

(120 мкА), ми можемо розрахувати опір R_2 :

$$5.5\text{В} = 1.25\text{В} + R_2(120\text{мкА} + 266\text{мкА}) \quad (2)$$

Тоді:

$$R_2 = \frac{(5.5 - 1.25)}{386} = 11\text{кОм}$$

Опором R_3 встановлюється нижня межа напруги.

$$V_0 = \frac{V_I \cdot R_B}{R_A + R_B}, \quad (3)$$

де $R_A = 10 \cdot 1\text{к}$ внутрішні резистори LM 3914;

$$R_B = R_3;$$

V_I = верхня межа напруги 5.5;

V_O = нижня межа напруги 4.6;

Отримаємо:

$$4.6 = \frac{5.5 \cdot R_3}{R_3 + 10\text{к}}$$

$R_3 = 51\text{кОм}$ і більше (ми вибираємо підлаштувальний резистор 100 кОм).

До підлаштувального резистора послідовно додаємо додатковий резистор опором 3.9 кОм.

Для вимірювання напруги на каналі +12 використовувався додатковий дільник напруги, тому що амплітуда вхідного сигналу на мікросхемі не повинна перевищувати 12В. Дільник складається з двох резисторів номіналом 1.5 кОм і таким чином напруга, що знімається з дільника, знаходиться в діапазоні від 4.5В до 6.4В, в той час як вхідна напруга буде від 11.2 до 12.8.

Знаючи верхній поріг 6.4, підставляючи у формулу (2), знаходимо R_8 :

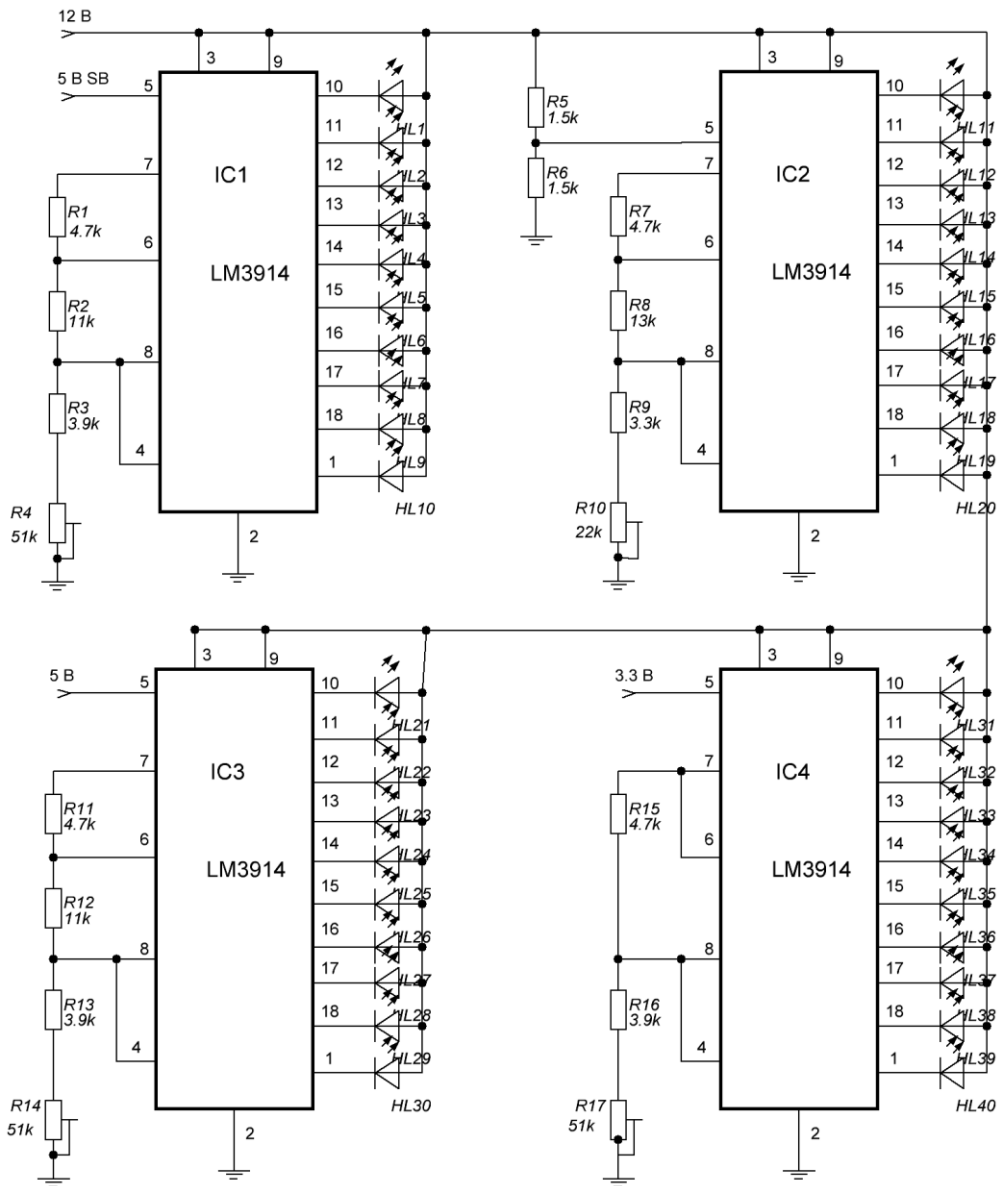
$$R_8 = \frac{(6.4 - 1.25)}{386} = 12\text{кОм}$$

Опором R_9 встановлюється нижня межа напруги, підставляючи значення у формулу (3) $V_I = 6.4$, $V_O = 4.6\text{В}$, звідси випливає:

$$6.4 = \frac{4.6 \cdot R_9}{R_9 + 10\text{к}};$$

$R_9 = 20.5 \text{ кОм}$ і більше (ми вибираємо підстроювальний резистор 22 кОм).

Схема вольтметра для каналу 3.3 також відповідає типовий. Єдина відмінність - відсутність резистора між шостим і сьомим виводами мікросхеми. Його відсутність продиктована низькою, в порівнянні з попередніми каналами, вхідною напругою. Повна структура електричної схеми з усіма параметрами блоку індикації наведена на малюнку 13./9/



Малюнок 13 – Електрична принципова схема блоку індикації

Крім того, є можливість додаткового навантаження виходу плюс 12В імпульсами струму, що йдуть з частотою близько 90Гц. Це імітує роботу приводу жорсткого диска та інших вузлів комп'ютера зі змінною споживаною потужністю.

Імітатор роботи HDD виконаний на мікросхемі K155ЛА3 та транзисторі КТ805АМ. З виведення 6 мікросхеми DD1 йдуть певні імпульси на транзистор КТ805АМ, який виконує функцію ключа. Тривалість періоду чи частота миготіння світлодіода залежить від номіналів опору R_1 і конденсатора C_1 . Знайдемо значення через період T :

$$T = 3 \cdot R_1 \cdot C_1 \quad (4)$$

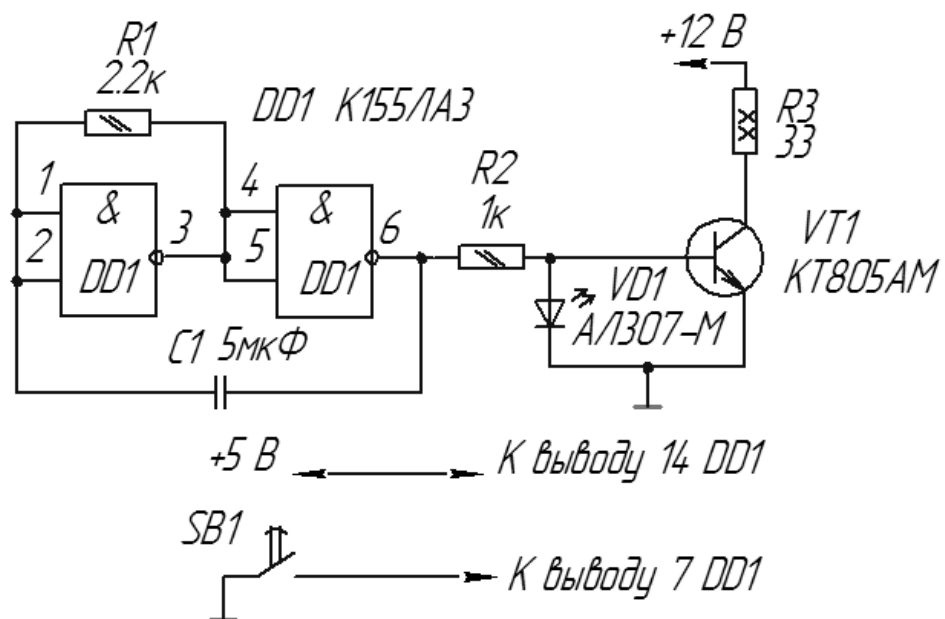
Знаючи частоту f знаходимо T за формулою:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{90} = 0.011 \quad (5)$$

Беремо конденсатор з номіналом 5 мкФ, підставляючи відомі значення у формулу (4), отримуємо:

$$R_1 = \frac{0.011}{3 \cdot 0.000005} = 2200 \text{ Ом}$$

Струмообмежуючий опір R_2 вибираємо 1 кОм, а резистор R_3 еквівалент навантаження опором 33 Ом, що розсіюється потужністю 20 Ватт.

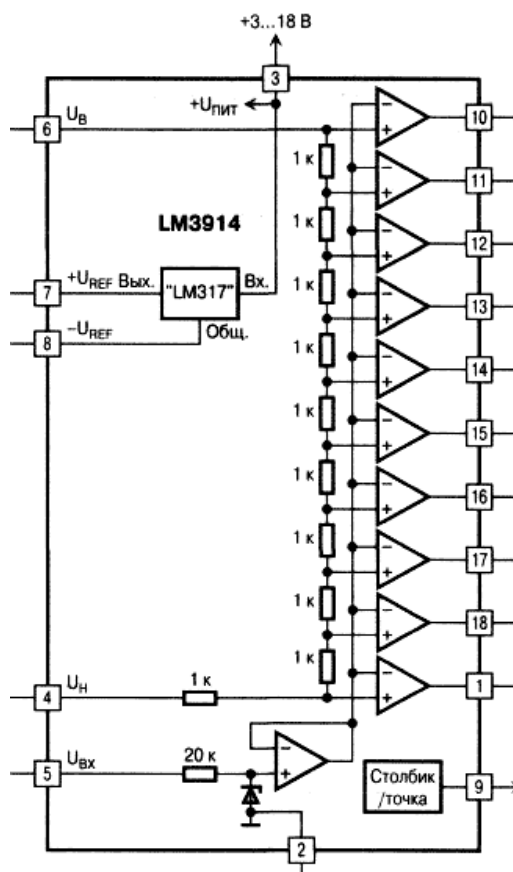


Малюнок 14 – Електрична принципова схема імітатора роботи HDD

4. ПІДБІР ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ

4.1 Вибір елементної бази

4.1.1 Мікросхеми. Структура базової мікросхеми LM3914 сімейства представлена на малюнку 15. Її основу становлять десять компараторів, на інверсні входи яких через буферний ОП подається вхідний сигнал, а прямі входи підключені до відводів резистивного дільника напруги.



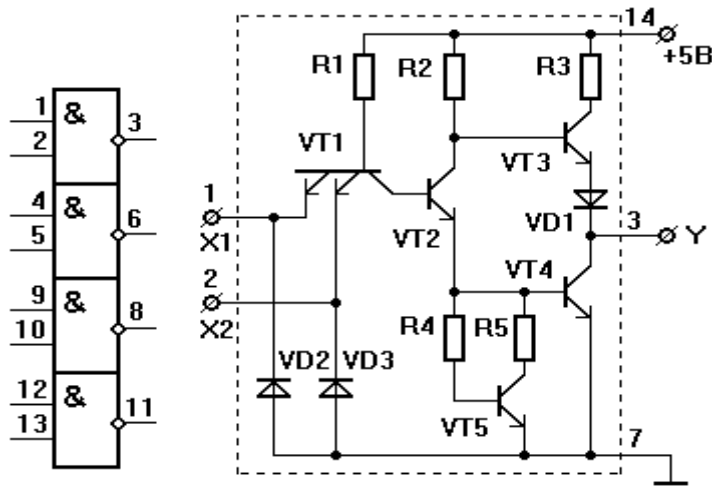
Малюнок 15 – Структура мікросхеми LM3914

Індикація може здійснюватися або одним світлодіодом (режим «крапка»), або лінійкою зі світлодіодів, що світяться, висота якої пропорційна рівню вхідного сигналу (режим «стовпчик»). Вхідний сигнал $U_{вх}$ подають на вивід 5, а напруги, що визначають діапазон рівнів, що індикуються, - на виводи 4 (нижній рівень $U_{н}$) і 6 (верхній рівень $U_{в}$). Ці напруги повинні бути в межах від 0 до рівня, на 1.5 менше напруги джерела живлення, що підключається до виводу 3. «Ціна поділу» індикатора, тобто збільшення вхідної напруги, що викликає включення чергового світлодіода, становить 0.1 від різниці $U_{в} - U_{н}$.

Таблиця 3- Параметри мікросхеми LM3914

Параметр	Умови вимірювання	Мінім	Тип	Макс
Напруга зсуву буферного підсилювача та першого компаратора, мВ	$U_{ВХ} < 12В, I_{СВ} = 1$ мА	-	3	10
Напруга зсуву інших компараторів, мВ	$U_{ВХ} < 12В, I_{СВ} = 1$ мА	-	3	15
Крутизна передавальної характеристики компараторів, мА/мВ	$I_{СВ} = 10$ мА	3	8	-
Вхідний струм з вив. 5, на	$0 < U_{ВХ} < U_{ПІТ} - 1.5В$	-	25	100
Максимальний вхідний сигнал,	-	-35	-	+35
Сумарний опір резисторів дільника, ком	-	8	12	17
Точність резисторів дільника, %	-	-	0.5	2
Напруга опорного джерела UREF,	$U_{ПІТ} = 5 В, I_{REF} =$ $0.1 \div 4$ мА	1,2	1,28	1,34
Зміна UREF при зміні $U_{ПІТ}$, %/В	$U_{ПІТ} = 3 \div 18В$	-	0.01	0.03
Зміна UREF за зміни струму навантаження IREF, %	$U_{ПІТ} = 5 В, I_{REF} =$ $0.1 \div 4$ мА	-	0,4	2
Зміна UREF за зміни температури, %	$T = 0 \div 70^{\circ}C,$ $U_{ПІТ} = 5 В, I_{REF} =$ 1 мА	-	1	-
Струм виведення 8, мкА	-	-	75	120
Вихідний струм (струм світлодіода), ма	$I_{REF} = 1$ мА	7	10	13
Розкид струмів виходів	$I_{СВ} = 2$ мА	-	0.12	0.4
	$I_{СВ} = 20$ мА	-	1.2	3

Мікросхема K155ЛА3 складається з чотирьох логічних елементів 2І-НЕ транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ) зі складним інвертором на виході. Такі логічні елементи мають гарну здатність навантаження. Напруга живлення мікросхеми становить $5 В \pm 5\%$. Вхідний струм низького рівня не більше – 1.6 мА. Вхідний струм високого рівня не більше 0.04 мА. Максимальна споживана статична потужність на 1 логічний елемент, $P_{де} 19.7$ мВт.



Малюнок 16 – Мікросхема К155ЛА3

4.1.2 Резистори. Резистори МЛТ - це резистори з металодіелектричним провідним шаром, призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струму як елементи друкованого монтажу. МЛТ належать до неізолюваних. Номінальна потужність: 0.125 Вт.

Граничні експлуатаційні дані:

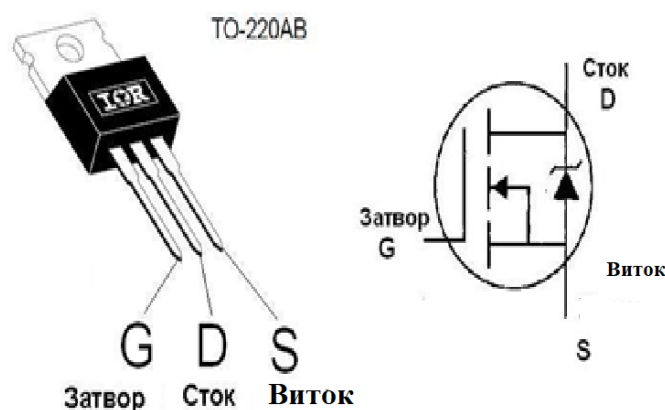
- температура навколишнього середовища: $- 60 \div +70$ °С;
- гранична робоча напруга струму: 200 В;
- мінімальне напруження: 25000 год;
- термін зберігання: 15 років.

4.1.3 Резистори підстроювальні. АСР СА14NV5 - монтажний, однообертвий, горизонтальний. Кут повороту механічний 265° . Робоча температура мінус 25 плюс 75° С. Похибка $\pm 10\%$.

PVS1 має піленепроникний корпус, завдяки якому досягається стійка робота та підвищена надійність виробу, крім того, резистор має низький профіль (висота 2.1 мм), а також позолочені контакти, що дозволяє досягти високих результатів при паянні. За рахунок застосування спеціального матеріалу резистивного шару пристрої цієї серії витримують 1 млн. робочих циклів і можуть використовуватися як датчики позиціонування./47/

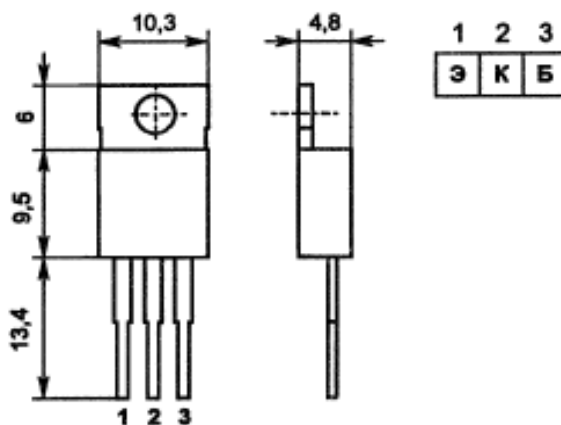
4.1.4 Транзистори. RFZ44N – потужний n-канальний польовий транзистор, зроблений за технологією MOSFET (КМОП). Гарні характеристики

IRFZ44N дають можливість використовувати його для керування потужним навантаженням, завдяки низькому опору n-каналу потужність розсіювання може сягати 83Вт. Звичайно обов'язковим елементом буде радіатор, здатний розсіювати цю потужність для запобігання виходу з ладу транзистора IRFZ44N. Напруга пробою сток-виток (U_{ds}) становить 55 В. Граничний струм затвора транзистора (I_d) = 41А.



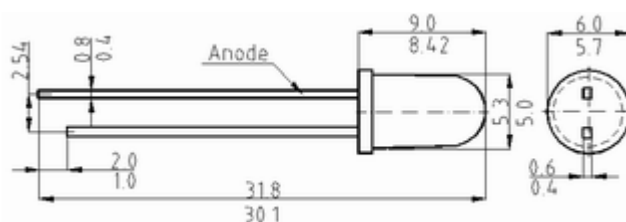
Малюнок 17 – Цоколівка транзистора IRFZ44N

КТ805 – кремнієвий біполярний pnp транзистор низькочастотний середньої потужності, у пластмасовому корпусі TO-220. Призначений для застосування у вихідних каскадах малої розгортки телевізійних приймачів та інших пристроях радіоелектронної апаратури широкого застосування. Напруга колектор-емітер 60В. Струм колектора 5А. Постійна потужність колектора, що розсіюється, без тепловідведення 30Вт.



Малюнок 18 – Цоколівка транзистора КТ805АМ

4.1.5 Світлодіод. КВД 21 - світлодіод є напівпровідниковим приладом. Світлодіод має два вивода, один із яких катод ("мінус"), а інший - анод ("плюс").



Малюнок 19 – Розміри світлодіода КВПД 21

Світлодіод «горітиме» тільки при прямому включенні, а при зворотному увімкненні світлодіод «горіти» не буде. Більш того, можливий вихід із ладу світлодіода при малих допустимих значеннях зворотної напруги.

Таблиця 5 - Технічні характеристики світлодіода КВПД 21

Тип	Колір світіння	Довжина хвилі, nm	Сила світла I_v , mcd	Прямий струм I_f , mA	Пряма напр. max V_f , V	Кут $2\theta_{50\% I_v}$
КВПД 21 А-Ч	червоний	655	8.0	10	2.0	50
КВП 21 А-Ж	жовтий	590	8.0	10	2.4	40
КВП 21 П-Б	блакитний	465	2000.0	20	2.4	20

4.1.6 Конденсатори. К50-6 - електролітичний неполярний (біполярний) конденсатор, призначений для використання в ланцюгах зі змінною полярністю. Алюмінієві електролітичні конденсатори, завдяки електрохімічному принципу роботи, мають такі переваги:

- Висока питома ємність, що дозволяє виготовляти конденсатори ємністю понад 1Ф;
- високий максимально припустимий струм пульсації;
- висока надійність.

К73-17 - захищені ізолювані конденсатори постійної ємності призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та пульсуючого струму. Характеризуються високим опором ізоляції та відносно високою температурною стабільністю параметрів. Конструкція: окуплені епоксидним компаундом, мають одностороннє розташування виводів для друкарського монтажу.

4.2 Розробка конструкції пристрою

Об'єм пристрою повинен бути мінімальним, а коефіцієнт заповнення - максимальним. Крім цього конструкція повинна мати достатню механічну міцність, мати захист від дестабілізуючих факторів. Пристрій тестування блоку живлення ПК, що розробляється, повинен бути ремонтпридатними і забезпечувати зручності експлуатації.

Основні параметри елементної бази пристрою тестування блоку живлення наведено в таблиці 6.

Таблиця 6 - Основні конструктивні параметри елементної бази

Найменування елемента	Кількість	Варіант встановлення	Установча площа одного елемента,мм ²	Загальна площа,мм ²
Мікросхеми:				
LM3914	4	VIII-a	528	528
K155JA3	1	VIII-a	146.25	146.25
Резистори:				
МЛТ-0,125	16	II-a	22	330
ПЕВ-20	1	II-a	907.5	907.5
PVS1	4		44.8	179
Конденсатори:				
K50-6	1	II-в	19.62	19.62
K73-17	3	II-в	8	24
Транзистори:				
КТ805АМ	1	II-в	49	49
IRFZ44N	4	II-в	49	147
Гвинтова клема:				
DG 333 К -3.5-03 Р -12-00 А (Н)	4	II-в	48.75	195
Для світлодіода:				
КВПД 21	42	II-в	28.27	1187
Для тактової кнопки:				
FSM8JH	1	II-в	36	36

4.2.1 Визначення габаритних розмірів плат. Габарити першої друкованої плати визначаються, виходячи з сумарної площі, яку займають елементи.

Площа, займана одним елементом (конденсатором чи мікросхемою), визначається за такою формулою:

$$S = B \cdot L \quad (6)$$

де B і L - габаритні (настановні) розміри елемента, мм.

Для мікросхем:

$$LM3914: S_{M/CX} = (22 \cdot 6) \cdot 4 = 528 \text{ мм}^2$$

$$K155ЛА3: S_{M/CX} = 19.5 \cdot 7.5 = 146.25 \text{ мм}^2$$

Для конденсатора:

$$K50-6-5 \text{ мкФ}: S_K = 2.5^2 \cdot 3.14 = 19.62 \text{ мм}^2$$

Площа, займана одним резистором (транзистором) визначається за такою формулою:

$$S = D \cdot L \quad (7)$$

де D - Габаритний розмір елемента, мм; L - довжина елемента, мм.

$$\text{Для резисторів МЛТ-0.125: } S_p = 15 \cdot (2,2 \cdot 10) = 330 \text{ мм}^2$$

$$\text{Для резисторів PVS1: } S_p = 4 \cdot (6.4 \cdot 7) = 179 \text{ мм}^2$$

Площа, яку займає один клемник, визначається за формулою:

$$S = B \cdot A \quad (8)$$

де B - габаритний розмір елемента, мм; A - довжина елемента, мм.

Для гвинтового клемника DG333K-3.5-03P-12-00A(H):

$$S_p = 4 \cdot (7.5 \cdot 6.5) = 195 \text{ мм}^2$$

Визначимо загальну площу, яку займають всі ЕРЕ на друкованій платі:

$$S = \sum_{i=1}^N (S_i \cdot N),$$

де N - кількість ЕРЕ одного типу, що встановлюються на друковану плату.

$$S = 528 + 146.25 + 19.62 + 330 + 179 + 195 = 1727.87 \text{ мм}^2$$

З урахуванням рекомендованого значення коефіцієнта заповнення площі друкованої плати для побутової РЕА, що дорівнює 0.6, отримаємо значення площі:

$$S_{\text{ПП}} = \frac{S}{0.6} = \frac{1727.87}{0.6} = 2879.33 \text{ мм}^2$$

За ДСТУ 10317-79 було обрано розмір - 60x100мм.

Для визначення обсягу друкованої плати необхідно знати її висоту, що визначається з урахуванням перевищення над площиною плати найвищого ЕРЕ плюс товщина основи ПП. Висота друкованої плати, що розглядається, дорівнює 21мм (висота конденсатора К50-6, рівна 12 мм, плюс товщина плати, рівна 1.5 мм, плюс сторона припаювання виводів, рівна 1.5). Отже:

$$V_{\text{ПП1}} = 60 \cdot 100 \cdot (12 + 1.5 + 1.5) = 90000 \text{ мм}^3$$

Габарити для другої друкованої плати світлодіодів визначаються за такою формулою:

$$S = B \cdot L \tag{9}$$

де B і L – габаритні (настановні) розміри елемента, мм.

$$\text{Для світлодіодів КВПД 21 : } S_3 = 42 \cdot (3^2 \cdot 3.14) = 1187 \text{ мм}^2$$

$$\text{Для підсторічних резисторів СА14NV5: } S_{\text{пр}} = 3 \cdot (14 \cdot 14) = 588 \text{ мм}^2$$

$$\text{Для конденсаторів К73-17: } S_{\text{к}} = 3 \cdot (2 \cdot 4) = 24 \text{ мм}^2$$

$$\text{Для тактової кнопки FSM8JH: } S_{\text{кн}} = 6 \cdot 6 = 36 \text{ мм}^2$$

Визначимо загальну площу, яку займають всі ЕРЕ на друкованій платі:

$$S = 1187 + 588 + 24 + 36 = 1835 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{ПП}} = \frac{S}{0.6} = \frac{1835}{0.6} = 3058 \text{ мм}^2$$

За ДСТУ 10317-79 був обраний розмір - 50x120 мм.

$$V_{\text{ПП2}} = 50 \cdot 120 \cdot (7 + 1.5 + 1.5) = 60000 \text{ мм}^3$$

Для вибору раціонального компоновання блоку використовують три параметри:

- наведена площа зовнішньої поверхні;
- коефіцієнт наведених площ;
- коефіцієнт заповнення обсягу.

Визначимо обсяги внутрішнього обладнання (внутрішні розміри):

- радіатори :

$$V_{\text{рад}} = 3 \cdot (85 \cdot 45 \cdot 40) + 30 \cdot 20 \cdot 3 = 460800 \text{ мм}^3$$

- навантажувальний резистор - ПЕВ-20:

$$V_{\text{наг.р}} = 17^2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 45396 \text{ мм}^3$$

- вентилятор CF-128025 MS:

$$V_{\text{в}} = 80 \cdot 80 \cdot 15 = 96000 \text{ мм}^3$$

- текстоліт:

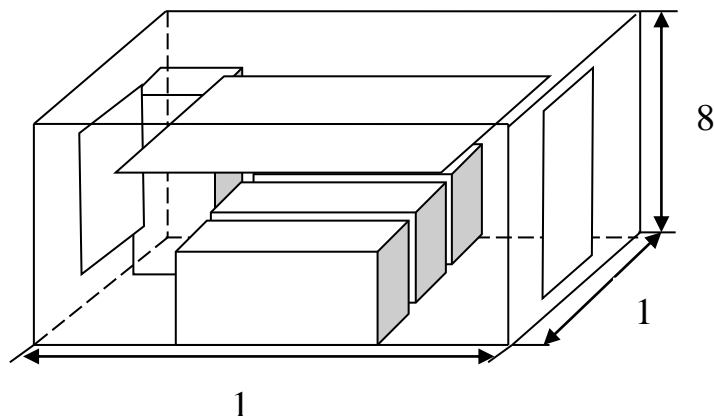
$$V_{\text{текс}} = 110 \cdot 114 \cdot 1.5 = 18810 \text{ мм}^3$$

- вимикач:

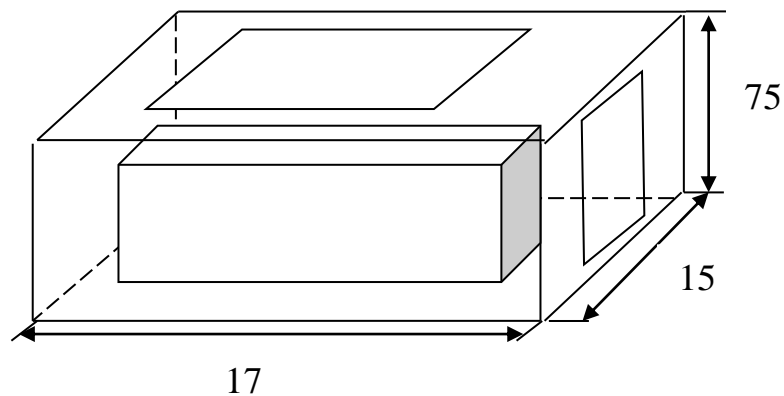
$$V_{\text{выкл}} = 13 + 8 + 8 = 29 \text{ мм}^3$$

4.2.2 Вибір попереднього варіанта компоунвання пристрою. Для забезпечення поставлених вимог розглянемо на цьому етапі два варіанти компоунвання проектованого пристрою, представлених на малюнку 20.

Варіант 1



Варіант 2



Малюнок 20 – Варіанти компоунвання блоків пристроїв

Для вибору компоновання пристрою для тестування блока живлення розглянемо два можливі варіанти. Варіанти відрізняються розташуванням радіаторів, друкованої плати, вентилятора та отворів.

З урахуванням цього та зазорів між друкованою платою, вентилятором, радіаторами та стінками корпусу, отримуємо габаритні розміри першого варіанту блоку:

довжина $A_1 = 150$ мм, ширина $B_1 = 140$ мм та висота $H_1 = 85$ мм. А в другому варіанті з урахуванням того, що вентилятор розташований зверху і радіатори розташовані вздовж, отримуємо габаритні розміри другого блоку : довжина $A_2 = 170$ мм, ширина $B_2 = 150$ мм і висота $H_2 = 75$ мм.

Порівняємо вибрані варіанти компоновання блоку.

1) Визначимо повний обсяг першого та другого варіантів компоновання блоку.

$$V_1 = A_1 \cdot B_1 \cdot H_1 = 150 \cdot 140 \cdot 85 = 1785000 \text{ мм}^3 \quad (10)$$

$$V_2 = A_2 \cdot B_2 \cdot H_2 = 170 \cdot 150 \cdot 75 = 1912500 \text{ мм}^3 \quad (11)$$

Площі зовнішньої поверхонь блоків:

$$S_1 = 2 \cdot (A_1 \cdot B_1 + B_1 \cdot H_1 + H_1 \cdot A_1) = \\ = 2 \cdot (150 \cdot 140 + 140 \cdot 85 + 85 \cdot 150) = 91300 \text{ мм}^2 \quad (12)$$

$$S_2 = 2 \cdot (A_2 \cdot B_2 + B_2 \cdot H_2 + H_2 \cdot A_2) = \\ = 2 \cdot (170 \cdot 150 + 150 \cdot 75 + 75 \cdot 170) = 99000 \text{ мм}^2 \quad (13)$$

Наведені площі зовнішньої поверхні:

$$S_{\text{пр1}} = \frac{S_1}{V_1} = \frac{91300}{1785000} = 0.0511 \text{ мм}^{-1} \quad (14)$$

$$S_{\text{пр2}} = \frac{S_2}{V_2} = \frac{99000}{1912500} = 0.052 \text{ мм}^{-1} \quad (15)$$

2) Коефіцієнт наведених площ визначається за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = \frac{S_{\text{пр}}}{S_{\text{пр.ш}}} \quad (16)$$

де $S_{\text{пр.ш}}$ - наведена площа кулі

$$S_{\text{пр.ш}} = \frac{S}{V} = \frac{\pi d^2 \cdot 6}{\pi d^3} = \frac{6}{d}$$

де d – діаметр кулі, мм

Діаметр d визначимо з рівновеликості об'ємів блоку, виконаного у формі прямокутного паралелепіпеда та блоку, виконаного у формі кулі, тобто:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{6V_1}{\pi}} = \sqrt[3]{6 \cdot \frac{1785000}{3.14}} = 151.5 \text{ мм} (17)$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{6V_2}{\pi}} = \sqrt[3]{6 \cdot \frac{1912500}{3.14}} = 154 \text{ мм} (18)$$

Отже:

$$S_{\text{пр.ш1}} = \frac{6}{150.5} = 0,039 \text{ мм}^{-1}$$

$$S_{\text{пр.ш2}} = \frac{6}{154} = 0,038 \text{ мм}^{-1}$$

Таким чином коефіцієнт наведених площ дорівнює:

$$K_{\text{пр1}} = \frac{0.0511}{0,039} = 1.31$$

$$K_{\text{пр2}} = \frac{0.052}{0,038} = 1.36$$

$$\frac{K_{\text{пр1}}}{K_{\text{пр2}}} = 0,99 < 1$$

Це означає, що найкращим варіантом площі зовнішньої поверхні є 1 варіант блоку.

3) Для визначення коефіцієнтів заповнення обсягу визначимо обсяг, займаний апаратурою:

$$V_A = V_{\text{пп1}} + V_{\text{пп2}} + V_{\text{рад}} + V_{\text{наг.р}} + V_{\text{в}} + V_{\text{текс}} + V_{\text{выкл}} = 771035 \text{ мм}^3 (19)$$

Коефіцієнт заповнення об'єму для першого та другого варіантів компонування блоку, %:

$$K_{\text{зо}} = \frac{V_A}{V} \cdot 100\% \tag{20}$$

$$K_{\text{зо1}} = \frac{771035}{1785000} \cdot 100\% = 43.2\%$$

$$K_{\text{зо2}} = \frac{771035}{1912500} \cdot 100\% = 40.3\%$$

Коефіцієнт заповнення обсягу першого варіанта компоновання блоку більше, ніж другого варіанта. Отже, у першому випадку обсяг використовується більш ефективно.

Таким чином, за результатами розрахунку основних компоувальних характеристик блоків, вибираємо перший варіант компоновання (малюнок 20, варіант 1), так як його обсяг використовується найбільш ефективно. Цей варіант є вихідним для подальшої розробки конструкції.

4.3 Конструктивно-технологічний розрахунок

У друкованих платах застосовуються монтажні металізовані отвори для установки ЕРЕ та перехідні металізовані отвори для створення електричних зв'язків між шарами. Діаметр монтажного отвору повинен бути більшим за виводи навісних елементів на величину, що задовольняє умовам паяння та автоматизованого складання осередків./26/

4.3.1 Номінальне значення діаметрів монтажних отворів
Д :

$$D = D_{\text{вив}} + |\Delta d_{\text{н.о.}}| + \Delta_3, \quad (21)$$

де $D_{\text{вив}}$ – діаметр виведення встановлюваного ЕРЕ, мм;

$\Delta d_{\text{н.о.}}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметра монтажного отвору, мм;

Δ_3 – різниця між мінімальним діаметром ЕРЕ, її вибирають у межах $0.1 \div 0.4$ мм, приймаємо $\Delta_3 = 0.1$ мм.

Отвори для виводів мікросхем та перехідні отвори, при $D_{\text{вив}} = 0.5$ мм:

$$D_1 = 0.5 + 0.1 + 0.1 = 0.7 \text{ мм}$$

Отвори для виводів резисторів МЛТ-0.125, конденсаторів К73-17 і К50-6, при $D_{\text{вив}} = 0.6$ мм:

$$D_2 = 0.6 + 0.1 + 0.1 = 0.8 \text{ мм}$$

Отвори для виводів підстроювального резистора СА14NV5 при $D_{\text{вив}} = 0.95$ мм:

$$D_3 = 0.95 + 0.15 + 0.1 = 1.2 \text{ мм}$$

Отвори для виводів підстроювального резистора PVS1 при $D_{\text{вив}} = 0.6$ мм:

$$D_4 = 0.6 + 0.15 + 0.1 = 0.8 \text{ мм}$$

Отвори для виводів світлодіодів КВПД-21 при $D_{\text{вив}} = 0.59$ мм:

$$D_5 = 0.59 + 0.1 + 0.1 = 0.79 \text{ мм}$$

Отвори для виводів тактової кнопки FSM8JH при $D_{\text{вив}} = 0.8$ мм:

$$D_6 = 0.8 + 0.1 + 0.1 = 1 \text{ мм}$$

Отвори для виводів гвинтового клемника DG333K-3.5-03P-12-00A(H):

при $D_{\text{вив}} = 1.3$ мм:

$$D_7 = 1.3 + 0.1 + 0.1 = 1.5 \text{ мм}$$

Враховуючи всі розрахунки, з переважного ряду вибираємо отвори з діаметрами: 0.7, 0.8, 1.2, 1, 1.5.

4.3.2 Мінімальний діаметр металізованого перехідного отвору. Для максимального ущільнення монтажу діаметр перехідних отворів вибирається найменшим, але у зв'язку з обмеженою здатністю електролітів, що розсіює, при гальванічній металізації необхідно витримувати граничне співвідношення між мінімальним діаметром металізованого отвору і товщиною плати.

$$D_{\text{M min}} \geq H_{\text{рас}} \cdot v, \quad (22)$$

де $H_{\text{рас}} = 1.5$ мм – розрахункова товщина плати;

$v = 0.33$ – відношення діаметра отвору до товщини пластини;

$$D_{\text{M min}} = 1.5 \cdot 0.33 = 0.495 \text{ мм}$$

Діаметр перехідного отвору дорівнює половині товщині ПП (товщина ПП=1.5 мм), отже діаметр дорівнює 0.75мм розрахований діаметр отвору вибираємо з кращого ряду і приймаємо рівним 0.8 мм.

4.3.3 Розрахунок діаметрів контактних майданчиків.

Максимальний діаметр просвердленого отвору:

$$D_{\text{o max}} = D_{\text{o}} + \Delta D + (0.1 \div 0.15), \quad (23)$$

де ΔD - допуск свердління,

D_{o} – номінальний діаметр металізованого отвору: $D_{01} = 0.7$ мм, $D_{02} = 0.8$ мм, $D_{03} = 1$ мм, $D_{04} = 1.2$ мм, $D_{05} = 1.5$ мм.

$$D_{0 \max 1} = 0.7 + 0.1 + 0.1 = 0.9 \text{ мм}$$

$$D_{0 \max 2} = 0.8 + 0.1 + 0.1 = 1 \text{ мм}$$

$$D_{0 \max 3} = 1 + 0.15 + 0.1 = 1.25 \text{ мм}$$

$$D_{0 \max 4} = 1.2 + 0.15 + 0.1 = 1.45 \text{ мм}$$

$$D_{0 \max 5} = 1.5 + 0.15 + 0.1 = 1.75 \text{ мм}$$

Мінімальний діаметр контактної майданчика для оплавленого покриття олово-свинець:

$$D_{1 \min} = 2 \cdot (b_m + \frac{D_{0 \max}}{2} + \delta_d + \delta_p) + 1.5 \cdot h_{\Gamma}, (24)$$

де b_m - відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної майданчика (гарантійний пояс), мм;

δ_d, δ_p - допуски на розташування отворів та контактних майданчиків для ПП ширина яких до 180 мм та 4 класи точності: $\delta_{\text{отв}}=0.05 \text{ мм}, \delta_{\text{кт}}=0.15 \text{ мм}$;

$D_{0 \max}$ - максимальний діаметр просвердленого отвору;

h_{Γ} - товщина гальванічної міді, що дорівнює 0.05 мм.

$$D_{1 \min 1} = 2 \cdot (0.05 + \frac{0.9}{2} + 0.05 + 0.15) + 1.5 \cdot 0.05 = 1.275 \approx 1.28 \text{ мм}$$

$$D_{1 \min 2} = 2 \cdot (0.05 + \frac{1}{2} + 0.05 + 0.15) + 1.5 \cdot 0.05 = 1.575 \approx 1.58 \text{ мм}$$

$$D_{1 \min 3} = 2 \cdot (0.05 + \frac{1.25}{2} + 0.05 + 0.15) + 1.5 \cdot 0.05 = 1.825 \approx 1.83 \text{ мм}$$

$$D_{1 \min 4} = 2 \cdot (0.05 + \frac{1.45}{2} + 0.05 + 0.15) + 1.5 \cdot 0.05 = 2.025 \approx 2.03 \text{ мм}$$

$$D_{1 \min 5} = 2 \cdot (0.05 + \frac{1.75}{2} + 0.05 + 0.15) + 1.5 \cdot 0.05 = 2.325 \approx 2.33 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної майданчика:

$$D_{\max} = D_{1 \min} + (0.02 \div 0.06)$$

$$D_{\max 1} = 1.28 + 0.02 = 1.3 \text{ мм}$$

$$D_{\max 2} = 1.58 + 0.02 = 1.6 \text{ мм}$$

$$D_{\max 3} = 1.83 + 0.02 = 1.85 \text{ мм}$$

$$D_{\max 4} = 2.03 + 0.02 = 2.05 \text{ мм}$$

$$D_{\max 5} = 2.33 + 0.02 = 2.35 \text{ мм}$$

З переважного ряду вибираємо діаметри рівні: 1.3мм; 1.6мм; 1.8 мм; 2мм; 2,4 мм.

Таблиця 7 - Результати розрахунку діаметрів плати

ЕРЕ	Д _{вив} , мм	Д _о , мм	Д _{опр} , мм	Д _{оmax} , мм	Д _{1min} , мм	Д _{maxКП} мм
1	2	3	4	5	6	9
DD1-DD5	0.5	0.7	0.7	0.9	1.28	1.3
R1-R3, R1, R3, R8-R12, R14-R16, R18, R19, R23	0.6	0.8	0.8	1	1.58	1.6
C1-C4	0.6	0.8				
R4, R7, R13, R17	0.6	0.8				
HL1-HL42	0.59	0.79				
SB1	0.8	1	1	1.25	1.83	1.8
R20-R22	0.95	1.2	1.2	1.45	2.03	2
XT1	1.3	1.5	1.5	1.75	2.33	2.4

4.3.4 Розрахунок ширини провідників. Мінімальна ширина провідника для ДПП:

$$t_{\min} = t_{1\min} + 1.5h\Gamma + \Delta t, \quad (25)$$

де $t_{1\min}$ - мінімальне значення номінальної ширини провідника, що дорівнює 0.15 мм для 4 класу точності;

Δt – допуск на ширину провідника, для 4 класу точності дорівнює 0.03 мм.

$$t_{\min} = 0.15 + 1.5 \cdot 0.05 + 0.03 = 0.255 \text{ мм}$$

Максимальна ширина провідника для ДПП

$$t_{\max} = t_{\min} + (0.02 \div 0.06) = 0.255 + 0.02 = 0.275 \approx 0.3 \text{ мм} \quad (26)$$

4.3.5 Мінімальний зазор між елементами малюнка, що проводить. Мінімальна відстань між провідником та контактним майданчиком:

$$S_{1\min} = L_{\text{э}} - \left[\left(\frac{D_{\max}}{2} + \delta_p \right) + \left(\frac{t_{\max}}{2} + \delta_l \right) \right], \quad (27)$$

де $L_{\text{э}}$ - відстань між центрами аналізованих елементів, мм; $L_E = 1.25$;

δ_l - допуск на розташування провідників, мм;

D_{\max} - максимальний діаметр контактної майданчика, мм;

t_{\max} - максимальна ширина провідника, мм;

δ_p - допуск на розташування контактної майданчика для ДПП завширшки менше 180 мм і 4 класу точності 0.03 мм.

$$S_{1\min1} = 1.25 - \left[\left(\frac{1.3}{2} + 0.15 \right) + \left(\frac{0.3}{2} + 0.03 \right) \right] = 0.27 \text{ мм}$$

$$S_{1\min2} = 1.25 - \left[\left(\frac{1.6}{2} + 0.15 \right) + \left(\frac{0.3}{2} + 0.03 \right) \right] = 0.12 \text{ мм}$$

$$S_{1\min3} = 1.25 - \left[\left(\frac{1.8}{2} + 0.15 \right) + \left(\frac{0.3}{2} + 0.03 \right) \right] = 0.02 \text{ мм}$$

$$S_{1\min4} = 1.25 - \left[\left(\frac{2}{2} + 0.15 \right) + \left(\frac{0.3}{2} + 0.03 \right) \right] = -0.08 \text{ мм}$$

Отримані негативні значення свідчать про відсутність зазорів між елементами, що розглядаються. Збільшимо відстань L_E на крок координатної сітки:

$$S_{1\min4} = 2.5 - \left[\left(\frac{2}{2} + 0.15 \right) + \left(\frac{0.3}{2} + 0.03 \right) \right] = 1.17 \text{ мм}$$

$$S_{1\min5} = 2.5 - \left[\left(\frac{2.4}{2} + 0.15 \right) + \left(\frac{0.3}{2} + 0.03 \right) \right] = 0.97 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{2\min} = L_{\text{э}} - [t_{\max} + 2\delta_p] = 1.25 - (0.3 + 2 \cdot 0.03) = 0.89 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома контактними майданчиками:

$$S_{3\min} = L_{\text{э}} - [D_{\max} + 2\delta_p] \quad (28)$$

Для двох близько розташованих отворів $L_E = 2.5$

$$S_{3\min1} = 2.5 - (1.3 + 2 \cdot 0.15) = 0.9 \text{ мм}$$

$$S_{3\min2} = 2.5 - (1.6 + 2 \cdot 0.15) = 0.6 \text{ мм}$$

$$S_{3\min3} = 2.5 - (1.8 + 2 \cdot 0.15) = 0.4 \text{ мм}$$

$$S_{3\min4} = 2.5 - (2 + 2 \cdot 0.15) = 0.2 \text{ мм}$$

$$S_{3\min5} = 2.5 - (2.4 + 2 \cdot 0.15) = -0.2 \text{ мм}$$

Збільшимо відстань L_E на крок координатної сітки:

$$S_{3 \min 5} = 3.75 - (2.4 + 2 \cdot 0.15) = 1.05 \text{ мм}$$

Таким чином, проведений розрахунок елементів провідного малюнка дозволяє виконати трасування друкованої плати. Трасування друкованої плати виконано відповідно до здійснених розрахунків. Результати розрахунку показують, що відстані між елементами провідного малюнка більші за мінімально допустимі.

4.4 Вибір способів забезпечення нормального теплового режиму пристрою

Тепловий режим блоку характеризується сукупністю температур окремих точок. Метою розрахунку є визначення нагрітої зони модуля та середовища поблизу поверхні РЕ.

Тому при розрахунку теплових режимів модулів використовують приблизні методи аналізу та розрахунку.

Конструкцію РЕА замінюємо її фізичною тепловою моделлю, в якій нагріта зона представляється у вигляді паралелепіпеда, що має середньоповерхневу температуру t_0 і теплову потужність, що розсіюється P_0 . Залежно від орієнтації модулів 1-го рівня розрізняють три групи конструкцій за характером в них теплообміну. На малюнку 26 наведена залежність між перепадом температур Δt_k і тепловою потужністю, що виділяється, для блоків різних конструкцій.

Визначимо умовну поверхню нагрітої зони S_3 , м^2 для повітряного охолодження:

$$S_3 = 2 \cdot (A \cdot B + (A + B) \cdot H \cdot K_{30}) \quad (29)$$

де A , B , H - геометричні розміри блоку ($A = 0.14$ м; $B = 0.15$ м; $H = 0.085$ м);

K_{30} - коефіцієнт заповнення обсягу ($K_{30} = 0.432$).

Тоді отримаємо:

$$S_3 = 2 \cdot (0.14 \cdot 0.15 + (0.14 + 0.15) \cdot 0.085 \cdot 0.432)_{0.081} \text{ м}^2$$

Визначимо питому потужність нагрітої зони q_3 Вт/м, як кількість теплоти, що розсіюється з одиниці площі:

$$q_3 = \frac{Q}{S_3}, \quad (30)$$

де Q - потужність, що розсіюється блоком, Вт, що обчислюється за формулою:

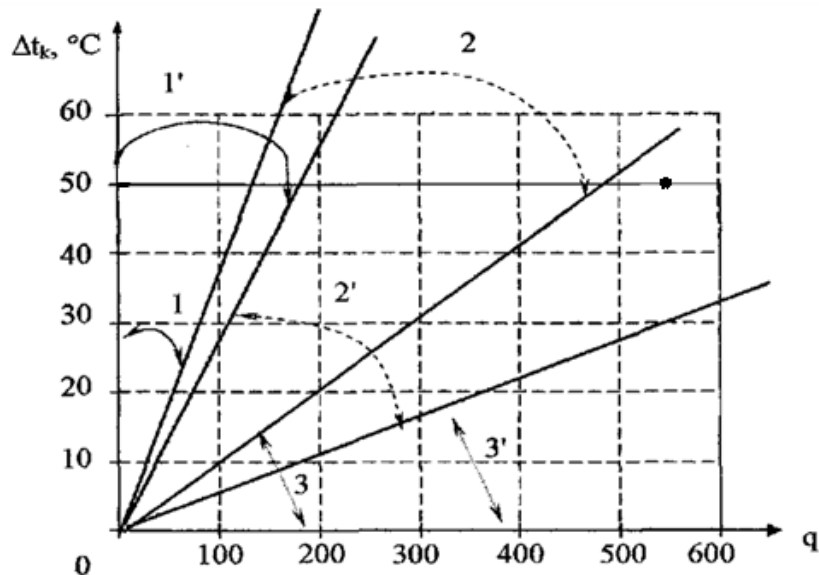
$$Q = I_{\max} \cdot U, (31)$$

де I_{\max} - максимальний споживаний струм для ланцюга живлення з напругою живлення $U = 12$; $I_{\max} = 10$ А.

Тоді отримаємо:

$$Q = 12 \cdot 10 = 120 \text{ Вт}$$

$$q_3 = \frac{120}{0.081} = 1353 \text{ Вт/м}^2$$



Малюнок 21 – Діаграма вибору необхідного способу охолодження приладу

На малюнку 21 цифрами позначені такі зони:

1, 2, 3 - для вертикального розташування блоків;

1', 2', 3' - для горизонтального розташування блоків;

1-1' - без вентиляції;

2-2' – природна вентиляція;

3-3' – примусова вентиляція.

Δt_k - перепад температур, °С;

Q – питома потужність, що розсіюється, Вт/м .

Температура зони не повинна досягати максимального значення робочої температури елементів (п.3.3). Якщо пристрій працює в неперевантаженому режимі, температура зони повинна бути менша або дорівнює $T_3 = 70^\circ\text{C}$. Нормальна температура навколишнього середовища, при якій функціонує пристрій, дорівнює $T_c = 20^\circ\text{C}$. Тоді перепад температур Δt_k визначатиметься за формулою:

$$\Delta t_k = T_3 - T_c = 70 - 20 = 50^\circ\text{C} \quad (32)$$

Спосіб вентиляції пристрою, що розробляється, можна визначити за графіком теплового навантаження блоків різної конструкції (малюнок 21). Враховуючи, що в проектуваному пристрої модуль розташований горизонтально, отримуємо, що прилад відноситься до зони 3, отже, пристрій не потребує вентиляції. За результатами розрахунку робимо висновок, що конструкція регулятора-стабілізатора частоти обертання колекторного двигуна, що розробляється, забезпечує нормальний тепловий режим роботи без забезпечення примусової вентиляції.

5. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ

Постійне ускладнення схем необхідність забезпечення їхньої безперебійної роботи – основна причина підвищення уваги до проблеми надійності приладів та засобів автоматизації. Розвиток техніки потребує постійного підвищення надійності та довговічності виробів. Забезпечення необхідного рівня надійності виробу задається при його розробці та підвищується шляхом розвитку наукових засад проектування, особливо на основі теорії оптимізації та вдосконалення методів виготовлення та експлуатації.

Надійність - властивість об'єкта виконувати необхідні функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники протягом заданого часу. Надійність є комплексною властивістю, що поєднує в собі поняття працездатності, безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та безпеки.

Працездатність - є стан об'єкта, при якому він здатний виконувати свої функції.

Безвідмовність – властивість об'єкта зберігати свою працездатність протягом певного часу. Подія, що порушує працездатність об'єктів, називається відмовою. Відмова, що самоусувається, називається збоєм.

Довговічність - властивість об'єкта зберігати свою працездатність до граничного стану, коли його експлуатація стає неможливою з технічних, економічних причин, умов техніки безпеки чи необхідності капітального ремонту.

Ремонтпридатність - визначає пристосованість об'єкта до запобігання та виявлення несправностей та відмов та усунення їх шляхом проведення ремонтів та технічного обслуговування.

Збереженість - властивість об'єкта безперервно підтримувати свою працездатність протягом та після зберігання та технічного обслуговування.

Основними якісними показниками надійності є ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов і середнє напрацювання вщерть.

Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ є ймовірністю того, що у межах зазначеного періоду часу t відмова об'єкта не виникне. Цей показник

визначається ставленням числа елементів об'єкта, які безвідмовно пропрацювали до моменту часу t , до загального числа елементів об'єкта, працездатних у початковий момент.

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (33)$$

де λ - інтенсивність відмов;

e – основа натуральних логарифмів;

t – час безвідмовної роботи виробу.

Відмова та безвідмовна робота є подіями несумісними та протилежними, тому:

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (34)$$

Середнє напрацювання до першої відмови пов'язане з інтенсивністю відмов таким співвідношенням:

$$T = \frac{1}{\lambda} \quad (35)$$

Остаточний розрахунок дозволяє визначити кількісні характеристики надійності виробу з урахуванням всіх факторів, що впливають.

Для спрощення розрахунку приймаються два припущення:

- у схемі використовується основне з'єднання елементів, тобто відмова виробу настає тоді, коли відмовить хоча б один елемент;

- відмови носять випадковий та незалежний характер.

В цьому випадку інтенсивність відмов може бути визначена за формулою:

$$\lambda = k_{\lambda} \cdot \sum_{i=1}^n a_i \cdot \lambda_{oi} \cdot n_i, \quad (36)$$

де k_{λ} – поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації;

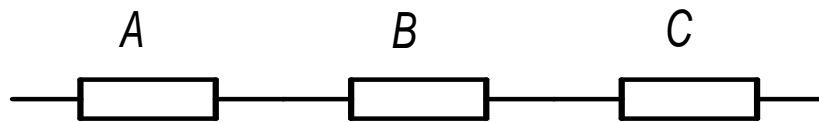
a_i – поправочний коефіцієнт, що враховує режим роботи елемента та температуру всередині блоку;

λ_{oi} – інтенсивність відмови елемента, що працює в номінальному режимі за нормальних умов експлуатації, наводиться у відповідних довідниках;

n_i – кількість однотипних елементів, що працюють в однакових режимах при однакових температурах.

При розрахунку надійності доцільно дотримуватись певного порядку. Елементи складних систем нерівноцінні з погляду надійності, тому, розпочинаючи розрахунок, необхідно чітко сформулювати поняття відмови. При розрахунку надійності враховуються ті елементи, відмова яких призводить до відмови всієї системи. При складанні схеми розрахунку необхідно прагнути, щоб її елементами були конструктивно оформлені блоки.

Якщо окремі частини системи або елементи, що входять до блоків, працюють неодноразово, їх доцільно поєднувати в групи за часом їх роботи та утворювати з цих груп відповідні елементи розрахунку. При цьому вважається, що інтенсивність відмов вимкнених елементів дорівнює нулю, а старіння елементів у вказаному режимі відсутнє./16/



A-вимірювальний блок, B-регулюючий блок, C-навантажувальний блок

Малюнок 22 – Логічна схема пристрою тестування блоку живлення.

У таблиці 8 наведено інтенсивність відмов $\lambda(t)$ деяких елементів.

Таблиця 8 – інтенсивність відмов $\lambda(t)$

НАЗВАНО і тип елемента_	Кількість, шт.	Інтенсивність відмовно мін. $\lambda_{oi} 10^{-6}$ 1/год	Режим роботи		Поправочний коеф. a_i	Інтенсивність відмов дійсна	
			K_n	темп, про 3		$a_i \lambda_{oi} 10^{-6}$ 1/год	$a_i \lambda_{oi} n_i 10^{-6}$ 1/год
1	2	3	4	5	6	7	8
Резистори	15	0.05	0.4	30	1.050	0.053	0.788
Змінні резистори	7	0.3	0.5	30	0.140	0.042	0.294
Транзистори польові	4	0.02	0.8	100	0.513	0.0102	0.041
Транзистор біполярний	1	0.15 _	0.6	60	1.000	0.15 _	0.15 _
Конденсатор	4	0.24 _	0.4	30	0.400	0.096	0.384

1	2	3	4	5	6	7	8
Мікросхеми	5	0.05	0.6	30	0.747	0.037	0.187
Світлодіоди	40	1.8	0.3	30	0.460	0.828	33.12
Кнопка	1	0.01	-	30	0.030	0.0003	0.0003
Пайка	183	0.004	1	40	1	0.732	0.732
Разом							35.7

Так як пристрій розроблено, в основному, для лабораторії, то поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації, дорівнюватиме $\lambda = 1$.

Виходячи з формули 36 інтенсивність відмов всього пристрою дорівнюватиме:

$$\lambda = 1.0 \cdot 35.7 \cdot 10^{-6} = 35.7 \cdot 10^{-6}$$

При λ менше 0.1 ймовірність безвідмовної роботи з достатнім ступенем точності може бути розрахована за формулою:

$$P(t) = 1 - \lambda \cdot t$$

Знаючи величину інтенсивності відмов, можна визначити час безвідмовної роботи пристрою:

$$T = \frac{1}{0.0000357} = 28011.2 \text{ годин}$$

Таким чином, час напрацювання на відмову даного пристрою становить 28 011.2 годин.

Для побудови графіка залежності ймовірності безвідмовної роботи час від часу розраховується значення ймовірності безвідмовної роботи за формулою 33.

Результати розрахунків занесено до таблиці 9.

Таблиця 9 - Можливість безвідмовної роботи $P(t)$

t, год	0	$1 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$15 \cdot 10^3$	$20 \cdot 10^3$	$30 \cdot 10^3$	$40 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	$60 \cdot 10^3$
$-\lambda \cdot t$	0	0.0357	0.1785	0.357	0.5355	0.714	1.071	1.428	1.785	2.142
P(t)	1	0.9651	0.8869	0.7405	0.6043	0.4781	0.3437	0.2408	0.1687	0.0581

За результатами розрахунку побудуємо графік $P(t)$, причому, ймовірність

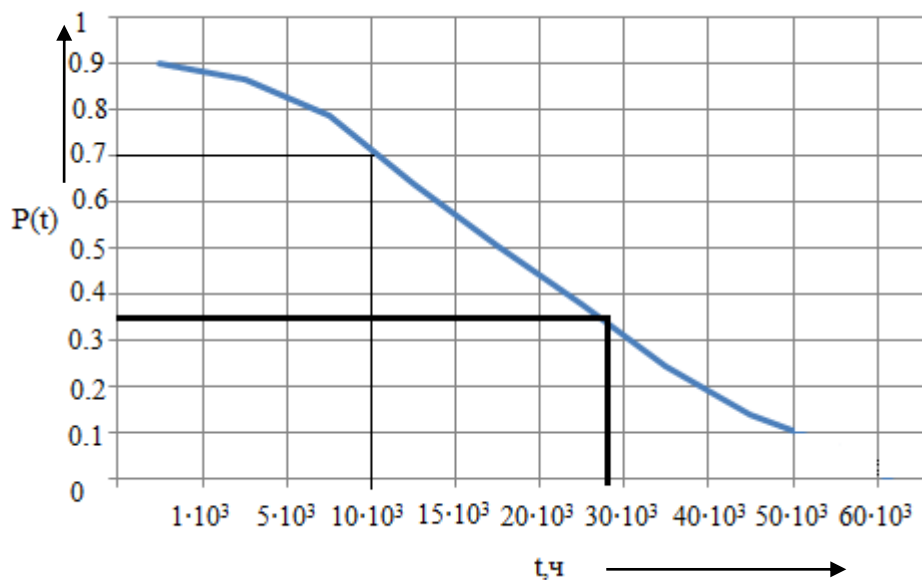
безвідмовної роботи відкладається в лінійному масштабі, а час – у логарифмічному.

Таким чином, ймовірність безвідмовної роботи стенду за 28011.2 години становить:

$$P(28011.2) = e^{-0.9998} = 0.369$$

Гарантійний термін служби виробу визначається лише на рівні 0.7. При цьому $P(t)$ пристрою дорівнюватиме 0.369. Звідси гарантійний термін служби дорівнюватиме:

$$t_r = \frac{0.369}{\lambda} = \frac{0.369}{0.0000357} = 10346.6 \text{ годин} \approx 1 \text{ рік}$$



Малюнок 23 – Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи пристрою тестування блоку живлення персонального комп'ютера від часу експлуатації

6. ІНЖЕНЕРНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Цей стенд призначений для перевірки та тестування блоку живлення персональних комп'ютерів, що дозволяє наочно ознайомитися з роботою пристрою та його елементів .

Для своєчасного діагностування несправностей чи відхилення характеристик БЖ від номінальних значень необхідне спеціалізоване устаткування – стенди тестування блоків живлення. Стенд дозволяє подавати на кожен з чотирьох каналів БЖ (плюс 3.3В, плюс 5В плюс, 5BSb, плюс 12 В) необхідне навантаження і простежити за відхиленням вихідних напруг БЖ.

В основній частині тестування для кожного БЖ буде приблизно розрахований ряд струмів відповідно до максимальної потужності, у зв'язку з тим, що в сучасних системах на лінію 12В припадає велике навантаження, і з часом вона має тенденцію лише зростати, а також враховуючи той факт, що максимальні струми, зазначені виробником, не призначені для одночасного навантаження всіх каналів.

Розрахунок максимальних значень струмів для тестування проводитиметься за такими принципами:

- струм по лінії 12В - максимальний;
- струми лініями 3.3В і 5В у пропорції, приблизно, 1:1;
- сумарна потужність ліній 3.3В і 5В обчислюється відніманням з

максимальної потужності БЖ добутку максимального струму по лінії 12В, власне, напруга по даній лінії. Простіше кажучи, з максимальної вихідної потужності БЖ віднімається максимально допустима потужність каналом 12В, залишок ділиться на канали 3.3В і 5В у зазначеній пропорції.

Для підключення блоку живлення до стенду є один 24-контактний роз'єм АТХ. Апаратна частина установки базується на 4-канальних вольтметрах LM3914, до виходів якого підключені потужні польові транзистори IRF N64N, встановлені на радіатори з примусовим повітряним охолодженням.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Опис продукту

Відносна простота та компактність конструкцій пристрою тестування блоку живлення дозволяє навіть без вимірювальних приладів, моментально оцінити працездатність будь-якого блоку живлення комп'ютера, не виймаючи його із системного блоку . Зі зростанням рівня автоматизації і функціональним ускладненням апаратури, з підвищенням щільності компонування збільшується кількість електронних пристроїв, що застосовуються. До електронних пристроїв та їх виконавчих елементів пред'являються дедалі вищі конструктивно-технологічні, економічні та експлуатаційні вимоги.

Кожен блок живлення має декілька вихідних каналів з різною напругою і розрахований на певну довготривалу потужність на кожен з них. Пристрій, що розробляється, визначає наявність каналів з напругою плюс 5В, плюс 12В, плюс 3.3В і черговою напругою плюс 5В sb. І можна керувати навантаженням кожного каналу.

Метою виконання економічної частини дипломного проекту є проведення розрахунків визначення витрат за підготовку та проведення виробничого характеру.

7.2 Технічні характеристики розроблюваного пристрою

Необхідні технічні характеристики пристрою:

- число регулювання каналів - 3;
- маса пристрою – 2 кг;
- час регулювання до 1с;
- потужність до 300 Вт;
- діапазон вимірювань - 12В, 5В, 3.3В, 5В sb;
- імітатор роботи HDD.

7.3 Розрахунок собівартості та ринкової ціни пристрою

Таблиця 10 - Вартість елементної бази

№	Найменування	Марка	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	сума, грн
1	Мікросхема	LM3914	4	120	480
2	Мікросхема	K155ЛА3	1	15	15
3	Світлодіоди	КВПД-21	42	2	84
4	Конденсатор	K50-6	1	5	5
5	Конденсатор	K73-17	3	4	12
6	Резистор	ПЕВ-20 33Ом	1	20	20
7	Резистор	0.25Вт 1ком	1	2	2
8	Резистори	0.25 Вт 1.5кОм	2	2	4
9	Резистор	0.25 Вт 2.2 кОм	1	2	2
10	Резистори	0.25 Вт 3.9 кОм	4	2	8
11	Резистори	0.25 Вт 4.7 кОм	4	2	8
12	Резистори	0.25 Вт 10 ком	2	2	4
13	Резистор	0.25 Вт 12 ком	1	2	2
14	Підстроювальний резистор	PSV1-22 ком	1	15	15
15	Підстроювальні резистори	PSV1-100 ком	3	15	45
16	Змінні резистори	CA14NV-5 ком	3	18	54
17	Біполярний транзистор	K805AM	1	25	25
18	Польовий транзистор	IRFZ44N	3	45	135
19	Тактова кнопка	KLS7-TS6601	1	10	10
20	Вимикач	Рак-12	1	12	12
21	Клемники	DG33K-3.5-03P	4	5	20
22	Склотекстоліт	FR4400x300мм	1	300	300
23	Вентилятор	CF-128025MS	1	80	80
24	Роз'єм	АТХ-20	1	20	20
25	Дріт	Мідь, 1 м	1	5	5
26	Припій	Олово, 100 г	1	15	15
27	Розчин	FeCl ₃ , 50мл	1	10	10

28	Радіатори	85x45x40	3	20	60
Разом		-	-	-	1450

Розрахунок собівартості включає визначення вартості матеріалів і комплектуючих пристрою, а також оцінки вартості роботи з його монтажу.

Вартість матеріалів та комплектуючих, що входять у пристрій, наведена у таблиці 10.

Для розрахунку собівартості необхідно розрахувати вартість робіт з виготовлення пристроїв тестування блоку живлення.

Основна заробітна плата виготовлення пристрою:

$$Z_o = \frac{M \cdot Y_{zo}}{Y_{ob}}, \quad (37)$$

де Y_{zo} - питома вага основної заробітної плати у собівартості аналогічних виробів, %;

Y_{ib} - питома вага витрат за основні та допоміжні матеріали, %.

Розрахуємо основну заробітну плату за $Y_{zo}=30\%$, $Y_{ob}=20\%$.

$$Z_o = \frac{1450 \cdot 0.3}{0.2} = 2178 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата, що включає оплату відпусток, скорочень робочого дня і так далі:

$$Z_d = \frac{Z_o \cdot H_d}{100}, \quad (38)$$

де H_d - норматив відрахувань на додаткову зарплатню, %.

Таким чином, при $H_d = 20\%$ отримаємо:

$$Z_d = \frac{2178 \cdot 20}{100} = 435.6 \text{ грн.}$$

Страхові платежі до соціальних фондів:

$$O_c = \frac{(Z_o + Z_d) \cdot H_c}{100}, \quad (39)$$

де H_c - норматив відрахувань на соціальне страхування, %.

Норматив $H_c = 30\%$ тоді відрахування:

$$O_c = \frac{(2178 + 435.6) \cdot 30}{100} = 784.08 \text{ грн.}$$

Цехові опосередковані витрати:

$$P_{ц} = \frac{Z_0 \cdot H_{ц}}{100}, \quad (40)$$

де $H_{ц}$ - норматив цехових витрат, %.

$H_{ц} = 120\%$, тоді цехові витрати:

$$P_{ц} = \frac{2178 \cdot 120}{100} = 2613.6 \text{ грн.}$$

Загальнозаводські непрямі витрати:

$$P_{з} = \frac{Z_0 \cdot H_{з}}{100}, \quad (41)$$

де $H_{з}$ - норматив заводських витрат, %.

При $H_{з} = 70\%$ загальнозаводські непрямі витрати:

$$P_{з} = \frac{2178 \cdot 70}{100} = 1524.6 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість виробленого пристрою:

$$C_з = M + Z + Z_д + O_з + P_{ц} + P_{з}, \quad (42)$$

$$C_з = 1450 + 2178 + 435.6 + 784.08 + 2613.6 + 1524.6 = 9132.24 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати:

$$P_{вн} = \frac{C_з \cdot H_{вн}}{100}, \quad (43)$$

де $H_{вн}$ - норматив позавиробничих витрат, %.

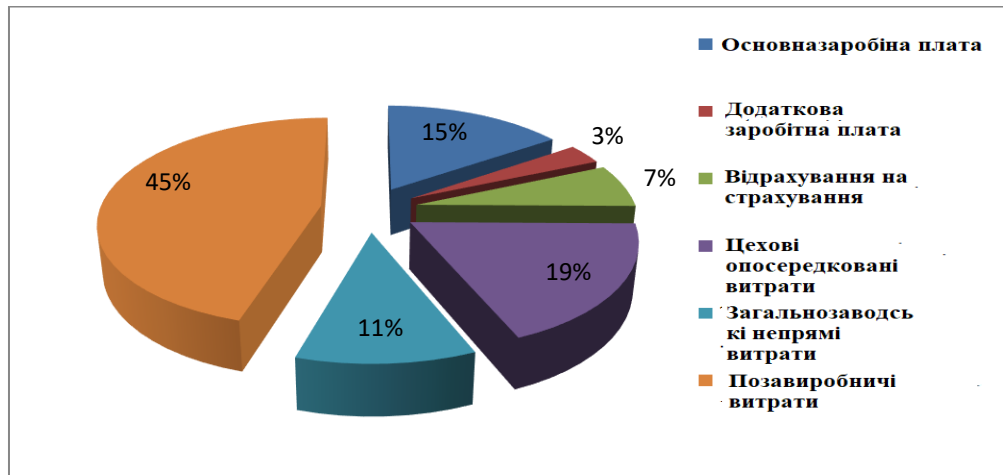
$H_{вн} = 5\%$, отримаємо:

$$P_{вн} = \frac{9132.24 \cdot 5}{100} = 456.612 \text{ грн.}$$

Повна комерційна собівартість виготовлення пристрою:

$$C_{п} = C_з + P_{вн} = 9132.24 + 456.612 = 9588.852 \text{ грн}$$

Діаграму, що показує частки витрат у собівартості пристрою тестування блоку живлення, наведено на наступному малюнку 24.



Малюнок 24 – Структура собівартості пристрою

Оптова ціна пристрою:

$$C_{\text{опт}} = 1.18 \cdot C_{\text{п}} \cdot \left(1 + \frac{P_{\text{п}}}{100}\right), \quad (44)$$

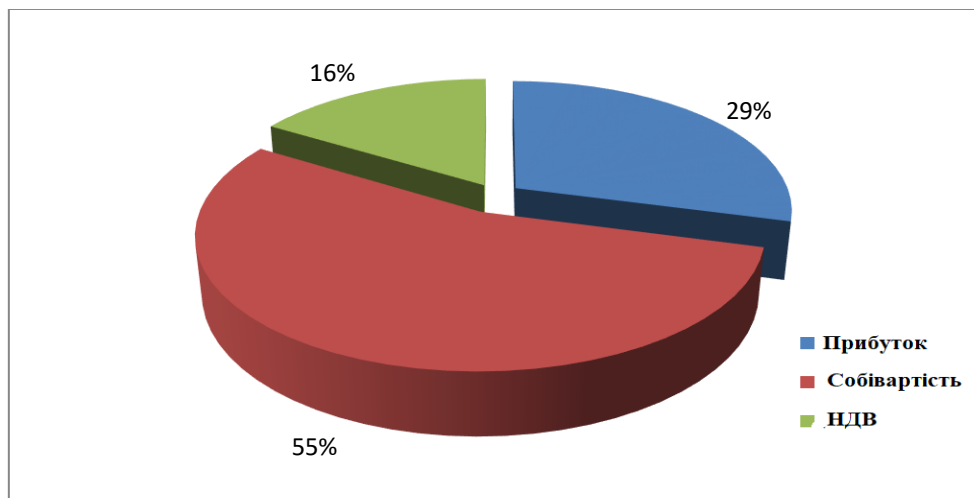
де $P_{\text{п}}$ - відсоток планового прибутку виробника (рентабельність), %;

1.18 - коефіцієнт, що враховує ПДВ, %;

$P_{\text{п}} = 30\%$.

$$C_{\text{опт}} = 1.18 \cdot 15524.84 \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) = 23815.10 \text{ грн.}$$

На малюнку 25 зображено діаграму, що зображує структуру договірної ціни вартості пристрою.



Малюнок 25 – Структура договірної ціни вартості пристрою

7.4 Розрахунок собівартості та ринкової ціни аналога

З урахуванням вище наведеної методики розрахунку, оптова ціна для тестера БП DA-70601 складе:

$$C_{\text{опт}} = 35000 \text{ грн.}$$

Для вимірювального пристрою SL -300 Unicorn :

$$C_{\text{опт}} = 32000 \text{ грн.}$$

7.5 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Для подальшої оцінки конкурентоспроможності необхідно розрахувати річні експлуатаційні витрати для розробленого пристрою тестування блоку живлення персонального комп'ютера та його аналогів.

7.5.1 Розрахунок для пристрою тестування блоку живлення персонального комп'ютера. Балансова вартість пристрою:

$$C_{\text{б}} = C_{\text{опт}} \cdot K_{\text{тр}}, \quad (45)$$

де $K_{\text{тр}}$ - витрати на транспортування, $K_{\text{тр}} = 1.06$

$$C_{\text{б}} = 23815.1 \cdot 1.06 = 25244 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на капітальний ремонт пристрою:

$$A_{\text{у}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot N_{\text{акр}}}{100}, \quad (46)$$

де $N_{\text{акр}}$ - річна норма амортизаційних відрахувань на капітальний ремонт пристрою, %.

$N_{\text{акр}} = 8 \%$, тоді амортизаційні відрахування:

$$A_{\text{у}} = \frac{25244 \cdot 8}{100} = 2019.52 \text{ грн.}$$

У таблиці 11 наведено список необхідного персоналу для роботи з пристроєм тестування блоку живлення персонального комп'ютера та середньомісячна приблизна заробітна плата.

Таблиця 11 - Основна заробітна плата обслуговуючого персоналу

Професія	Середньомісячна з/п обслуговуючого персоналу, грн
Обслуговуючий персонал	4000
Інженер-конструктор	6000
Електрики – ремонтники	5000

Основна заробітна плата обслуговуючого персоналу:

$$Z_{\text{п}} = d \cdot C \cdot N, \quad (47)$$

де d – частка витрат за обслуговування джерела у загальному обсязі робіт;

C – місячна ставка;

N – кількість місяців.

$$Z_{\text{п}} = 0.05 \cdot (4000 + 5000 + 6000) \cdot 12 = 9000 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата визначається як:

$$Z_{\text{пдоп}} = 0.2 \cdot Z_{\text{п}} = 0.2 \cdot 9000 = 1800 \text{ грн.} \quad (48)$$

Відрахування на соціальні потреби:

$$O_{\text{сн}} = 0.3 \cdot (Z_{\text{п}} + Z_{\text{пдоп}}) = 3240 \text{ грн.} \quad (49)$$

Витрати за споживану електроенергію:

$$\mathcal{E} = N \cdot T_{\text{р}} \cdot t_{\text{э}}, \quad (50)$$

де N - споживана об'єктом потужність, $N = 0.3$ кВт;

$T_{\text{р}}$ - регламентований час роботи об'єкта протягом року,

$$T_{\text{р}} = 8000 \text{ год/рік};$$

$t_{\text{э}}$ - тариф на електроенергію, $t_{\text{э}} = 4$ грн. / (кВт · годину).

$$E = 0.3 \cdot 8000 \cdot 4 = 9600 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний позаплановий ремонт:

$$P_{\text{вр}} = \frac{M \cdot K_{\text{вр}}}{100}, \quad (51)$$

де $K_{\text{вр}}$ – коефіцієнт витрат на позаплановий ремонт, %.

$K_{\text{вр}} = 2,4\%$ отримаємо:

$$P_{\text{вр}} = \frac{1450 \cdot 2.4}{100} = 34.8 \text{ грн.}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати становлять:

$$I = A_{\text{у}} + Z_{\text{п}} + E + O_{\text{сн}} + P_{\text{вр}} \quad (52)$$

Підставляючи у формулу (48) значення вище знайдених величин отримаємо:

$$I = 2019.52 + 9000 + 9600 + 3240 + 34.8 = 23894.32 \text{ грн}$$

.

7.5.2 Розрахунок для БЖ ДА-70601. Балансова вартість пристрою:

$$Ц_6 = 35000 \cdot 1.06 = 37100 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на капітальний ремонт пристрою:

$$A_y = \frac{37100 \cdot 8}{100} = 2968 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата обслуговуючого персоналу:

$$З_{\pi} = 0.05 \cdot (4000 + 5000 + 6000) \cdot 12 = 9000 \text{ грн.}$$

Витрати на споживану електроенергію:

$$E = N \cdot T_p \cdot t_e,$$

де N - споживана об'єктом потужність, $N = 0.5$ кВт;

T_p - регламентований час роботи об'єкта протягом року,

$$T_p = 8000 \text{ год/рік;}$$

t_e - тариф на електроенергію, $t_e = 4$ грн. / (кВт · годину).

$$E = 0.5 \cdot 8000 \cdot 4 = 16000 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний позаплановий ремонт:

$$P_{вр} = \frac{3100 \cdot 2.4}{100} = 74.4 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати:

$$I = 2968 + 9000 + 16000 + 3240 + 74.4 = 31282.4 \text{ грн.}$$

7.5.3 Розрахунок для SL-300 Unicorn. Балансова вартість пристрою:

$$Ц_6 = 32000 \cdot 1.06 = 33920 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на капітальний ремонт пристрою:

$$A_y = \frac{33920 \cdot 8}{100} = 2713.6 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата обслуговуючого персоналу:

$$З_{п} = 0.05 \cdot (4000 + 5000 + 6000) \cdot 12 = 9000 \text{ грн.}$$

Витрати за споживану електроенергію:

$$\mathcal{E} = N \cdot T_p \cdot t_e,$$

де N - споживана об'єктом потужність, $N = 0.5$ кВт;

T_p - регламентований час роботи об'єкта протягом року,

$$T_p = 8000 \text{ год/рік};$$

t_e - тариф на електроенергію, $t_e = 4$ грн. / (кВт · годину).

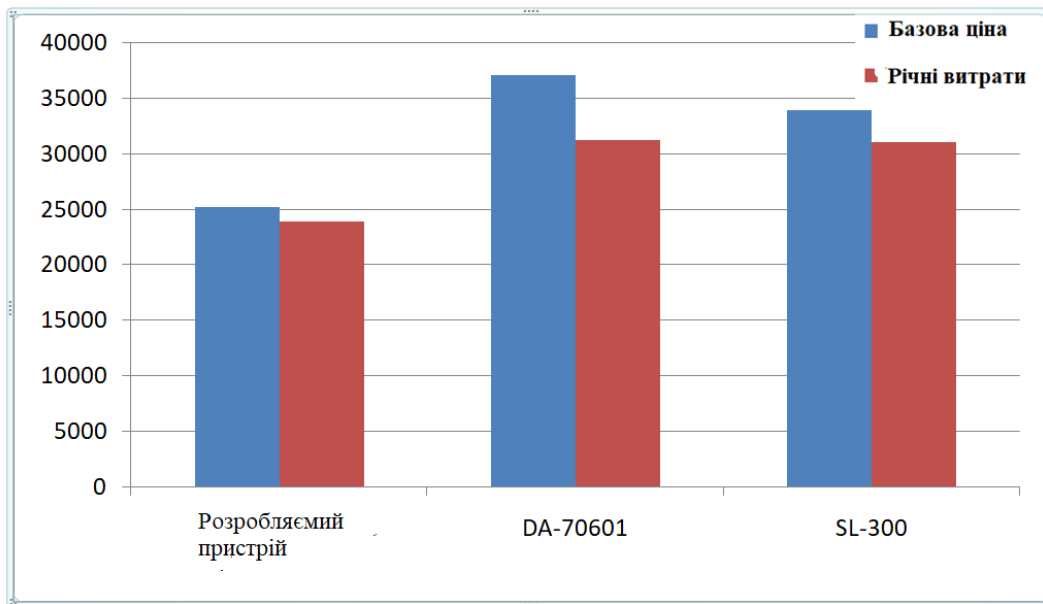
$$E = 0.5 \cdot 8000 \cdot 4 = 16000 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний позаплановий ремонт:

$$P_{вр} = \frac{4400 \cdot 2.4}{100} = 105.6 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати:

$$I = 2713.6 + 9000 + 16000 + 3240 + 105.6 = 31059.2 \text{ грн.}$$



Малюнок 26 – Конкурентоспроможність за економічними параметрами

7.6 Оцінка конкурентоспроможності

Для оцінки конкурентоспроможності необхідно визначити становище товару в ряді аналогічних та провести їх порівняння за найважливішими параметрами.

Характеристики аналогів і пристрою тестування блоку живлення персонального комп'ютера, що розробляється, наведені в таблиці 12. Необхідно розподілити технічні та економічні параметри. Для технічних параметрів пристроїв слід розставити коефіцієнти вагомості цих параметрів.

Таблиця 12 - Вихідні дані для розрахунку конкурентоспроможності

Технічні параметри	Пристрій		
	Пристрій тестування блоку живлення	БП DA-70601	SL-300 Unicorn
Потужність, Вт	300	500	500
Кількість параметрів регулювання	3	3	1
Маса, кг	2	1.5	4
Коеф. вагомості, %	30	25	25

Необхідно розрахувати поодинокі показники конкурентоспроможності за технічними параметрами кожної моделі. Розрахунок одиничного параметра провадиться за формулою:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{i0}}, \quad (53)$$

де P_i - значення параметра приладу;

P_{i0} - найкраще значення цього параметра у аналога.

Проведемо розрахунок одиничних показників за технічними параметрами для влаштування тестування блоку живлення.

$$q_1 = \frac{300}{500} = 0.6$$

$$q_2 = \frac{3}{3} = 1$$

$$q_3 = \frac{2}{4} = 0.5$$

Поодинокі показники за технічними параметрами для БП DA-70601 :

$$q_1 = \frac{500}{500} = 1$$

$$q_2 = \frac{3}{3} = 1$$

$$q_3 = \frac{1.5}{4} = 0.38$$

Поодинокі показники за технічними параметрами для SL-300 Unicorn:

$$q_1 = \frac{300}{500} = 0.6$$

$$q_2 = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$q_3 = \frac{4}{4} = 1$$

Розрахунок одиничного показника за економічними параметрами здійснюється за такою формулою:

$$q_i = \frac{e_{i0}}{e_i}, \quad (54)$$

де e_{i0} – найбільша вартість приладу;

e_i - вартість порівнюваного аналога.

У таблиці 13 наведено економічні показники.

Таблиця 13 – Економічні показники

Пристрій	Пристрій тестування блоку живлення	БП DA-70601	SL-300 Unicorn
Вартість, грн.	23815	35000	32000

Для влаштування тестування блоку живлення поодинокий показник за економічними параметрами:

$$q_{\text{уст.}} = \frac{23815}{35000} = 0.68$$

Для БП DA-70601 одиничний показник за економічними параметрами:

$$Q_{DA-70601} = \frac{35000}{35000} = 1$$

Для SL-300 Unicorn одиничний показник за економічними параметрами:

$$Q_{SL-300} = \frac{32000}{35000} = 0.91$$

Груповий показник за економічними параметрами розраховують за формулою:

$$I_{EP} = \frac{C_i + I_i}{C_{i0} + I_{i0}}, \quad (55)$$

де C_i - вартість пристрою;

C_{i0} – максимальна вартість аналога;

I_i, i_{i0} - річні витрати на обслуговування пристрою.

Для БП DA-70601 груповий економічний показник дорівнює:

$$I_{EP} = \frac{35000 + 31282.4}{35000 + 31282.4} = 1$$

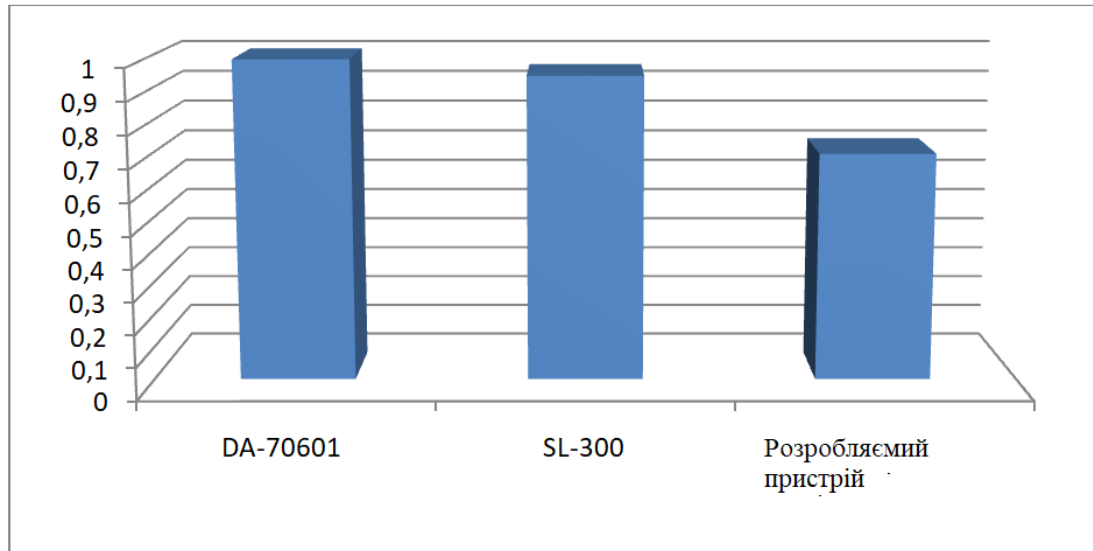
Для SL-300 Unicorn:

$$I_{EP} = \frac{32000 + 31059.2}{35000 + 31282.4} = 0.95$$

Для пристрою, що розробляється:

$$I_{EP} = \frac{23815.10 + 23894.32}{35000 + 31282.4} = 0.71$$

Діаграма групового показника конкурентоспроможності за економічними показниками наведено на малюнку 27.



Малюнок 27 – Конкурентоспроможність за економічними параметрами

Щоб оцінити конкурентоспроможність приладу, необхідно розрахувати груповий показник за технічними параметрами:

$$I_{\text{ТП}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot a_i, \quad (56)$$

де a_i - коефіцієнт вагомості технічного параметра.

Таким чином, для влаштування тестування блоку живлення груповий показник конкурентоспроможності за технічними параметрами:

$$I_{\text{ТП устр.}} = 0.6 \cdot 0.3 + 1 \cdot 0.25 + 0.5 \cdot 0.25 = 0.56$$

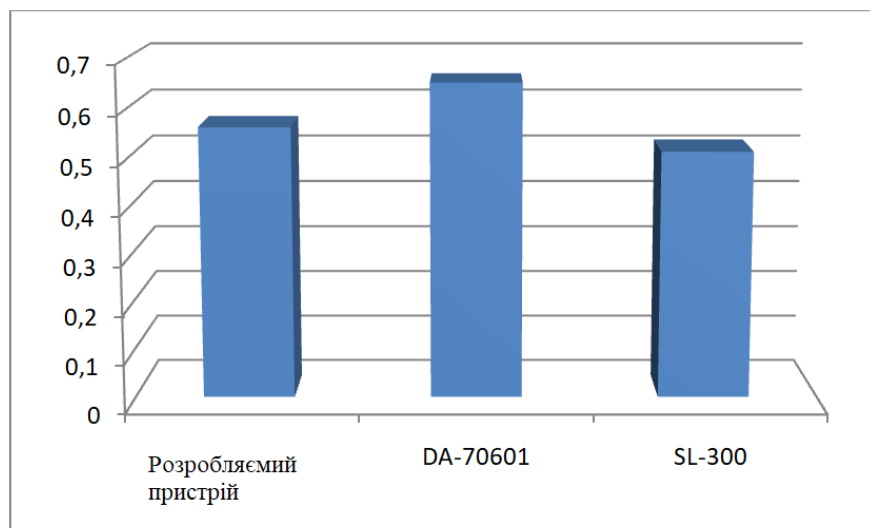
Груповий показник конкурентоспроможності за технічними параметрами для DA-70601 :

$$I_{\text{ТП DA-70601}} = 1 \cdot 0.3 + 1 \cdot 0.25 + 0.38 \cdot 0.25 = 0.65$$

Груповий показник конкурентоспроможності за технічними параметрами для SL-300:

$$I_{\text{ТП SL-300}} = 0.6 \cdot 0.3 + 0.33 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 = 0.51$$

Діаграма групового показника за технічними параметрами конкурентоспроможності розробленого джерела живлення та його аналогів наведено на малюнку 28.



Малюнок 28 – Конкурентоспроможність за технічними параметрами

Як видно з діаграми, розроблене джерело виграє у своїх аналогів за технічними параметрами.

Для аналізу загальної конкурентоспроможності використовується

інтегральний показник. Для розрахунку інтегрального показника використовується формула:

$$K = \frac{I_{\text{ТП}}}{I_{\text{ЕП}}}, \quad (57)$$

де $I_{\text{ТП}}$ – показник конкурентоспроможності за технічними параметрами;

$I_{\text{ЕП}}$ – показник конкурентоспроможності за економічними параметрами.

Для влаштування тестування блоку живлення інтегральний показник:

$$K_{\text{устр.}} = \frac{0.56}{1} = 0.56$$

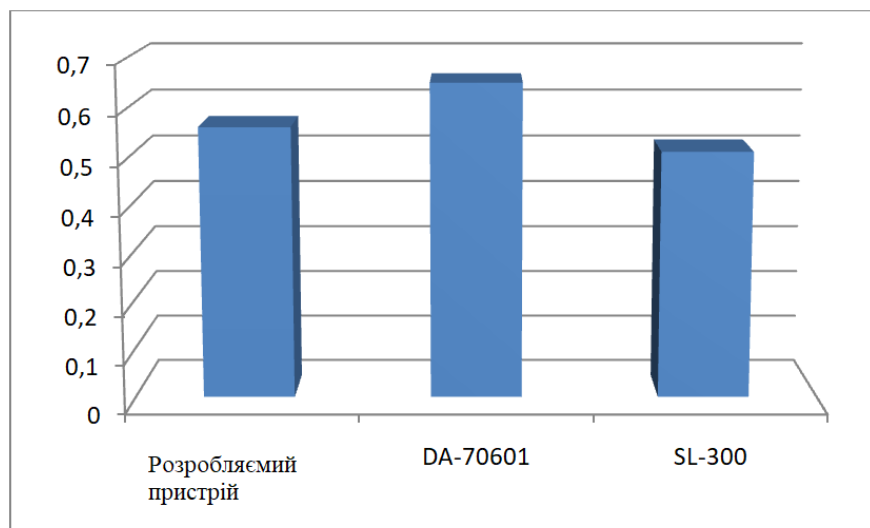
Для БП DA-70601 :

$$K_{\text{DA-70601}} = \frac{0.65}{0.95} = 0.68$$

Для SL-300 :

$$K_{\text{SL-300}} = \frac{0.51}{0.71} = 0.72$$

За підсумками отриманих даних побудуємо діаграму інтегрального показника конкурентоспроможності. Її вид наведено на малюнку 29.



Малюнок 29 – Конкуентоспроможність за інтегральним показником

З проведених розрахунків видно, що обслуговування нового пристрою за вартістю приблизно, як і у аналогів, а його ціна є нижчою. Крім того, пристрій, що розробляється, не поступається за технічними характеристиками, а в сукупності з економічними параметрами виявляється кращим за свої аналоги.

8. БЕЗПЕКА ЖИТТЯДІЙНОСТІ

8.1 Виробнича безпека

8.1.1 Шкідливі виробничі фактори. У таблиці 14 наведено шкідливі виробничі фактори (СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гігієнічні вимоги до персональних електронно-обчислювальних машин та організації роботи»), які можуть призвести до професійних захворювань.

Таблиця 14 - Перелік можливих шкідливих факторів

Шкідливий фактор, одиниця виміру, параметр, що вимірюється	Приклади джерел виділення, випромінювання	Нормативне значення
Метеоумови: - Температура, °С - Вологість, %	Припливне повітря Те саме	22 ÷ 25 40 ÷ 60
Іонізація повітря на 1 см ³ - Позитивні іони - Негативні іони	Іонізатори повітря	1500 ÷ 3000 3000 – 5000

Освітленість: – природна, % - Штучна, лк	Віконні отвори Лампи розжарювання	1.2 ÷ 1.5 300 ÷ 500
Яскравість, кд/ м ²	Вікна, лампи, стіни тощо	≤ 200
Шум, дБ	Офісна оргтехніка, ПК	≤ 65
Вібрація, дБ	Офісна оргтехніка	≤ 67
Рентгенівське випромінювання, мкР/год	Монітор системний блок	100
Електромагнітні поля: - Напруженість ЕП, В/м - Напруженість МП, А/м - Напруженість СП, кВ/м - Щільність потоку, нТл	Монітор комп'ютера, системний блок	≤ 25 ≤ 0.3 ≤ 20 ≤ 250

Далі наводиться перелік заходів, що підлягають розробці для вирішення питань щодо зниження впливу на людину шкідливих виробничих факторів.

8.1.2 Освітлення. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення, притупляє увагу працюючого, знижує продуктивність праці, погіршує якісні показники і може бути причиною нещасного випадку. Нормування природного та штучного освітлення здійснюється СНіП 23-05-95 * «Природне та штучне освітлення». Одним з елементів, що впливають на комфортні умови працюючих, є виробниче освітлення. До систем виробничого освітлення - пред'являються такі вимоги :

а) відповідність рівня освітленості робочих місць характеру виконуваної зорової роботи;

б) залишково рівномірний розподіл яскравості на робочих поверхнях та в навколишньому просторі;

в) відсутність різких тіней, прямої і відбитої блискітності (за підвищеною яскравістю поверхонь, що світяться, що викликає засліплення);

г) оптимальна спрямованість випромінюваного освітлювальними приладами світлового потоку;

- д) сталість освітленості у часі;
- е) довговічність, економічність, електро- та пожежобезпечність.

Освітлення виробничих приміщень поділяється на природне, штучне та поєднане.

Природне освітлення має здійснюватися через світлопройми та забезпечувати коефіцієнт природного освітлення (КПО) не нижче 1.5 %.

Штучне освітлення приміщень залежно від виробничої необхідності поділяється на загальне, місцеве, аварійне та комбіноване.

Розрахунок системи освітлення проводиться методом коефіцієнта використання світлового потоку, що виражається ставленням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп. Його величина залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін та стелі, що характеризується коефіцієнтами відбиття стін та стелі.

Загальний світловий потік:

$$F_{\text{заг}} = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta}, \quad (58)$$

де $F_{\text{заг}}$ – загальний світловий потік, лм;

E_n – нормована освітленість, лк;

S - освітлювана площа, м²;

k – коефіцієнт запасу, який враховує знос та забруднення світильників, $k=1.5$;

z - коефіцієнт, що враховує нерівномірність освітлення, $z=1.1$;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta=45\%$.

Площа приміщення:

$$S = L_d \cdot L_{\text{ш}}, (59)$$

де S - площа приміщення, м²;

L_d - довжина приміщення, м;

$L_{\text{ш}}$ – ширина приміщення, м.

$$S = 5 \cdot 3 = 15 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт використання світлового потоку η вибирається за такими

даними:

- а) коефіцієнт відображення побіленої стелі $R_{п}=70\%$;
- б) коефіцієнт відбиття від стін, пофарбованих у світлу фарбу, $R_{ст}= 50\%$;
- в) розрахункова довжина підвіски світильника;

Розрахункова довжина підвіски світильника:

$$H_p = H - H_c - H_r, (60)$$

де H – висота приміщення, м;

H_c – висота світильника до стелі, м;

H_r – висота від підлоги до рівня робочої поверхні, м. н.

$$H_p = 2.7 - 0.5 - 1 = 1.2 \text{ м}$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{L_d \cdot L_{ш}}{H_p \cdot (L_d + L_{ш})}, \quad (61)$$

де d - довжина приміщення, м;

$L_{ш}$ – ширина приміщення, м;

H_p - розрахункова довжина підвіски світильника, м.м.

$$i = \frac{5 \cdot 3}{1.2 \cdot (5 + 3)} = 0.83 \text{ м}$$

Загальний світловий потік:

$$F_{заг} = \frac{200 \cdot 15 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{0.45} = 11000 \text{ лм}$$

Для помешкання вибираються люмінесцентні лампи ЛБ (білого світла) потужністю 40 Вт. Світловий потік F_1 однієї лампи ЛТБ40 становить 3000 лм, отже для отримання світлового потоку $F_{заг}$, рівного 11000 лм, необхідно N ламп.

Кількість ламп:

$$N = \frac{F_{заг}}{F_1}, \quad (62)$$

де $F_{заг}$ - загальний світловий потік, лм;

F_1 – світловий потік однієї лампи, лм.

$$N = \frac{11000}{3000} = 4$$

Отже, необхідно встановити 4 лампи ЛТБ40.

Електрична потужність усієї освітлювальної системи:

$$P_{\text{заг}} = P_1 \cdot N, \quad (63) \text{ де}$$

$P_{\text{заг}}$ – електрична потужність усієї освітлювальної системи, Вт;

P_1 - потужність однієї лампи, Вт.

$$P_{\text{заг}} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ Вт}$$

Для роботи заданої точності у приміщенні рекомендовано розряд зорової роботи – 4.

Світильники загального освітлення розташовують збоку від робочого місця, паралельно лінії зору працівника та стіни з вікнами. Таке розміщення світильників дозволяє проводити їх послідовне включення в залежності від величини природної освітленості і виключає подразнення очей смугами світла і тіні, що чергуються, що виникає при поперечному розташуванні світильників.

8.1.3 Вимоги до робочих місць. Конструкція ПЕОМ повинна забезпечувати можливість повороту корпусу у горизонтальній та вертикальній площині з фіксацією у заданому положенні для забезпечення фронтального спостереження екрану ВДТ. /33/

Потужність експозиційної дози м'якого рентгенівського випромінювання в будь-якій точці на відстані 0.05м від екрану та корпусу ВДТ (на електронно-променевої трубці) за будь-яких положень регулювальних пристроїв не повинна перевищувати 1 мкЗв/год (100мкР/год). Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань наведено в таблиці 10.

Нормовані візуальні параметри ЕОМ представлені у таблиці 15.

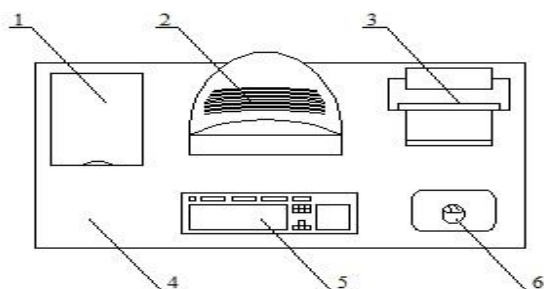
Таблиця 15 - Нормовані візуальні параметри ЕОМ

№	Найменування параметрів	Значення параметрів
1	Контраст (для монохромних ВДТ)	Від 3:1 до 1 . 5:1

2	Нерівномірність яскравості елементів знаків, %	не більше ± 25
3	Нерівномірність яскравості робочого поля екрана, %	не більше ± 20
4	Розмір мінімального елемента відображення, мм	0.3

Площа на одне робоче місце користувачів ПЕОМ з ВДТ на базі електронно-променевої трубки (ЕПТ) повинна становити не менше 6 м^3 з ВДТ на базі плоских дискретних екранів (рідкокристалічні, плазмові) - 4.5 м^3 . Об'єм - не менше 24.0 м^3 .

На малюнку 30 показаний приклад розміщення основних та периферійних складових ПК на робочому столі програміста.



1 – сканер, 2 – монітор, 3 – принтер, 4 – поверхня робочого столу, 5 – клавіатура, 6 – маніпулятор типу «миша».

Малюнок 30 – Розміщення основних та периферійних складових ПК

При розміщенні робочих місць з ПЕОМ відстань між робочими столами з відеомоніторами (в напрямку тилу поверхні одного відеомонітора та екрана іншого відеомонітора) повинна бути не менше 2,0 м, а відстань між бічними поверхнями відеомоніторів - не менше 1.2 м. Екран відеомонітора повинен знаходитися від очей користувача на відстані 600 – 700 мм, але не ближче 500 мм з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків та символів.

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні устаткування, що використовується з урахуванням його кількості та конструктивних особливостей, характеру виконуваної роботи. Висота робочої поверхні столу має регулюватися в межах 680-800 мм; за відсутності такої можливості висота робочої поверхні стола має становити 725 мм. Модульними розмірами робочої поверхні столу для ВДТ і ПЕОМ, на підставі яких повинні розраховуватися конструктивні розміри, слід вважати: ширину 800, 1000, 1200 і 1400 мм, глибину 800 і 1000 мм при нерегульованій його висоті, що дорівнює 725 мм. Робочий стіл повинен мати

простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, шириною - не менше ніж 500 мм, глибиною на рівні колін - не менше ніж 450 мм і на рівні витягнутих ніг - не менше ніж 650 мм. Робоче місце повинно бути обладнане підставкою для ніг, що має ширину не менше ніж 300 мм, глибину не менше ніж 400 мм, регулювання по висоті в межах до 150 мм та по куту нахилу опорної поверхні підставки до 20 градусів. Поверхня підставки повинна бути рифлена і мати по передньому краю бортик заввишки 10 мм.

Конструкція робочого стільця (крісла) повинна забезпечувати підтримку раціональної робочої пози під час роботи на ПЕОМ, дозволяти змінювати позу з метою зниження статичної напруги м'язів шийно-плечової області та спини, попередження розвитку втоми. Конструкція його повинна забезпечувати: ширину та глибину поверхні сидіння не менше 400 мм; поверхня сидіння із закругленим переднім краєм; регулювання висоти поверхні сидіння в межах 400-550 ÷ мм і кутам нахилу вперед до 15 град. та назад до 5 град.; висоту опорної поверхні спинки 300 ± 20 мм, ширину – не менше 380 мм та радіус кривизни горизонтальної площини – 400 мм; кут нахилу спинки у вертикальній площині не більше ± 30 градусів;

регулювання відстані спинки від переднього краю сидіння не більше 260 ÷ 400 мм; стаціонарні або знімні підлокітники завдовжки не менше 250 мм та шириною – 50 ÷ 70 мм; регулювання підлокітників за висотою над сидінням у межах 230 ± 30 мм та внутрішньої відстані між підлокітниками в межах 350 ÷ 500 мм.

Екран відеомонітора повинен знаходитись від очей користувача на оптимальній відстані 600 ÷ 700 мм, але не ближче 500 мм з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків та символів. Положення екрану визначається відстанню зчитування (0.6 ÷ 0.7 м); кутом зчитування, напрямом погляду на 20° нижче горизонталі до центру екрану, причому екран перпендикулярний цьому напрямку. Повинна також передбачатись можливість регулювання екрану: за висотою плюс 3 см; за нахилом від мінус 10° до плюс 20° щодо вертикалі; у лівому та правому напрямках.

Рівні позитивних та негативних аероіонів у повітрі приміщень з ВДТ та ПЕОМ повинні відповідати нормам, наведеним у таблиці 16.

Таблиця 16 – рівні іонізації повітря приміщень

рівні	Число іонів 1 см куб. повітря	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 ÷ 3000	3000 ÷ 5000
Максимально допустимі	50000	50000

Режим праці та відпочинку передбачає дотримання певної тривалості безперервної роботи на ПК та перерв, регламентованих з урахуванням тривалості робочої зміни, видів та категорії трудової діяльності. Режим праці та відпочинку під час роботи з ЕОМ залежно від категорії виконуваної роботи представлено в таблиці 17.

Таблиця 17 – Режим роботи з ЕОС

Категорія роботи з ВДТ або ПЕОМ	Сумарний час регламентованих перерв, мін	
	При 8-годинній зміні	При 12-годинній зміні
I	30	70
II	50	90
III	70	120

Тривалість безперервної роботи на ПК без регламентованої перерви не має перевищувати 2 години. Працюючи на ПК у нічну зміну тривалість регламентованих перерв збільшується на 60 хвилин незалежно від категорії та виду трудової діяльності. Ефективними є нерегламентовані перерви (мікропаузи) тривалістю 1-3 ÷ хвилини.

8.1.4 Захисне вимкнення. Пристрій під час експлуатації також може завдати шкоди людині. Це може статися, зокрема, при замиканні фази на корпус, зниженні опору ізоляції мережі нижче певної межі і, нарешті, у разі дотику людини безпосередньо до струмоведучої частини, що знаходиться під напругою, якщо відбудеться обрив будь-якого дроту або буде порушена ізоляція дротів. Тому для запобігання ураження струмом обслуговуючого персоналу необхідно передбачити певні заходи захисту. В електроустановках застосовують такі технічні заходи захисту:

- захисне заземлення;
- захисне занулення;
- захисне вимкнення.

Захисне вимкнення – це швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні небезпеки ураження людини струмом.

Пристрої захисного відключення (ПЗВ) задовольняють наступним вимогам:

- висока чутливість;
- мінімальний час відключення;
- селективність дії;
- здатність здійснювати самоконтроль справності;
- достатня надійність.

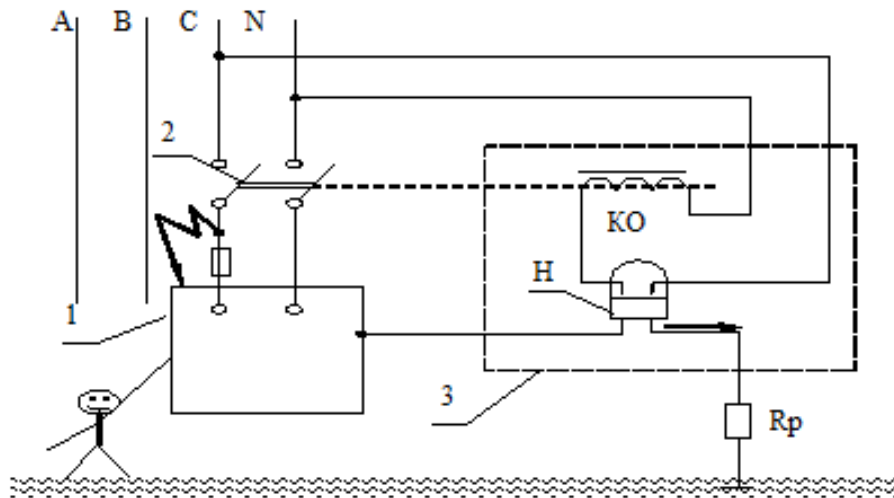
Усі пристрої захисного вимкнення, залежно від прийнятих їм вхідних величин, умовно поділяються на такі типи, реагують на:

- потенціал корпусу;
- струм замикання на землю;
- напруга нульової послідовності;
- струм нульової послідовності;
- напруга фази щодо землі;
- оперативний струм.

Є й комбіновані пристрої, які реагують не на одну, а на кілька вхідних величин.

Для системи, що розробляється, рекомендується використовувати пристрій, що реагує на оперативний струм.

Схема захисного відключення представлена на малюнку 31.



1 – корпус; 2 – автоматичний вимикач; 3 - пристрій захисного відключення; КО - катушка вимкнення; Н – реле максимальної напруги; Rp – опір захисного заземлення

Малюнок 31 – Схема захисного відключення

ПЗВ, що реагує на оперативний постійний струм, призначене для безперервного автоматичного контролю опору ізоляції мережі, а також для захисту людини, яка доторкнулася до струмовідної частини від поразки струмом.

Принцип дії ПЗВ – швидке відключення мережі від джерела струму при зниженні опору її ізоляції щодо землі нижче певної межі, при якому струм I_h через людину, що доторкнувся до струмоведучої частини (або напруга дотику), досягає найбільшого тривалого допустимого значення $I_{h, доп}$ (або $U_{пр, доп}$).

Датчиком служить реле РТ з малим струмом спрацьовування (кілька міліамперів). Трифазний дросель ДП призначений для отримання нульової точки мережі. Однофазний дросель Д необхідний для обмеження витоку в землю змінного струму, якому він чинить великий індуктивний опір.

Постійний струм від стороннього джерела проходить по замкнутому ланцюзі: джерело – земля – опір ізоляції всіх проводів щодо землі – дроти – трифазний дросель ДТ – однофазний дросель Д – обмотка реле РТ – джерело.

Значення цього струму I_p залежить від напруги джерела постійного струму. $U_{ист}$,
В і загального активного опору ланцюга:

$$I_p = \frac{U_{ист}}{(R_d + r_э)} = 0.068 \text{ A} \quad (64)$$

де R_d - сумарний активний опір реле та дроселів, Ом:

$$R_d = R_p + R_{ін} \quad (65)$$

де R_p і $R_{ін}$ - активний опір реле та дроселів, $R_p = 1350$ Ом;

$$R_{др} = 3000 \text{ Ом.}$$

$$R_d = 1350 + 3000 = 4350 \text{ Ом;}$$

r_e - еквівалентний активний опір ізоляції проводів (r_1, r_2, r_3) та замикання фази на землю $r_{зМ}$, Ом:

$$r_e = \frac{r \cdot r_{зМ}}{(r + r_{зМ})} = 248.3 \text{ Ом} \quad (66)$$

де r - активний опір ізоляції трьох фаз, Ом:

$$r_{зМ} = 100 \text{ Ом}$$

$$r_1 = r_2 = r_3 = 0.11 \cdot 10^6 \text{ Ом}$$

$$r_e = \frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}\right)} = 3.7 \cdot 10^4 \text{ Ом} \quad (67)$$

При нормальному режимі роботи мережі опір r_e великий і тому струм I_p незначний. У разі зниження опору ізоляції однієї (двох або трьох) фази в результаті її замикання на землю або на корпус, або в результаті дотику до неї людини опір r_e зменшиться, а струм I_p зросте і, якщо він перевищить струм спрацьовування реле РТ, станеться відключення мережі від джерела живлення.

Достоїнствами ПЗВ, що реагує на оперативний постійний струм, є можливість забезпечення високого ступеня безпеки для людей завдяки обмеженню струму, що проходить через людину, до необхідних меж та можливість самоконтролю справності, оскільки при обриві ланцюгів проходження струму через реле припиняється, що і є імпульсом на вимкнення установки.

Як додаткові заходи захисту може застосовуватися екранування, а як захист обслуговуючого персоналу – гумові рукавички.

8.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях

8.2.1 Вибухо- та пожежонебезпечність. Пожежа може виникнути внаслідок як електричного, так і не електричного характеру. До причин електричного характеру відносяться коротке замикання, навантаження, великий перехідний опір, статична електрика. Для забезпечення тривалої та безпечної роботи електротехнічних установок обладнання необхідно забезпечити їх конструктивну відповідність навколишньому середовищу, зокрема систем природного та примусового охолодження.

Пожежна безпека забезпечується за допомогою систем запобігання пожежі та систем пожежного захисту. До систем запобігання пожежі у приміщенні можна віднести: запобігання утворенню джерел запалення; забезпечення пожежної безпеки обладнання, електроустановок, систем опалення та вентиляції. До заходів щодо пожежного захисту відносяться: запобігання розповсюдженню пожежі за межами вогнища; застосування засобів протипожежного захисту та пожежогасіння; своєчасне сповіщення про пожежу та евакуацію людей.

Пожежонебезпечними факторами є:

- висока щільність розміщення елементів електричних схем;
- безпосередня близькість один від одного з'єднувальних проводів, комунікаційних кабелів;
- розгалужені, постійно діючі системи вентиляції та кондиціонування;
- кабельні лінії, якими подається напруга до електроустановок.

Оскільки електронне обладнання перебуває під напругою, то у разі виникнення пожежі забороняється користуватися водою як засобом гасіння пожежі. Воду дозволяється застосовувати для гасіння електроустановок тільки в розпорошеному вигляді, при цьому повинна витримуватися допустима відстань, стовбур заземлений, а людина, що гасить пожежу, повинна надіти діелектричні боти і рукавички.

Відповідно до НПБ 105-03 приміщення з пожежо- та вибухонебезпечності поділяються на категорії А, Б, В1 - В4, Р і Д, а будівлі - на категорії А, Б, В, Р та Д.

Згідно з ПУЕ-2005 електричні установки поділяють за пожежонебезпечними (П- I, П -II) та вибухонебезпечними (В- I, В- II) зонами.

Визначення категорій приміщень слід здійснювати шляхом послідовної перевірки належності приміщення до категорій, наведених у таблиці, від найвищої (А) до нижчої (Д). Визначення пожежонебезпечної категорії приміщення здійснюється шляхом порівняння максимального значення питомого тимчасового пожежного навантаження на будь-якій ділянці з величиною питомого пожежного навантаження, наведеного в таблиці.

Таблиця 18 - Визначення категорій В1 - В4 приміщень

Категорія	Питоме пожежне навантаження на ділянці, МДж/м ²	Спосіб розміщення
В 1	Понад 2200	Не нормується
В 2	1401 – 2200	Нормується пунктом 3.20 НПБ-105-05.
У 3	181 – 1400	Нормується пунктом 3.20 НПБ-105-05.
В 4	1 – 180	На будь-якій ділянці підлоги приміщення площею 10м ² . Спосіб розміщення ділянок пожежного навантаження визначається згідно з пунктом 3.20 НПБ-105-05

Відповідно до НПБ-105-05 ділянку ПЕОМ можна віднести до категорії В-4, оскільки в приміщенні знаходяться горючі матеріали: дерево, пластик, гума.

Таблиця 19 – Категорії приміщень з пожежо- та вибухонебезпечності

Категорія	Характеристика речовин та матеріалів, що знаходяться в
-----------	--

приміщення	приміщенні
1	2
А – вибухопожежно-небезпечна	Горючі газы, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. Речовини та матеріали, здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітрям або один з одним у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа
Б – вибухопожежонебезпечна	Горючі пилу або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при запаленні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа

1	2
В1 – В4 – пожежонебезпечні	Горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини та матеріали (у тому числі пилу та волокна), речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним тільки горіти за умови, що приміщення, в яких вони є в наявності або звертаються, не належать до категорій А чи Б
Г	Негорючі речовини та матеріали у гарячому, розжареному чи розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистої теплоти, іскор та полум'я; горючі газы, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо
Д	Негорючі речовини та матеріали у холодному стані

Визначення пожежонебезпечної категорії приміщення здійснюється шляхом порівняння максимального значення питомого тимчасового пожежного навантаження на будь-якій ділянці з величиною питомого пожежного навантаження, наведеною в таблиці.

ВИСНОВОК

У ході дипломного проектування проведено огляд форм-факторів блоків живлення персонального комп'ютера та розроблено пристрій для тестування блоку живлення персонального комп'ютера.

Своєчасне технічне обслуговування БЖ дозволяє запобігти виходу з ладу складних та дорогих елементів ПК. Від правильного функціонування блоку живлення залежить працездатність усієї комп'ютерної системи загалом. Для своєчасного діагностування несправностей чи відхилення характеристик БЖ від номінальних значень необхідне спеціалізоване устаткування – стенди тестування блоків живлення. Також було розглянуто питання сумісності блоків живлення різних форм-факторів.

В результаті техніко-економічного обґрунтування товару розрахована його конкурентоспроможність. Згідно з розрахунками, спроектований пристрій має гарні показники і є конкурентоспроможним на ринку.

У розділі «Безпека життєдіяльності» розглянуті питання виробничої безпеки: ураження електричним струмом, ергономіки робочого місця, мікроклімату, пристрій захисного вимкнення, пожежної безпеки. Здійснено розрахунок освітлення приміщення. Також наведено характеристики надзвичайних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ан П. Поєднання ПК із зовнішніми пристроями / П. Ан. – М.: Вільямс, 2011.
2. Баранов В. Я. Промислові прилади та засоби автоматики. Довідник/В.Я. Баранов, Т. Х. Безновська, В. А. Бек. - Л.: Машинобудування, 1987. - 126 с.

3. Барканова Л.С. Порядок та правила розробки, оформлення та обігу конструкторської документації: Посібник для конструкторів / Л.С. Барканова, В.С. Тихомиров. – М.: Видавництво стандартів, 1992. – 210 с.
4. Беклешов В.К. Техніко-економічне обґрунтування дипломних проектів. Навчальний посібник для ВНЗ/В. К. Беклешов. - М.: Вища школа, 1991. - 175 с.
5. Безсонов Л. А. Теоретичні основи електротехніки. Електричні ланцюги/Л.А. Безсонів. - М.: Вища школа, 1996.
6. Білібін К.І. Конструкторсько-технологічне проектування електронної апаратури: Підручник для вузів/К.І. Білібін, А.І. Власов, С.В. Журавльова. - М.: Видавничо МДТУ ім. Баумана, 2002. - 528 с.: Іл.
7. Верьовкін А. П. Технічні засоби автоматизації. Виконавчі пристрої. Навчальний посібник / А. П. Верьовкін, В. Ф. Попков. – Уфа: Вид-во УНІ, 1996. – 95 с.
8. Гнеденко В. В. Математичні методи в теорії надійності. / В. В Гнеденко, Ю. К. Беляєв, А. Д. Соловійов. – М., "Наука", 1965. - 524 стор. з іл.
9. Граф Р.Ф. Енциклопедія електронних схем/Р.Ф. Граф. – М.: Додека-XXI, 2009.
10. Горюнова Н.М. Напівпровідникові прилади: Транзистори: Довідник/Під. ред. Н.М. Горюнова. – М.: Вища школа, 1985. – 902 с.
11. Гусєв В.Г. Електроніка: Навчальний посібник для спеціальних приладобудівних вузів / В.Г. Гусєв, Ю.М. Гусєв. – 2-ге видання, перероблене та доповнене. - М.: Вища школа 1991. - 622 с.: Іл.
12. Добриніна А.І. Економічна теорія /А.І. Добриніна. – СПб.: Пітер, 2009.
13. Долін П. А. Основи техніки безпеки в електроустановках. Навчальний посібник для ВНЗ/П. А. Долін. - М.: Вища школа, 1984 . - 448 с .
14. Котура В.І. Електричні вимірювання та електровимірювальні прилади / Під ред. Ст І. Котура. - М.: Видавництво, 1086. - 412 с.
15. Кошарський Б.Д. Автоматичні прилади та регулятори / Б. Д. Кошарський, В.А. Бек. - Б.: Машинобудування, 1964. - 704 с.
16. Колесник Н.Я. Типові розрахунки надійності систем на персональних комп'ютерах: Навчальний посібник для вузів/Н.Я. Колесник, Д.А. Горбач. - М: 1991 .

17. Колесов Л. Н. Введення в інженерну мікроелектроніку / Л. Н. Колесов. - М.: Радянське радіо, 1974. - 280 с.
18. Куличков О.Б. Імпульсні блоки живлення для IBM PC /А.Б. Куличків. – М.: ДМК прес, 2005.
19. Кучеров Д.П. Джерела живлення ПК та периферії / Д.П. Кучерів. – СПб.: Наука та техніка, 2002.
20. Кучеров Д.П. Сучасні джерела живлення ПК та периферії / Д.П.Кучерів. – СПб.: Наука та техніка, 2007.
21. ЛіпсіцІ.В. Економіка/І.В. Ліпсіц. - М.: Омега-Л, 2006. - 656 с.
22. Маслов А. Я. Підвищення надійності радіоелектронної апаратури / А. Я. Маслов, В. Ю. Татарський. – М., Вид-во «Радянське радіо», 1972. - 264 стор.
23. Мек Р. Імпульсні джерела живлення. Теоретичні основи проектування та посібник із практичного застосування / Р.Мек. – М.: Додека-XXI, 2007.
24. Мюллер С. Модернізація та ремонт ПК / С. Мюллер. – М.: Вільямс, 2011.
25. Мюллер С. Блоки живлення: конструкція, форм-фактори та специфікації / С. Мюллер. – М.: Вільямс, 2009.
26. Парфьонов Є.М. Проектування конструкцій радіоелектронної апаратури: Навчальний посібник для вузів/Є.М. Парфьонов. - М.: Радіо і зв'язок, 1989. - 136 с.
27. Піс Р.А. Практична електроніка аналогових пристроїв /Р.А. Пис. – М.: ДМК прес, 2001.
28. Половко А. М. Основи теорії надійності / Половко А. М. - М., "Наука", 1964, 446 стор.
29. Поспелова Т.Г. Основи енергозбереження /Т.Г. Поспелова. – Мн.: Білоруський будинок друку, 2000.
30. Русін С.А. Безпека життєдіяльності: Методичні вказівки до дипломного проектування/С. А. Русін, Н. Л. Ільїн. – Саратов: СДТУ, 1997. – 32 с.
31. Свідерська О.В. Основи енергозбереження /О.В. Свідерська. – Мн.: Білоруський будинок друку, 2000.
32. Семенова В.М. Економіка підприємства. Підручник для вузів /В.М.Семенова. –

СПб.: Пітер, 2009.

33. Старков В.В. Архітектура персонального комп'ютера організація, будівництво, робота ПК / В.В. Старків. – М.: Гаряча лінія-Телеком, 2009.
34. Тара Брін Б.В. Інтегральні мікросхеми: Довідник/Б.В. Тарабрін, Л.Ф. Лунін, Ю.М. Смирнов та інші. За редакцією Б.В. Тарабріна. - М.: Радіо та зв'язок, 1983. - 528 с.: іл.
35. Усатенко С. Т. Виконання електричних схем з ЕСКД / С. Т. Усатенко, Т. К. Каченюк, М.В. Терехова. - М.: Видавництво стандартів, 1992. - 125 с.
36. Фрумкін Г. Д. Розрахунок та конструювання радіоелектронної апаратури / Г. Д. Фрумкін. – М.: Вища школа 1985.
37. Шрайбер Р. 300 схем джерел живлення. Випрямлячі, імпульсні джерела живлення, лінійні стабілізатори та перетворювачі / Г. Шрайбер. - Санкт-Петербург, 2005. - 216 с.
38. Шустов М.А. Практична схемотехніка /М.А. Шустів. – М.: Альтекс, 2003.
39. ГОСТ 12.1.004-91. Пожежна безпека.
40. ГОСТ 12.1.005-88 * . Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітряної робочої зони.
41. ГОСТ 12.1.006-86. Електромагнітне випромінювання.
42. ГОСТ 12.1.009-76. Електробезпека. Загальні вимоги.
43. ГОСТ 20406-75 Плати друковані. Терміни та визначення.
44. ГОСТ 22.3.03-94. БНС «Захист населення. Основні положення».
45. ГОСТ 23751-86 Плати друковані. Вимоги та метод конструювання.
46. ГОСТ 2.201-80 ЕСКД. Позначення виробів та конструкторських документів.
47. Чіп та Діп [Електронний ресурс]: [стаття] Електронні компоненти, 2014. – Режим доступу: <http://chipdip.ru> .
48. Портал для оверклокерів [Електронний ресурс]: [Стаття] Методика тестування блоків живлення стандарту АТХ, 2008. – Режим доступу: <http://overclockers.ru>.

ДОДАТОК А

(обов'язкове)

Конструкторська документація

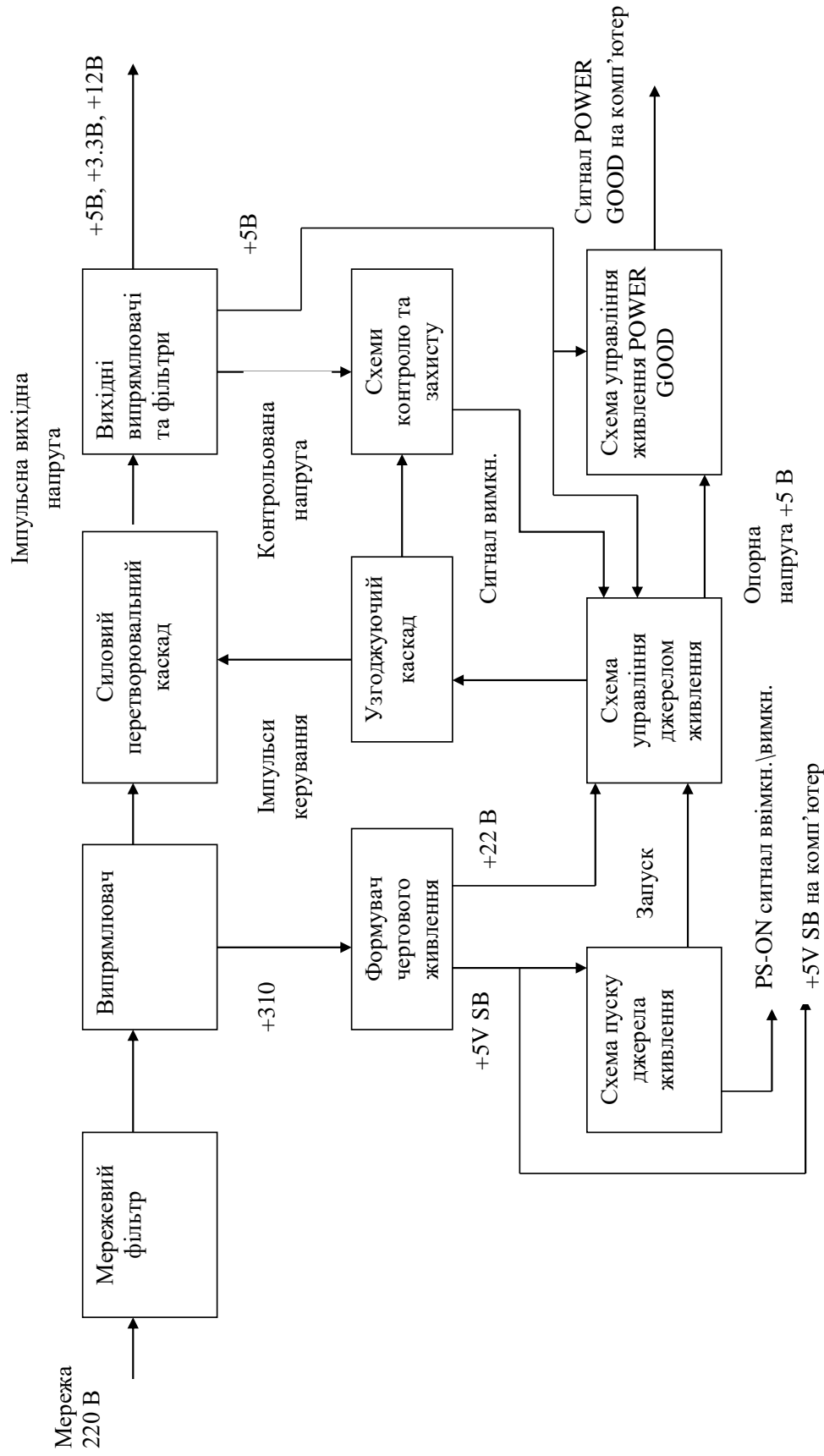
1 ПЕЗ Перелік елементів	90
2 ТБ Таблиця з'єднань	91
3 Специфікація на плату	92
4 Специфікація на пристрій	93

ДОДАТОК Б
(обов'язкове)

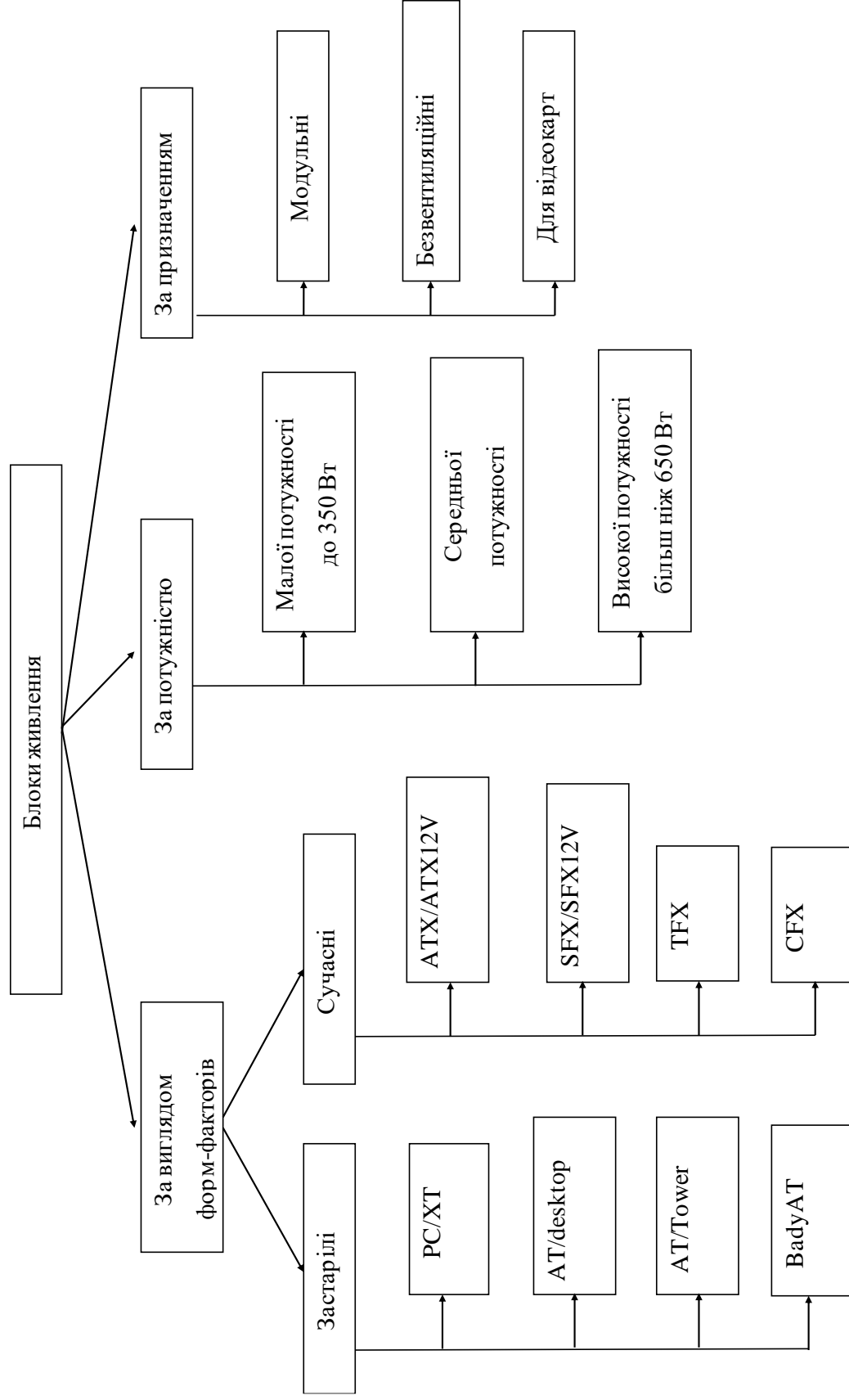
Графічна частина

1 Класифікація блоків живлення персональних комп'ютерів	95
2 Структурна схема вузлів блока живлення	96
3 Функціональна схема стенду для тестування блока живлення	97
4 Розрахунки параметрів	98
5 Схема електрична принципова	99
6 Трасування плати	100
7 Складальні креслення плати	101
8 Складальні креслення пристрою	102
9 Техніко-економічне обґрунтування розробки джерела	103
10 Безпека життєдіяльності	104

СТРУКТУРНА СХЕМА ВУЗЛІВ БЛОКУ ЖИВЛЕННЯ



КЛАСИФІКАЦІЯ БЛОКІВ ЖИВЛЕННЯ



РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Розрахунок параметрів друкованої плати

$$D = D_{\text{ввив}} + |\Delta d_{\text{н.о.}}| + \Delta_3 - \text{номінальне значення діаметрів монтажних отворів}$$

$$D_{\text{М min}} \geq N_{\text{рас}} \cdot v = 1.5 \cdot 0.33 = 0.495 \text{ мм} - \text{мінімальний діаметр металізованого переміжного отвору}$$

$$D_{\text{о max}} = D_0 + \Delta D + (0.1 \div 0.15) - \text{максимальний діаметр просвердленого отвору}$$

$$D_{\text{1min}} = 2 \cdot (b_{\text{м}} + \frac{D_{\text{о max}}}{2} + \delta_{\text{д}} + \delta_{\text{р}}) + 1.5 \cdot h_{\text{р}} - \text{мінімальний діаметр контактної площинки}$$

ДКМ для оцпадованого покриття олово-свинцев

$$D_{\text{ш max}} = D_{\text{1min}} + 0.02 - \text{максимальний діаметр контактної площинки}$$

Діаметри отворів друкованої плати

ЭРЭ	$D_{\text{с max}}$ мм	D_0 мм	$D_{\text{с min}}$ мм	$D_{\text{о max}}$ мм	$D_{\text{1 min}}$ мм	$D_{\text{т max}}$ мм
DD1-DD5	0.5	0.7	0.7	0.9	1.28	1.3
R1-R3, R1,R3, R8-R12, R14-R16, R18, R19, R23	0.6	0.8				
C1-C4	0.6	0.8	0.8	1	1.58	1.6
R4, R7, R13, R17	0.6	0.8				
HL1-HL42	0.59	0.79				
SB1	0.8	1	1	1.25	1.83	1.8
R20-R22	0.95	1.2	1.2	1.45	2.03	2
XT1	1.3	1.5	1.5	1.75	2.33	2.4

Розрахунок надійності

$$P(t) = e^{-\lambda t} - \text{ймовірність безвідмовної роботи}$$

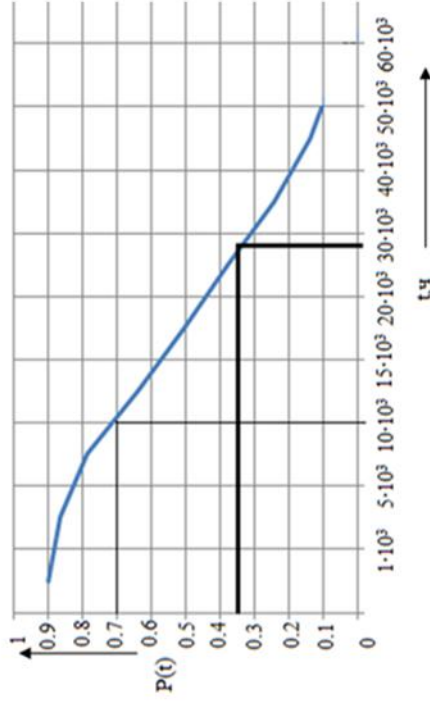
$$Q(t) = 1 - P(t) - \text{відмова роботи}$$

$$T = \frac{1}{\lambda} = 28011.2 \text{ чаов} - \text{середнє напруцювання відмови}$$

$$\lambda = k_{\lambda} \cdot \sum_{i=1}^n a_i \cdot \lambda_{\text{оij}} \cdot n_i = 35.7 \cdot 10^{-6} - \text{інтенсивність відмови}$$

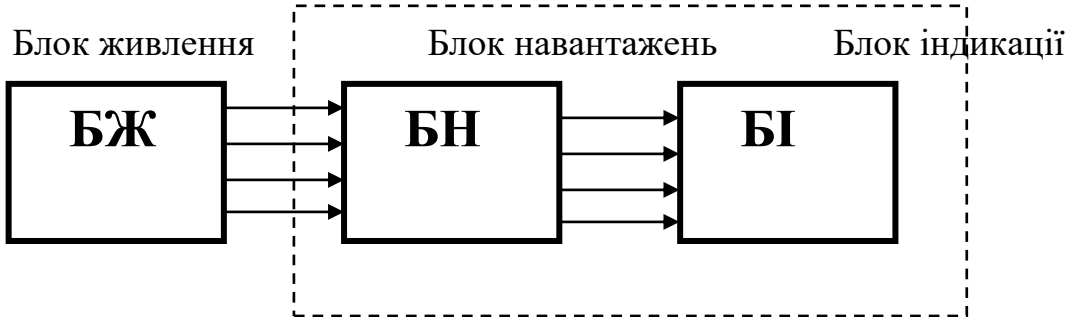
$$t_r = \frac{0.369}{\lambda} = \frac{0.369}{0.0000357} = 10346.6 \text{ часов} \approx 1 \text{ год}$$

Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи

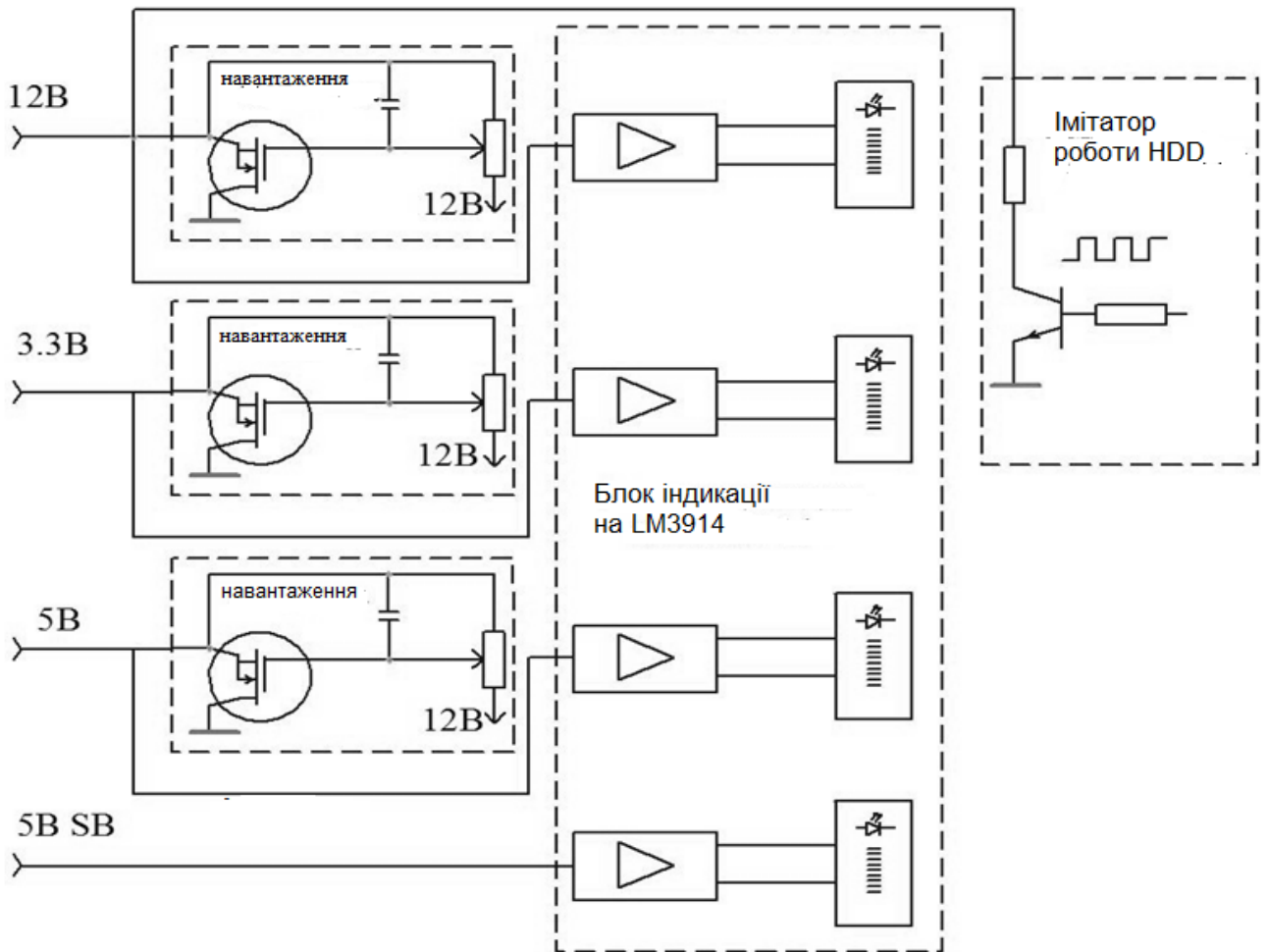


ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СТЕНДУ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ БЛОКІВ ЖИВЛЕННЯ

Структурна схема



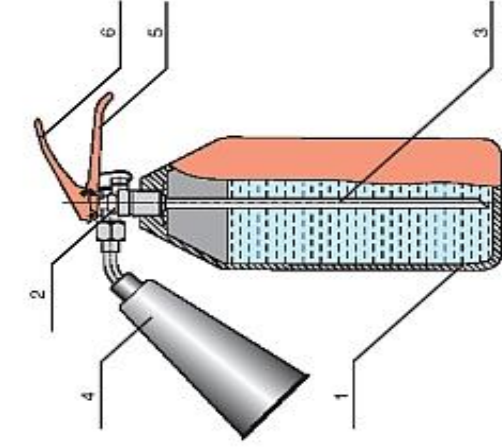
Функціональна схема



БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Облаштування вогнегасника

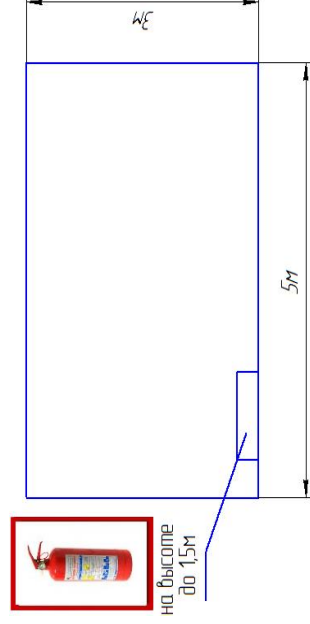
Застосування вогнегасника залежно від класу пожежі



1. Сталевий балон
2. Запірно-пусковий пристрій (ЗПУ)
3. Сифонна трубка
4. Розтруб
5. Ручка для перенесення вогнегасника
6. Важіль ЗПУ

Категорія приміщення (НПБ 105-95)	Гранична площа, що захищається, м ²	Клас пожежі	Пінні та водні вогнегасники місткістю	Порошкові вогнегасники місткістю, л			Хладонові вогнегасники місткістю 2(3) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
				2	5	10		2	5(8)
А Б В (горючі газы та рідини)	200	A	2++	-	2+	1++	-	-	-
		У	4+	-	2+	1++	4+	-	-
		З	-	-	2+	1++	-	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
		Е	-	-	2+	1++	-	-	2++
У	400	A	2++	4+	2++	1+	-	2+	
		Д	-	-	2+	1++	-	-	
		Добре	-	-	2++	1+	2+	4+	
Д	800	ІН	2+	-	2++	1+	-	-	
		С	-	-	4+	2++	-	-	
Г, Д	1800 рік	A	2++	4+	2++	1+	-	-	
		Д	-	-	2+	1++	-	-	
		Добре	-	-	2++	1+	2+	4+	
Громадський будівлі	800	A	4++	8+	4++	2+	-	4+	
		Е	-	-	4++	2+	4+	2++	

Розташування вогнегасника в приміщенні



Рецензія

На дипломний проект Устименко Івана Сергійовича, виконаний на тему «Розробка пристрою для тестування блоку живлення персональних комп'ютерів».

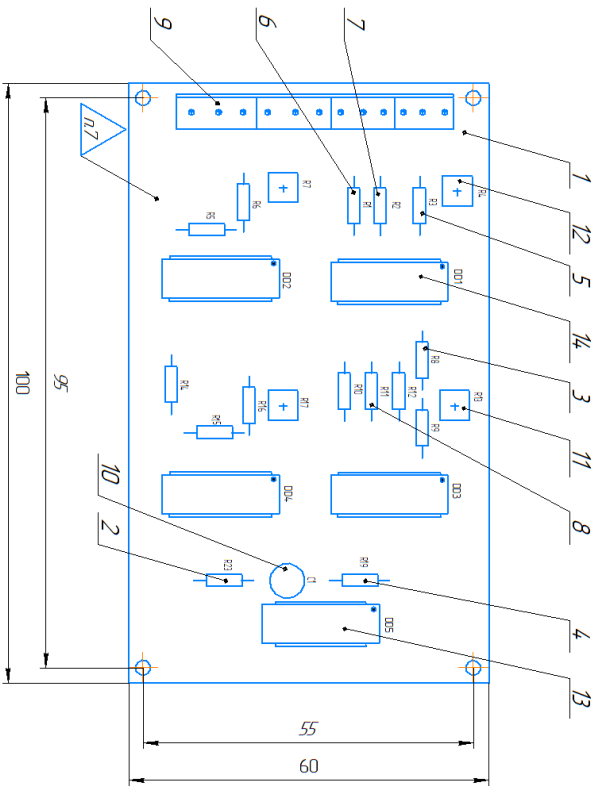
Зміст повністю відповідає технічним завданням. У цьому дипломному проекті автор повністю вирішив поставлені питання у технічному завданні. Зроблено конструктивний розрахунок та надійність пристрою. Подано інженерні рекомендації до дипломного проекту. Також розроблено техніко-економічне обґрунтування виробничого характеру та розглянуто питання охорони праці.

Пояснювальна записка виконана грамотно та правильно, креслення та схеми відповідають вимогам стандартів.

Вважаю, що Устименко Іван Сергійович підготовлений до самостійної роботи, заслуговує на присвоєння кваліфікації інженер за спеціальністю «171 – Електроніка», а дипломний проект – високої оцінки.

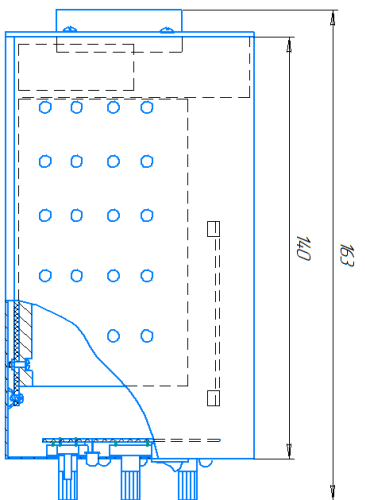
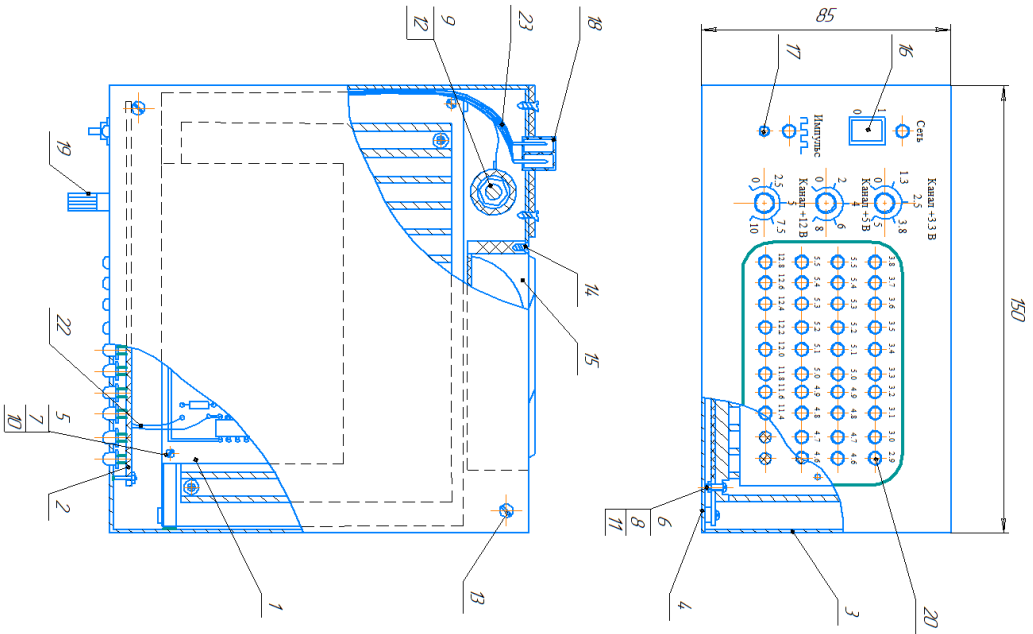
_____ «__» _____20__ р.

(Посада, прізвище, ініціали)



- 1 Розміри дивідок
- 2 ЕРІ поз.4-10 встановлювати за вказівкою літ. поз.3 1112 - за вказівкою літ. ЕРІ поз.В (корпус 2014-11) поз.14 корпус ДП-181
- 3 Корж кардинальної стижі 2,5 мм
4. Ємчєніти поз. 13 14 встановити першим висхідком на контактний металічний шод мєє "квіт"
5. Ємчєніти поз.1112 встановлювати за ночеком висхідк
6. Лєвєтї ПД.611 ОСТ.21931-76
- 3 флєсєм ФКІп ОСТ.4.10033.2000 з сторони зборїтїні устанївїтї корпусїд
7. Пєкїтїтє лєк. уР-231 по ОСТ.180365-82
8. Тєрїдїтїтї тєдїтїм ОТК ємчїтїм ЕТ-572 дїдї-єкєдє кєлєкїтї ОСТ.1.90210-85

Зні	Лист	№ Взам.	Лістн.	Датум	Літ.	Мєсє	Квєртїл
Розроб.							
Лєвєтї							
Лєкїтї							
Дїкїтї							
Ємчї							
Лїтїтї					Квєртїл		
Клєбїтїє крєслєнїя					ЕП-220М		
					Формат А2		



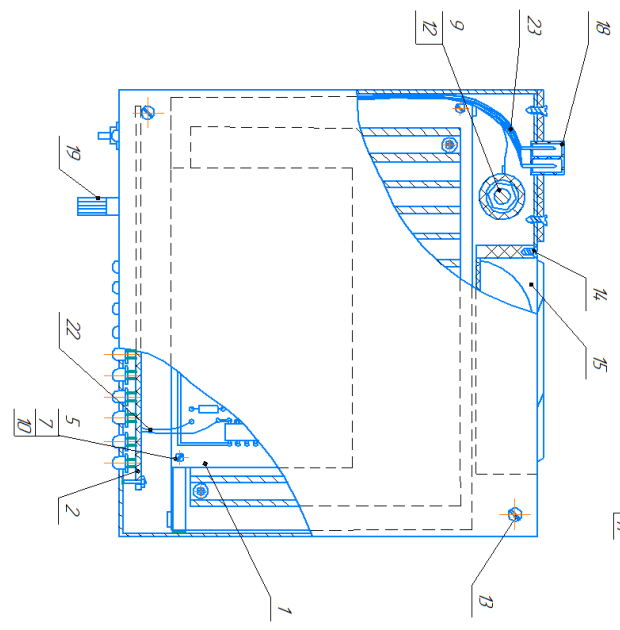
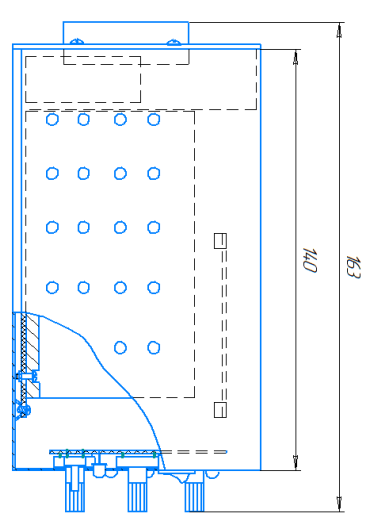
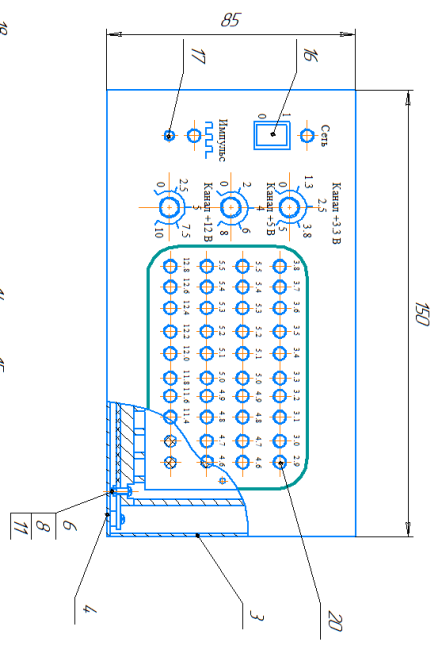
- 1 Розміри деталей
- 2 Технічні умови до об'єктного монтажу
- 3 Індикатор виступи відвідано до УНГ.4.1134.188 ЕС
- 4 УНГ.4.1134.1881Б проводом поз. 22.23
- 5 Лампа ЛДЛ-51 ГОСТ 27931-76 із фіксатором ФКЛ за ГОСТ.4.0033.200
- 6 Таблиця для відбиття емалю ЕП-572. Вип.1. ГОСТ 19020-85.

Зм.	Лист	№ Взам.	Плн.	Деталі	Лист	Листів	Усього
Розроб.							
Перев.							
Комп.							
Вибір							
[Деталь] для приставки					Лист	Листів	
[Види машини, приставки]							
[Кодовий ключення]					Лист	Листів	1
[Назва]							
[Вид]							

Контракт

Формат А2

ЕП-22ДМ



1. Розміри дробіток
2. Технічні вимоги до об'єкта моніторингу
- ОСТ 4:10054,263
3. Матриця вестри відповідно до УНГ 4:1134, 188 ЕС
- УНГ 4:1134, 188 ЕС провідом поз. 22, 23
4. Джерело вивагати чистоты поз. 21
5. Двигун ПДС-611 ГОСТ 21931-76 із флансом ФКП за ОСТ 4:10033,200
6. Таблиця вивагати екслюзів ЕП-572 діалог: ОСТ 1 90210-85

Зм.	Лист	№ Вибачч.	Підп.	Датум	Диспетр/І діля плавильничня	Лист	Маса	Місцешаб
Розробка					Відп. жидкості і газу			
Перевірка					Контрольоване кваліфікація			
Листові								
Інженер								
Замов.								

Кваліфікація: ЕП-22ДМ

Формат: А2

Сторона установки навесных элементов

100h12

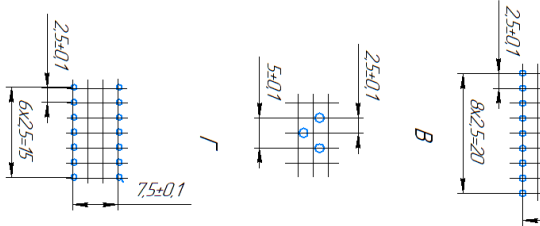
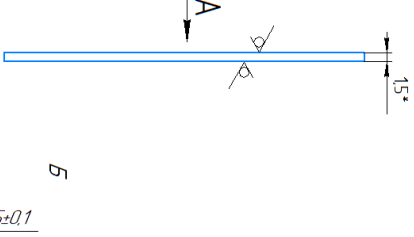
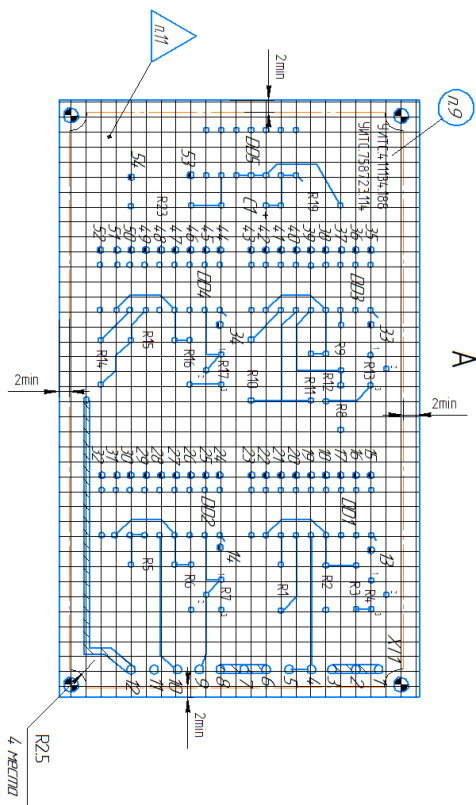
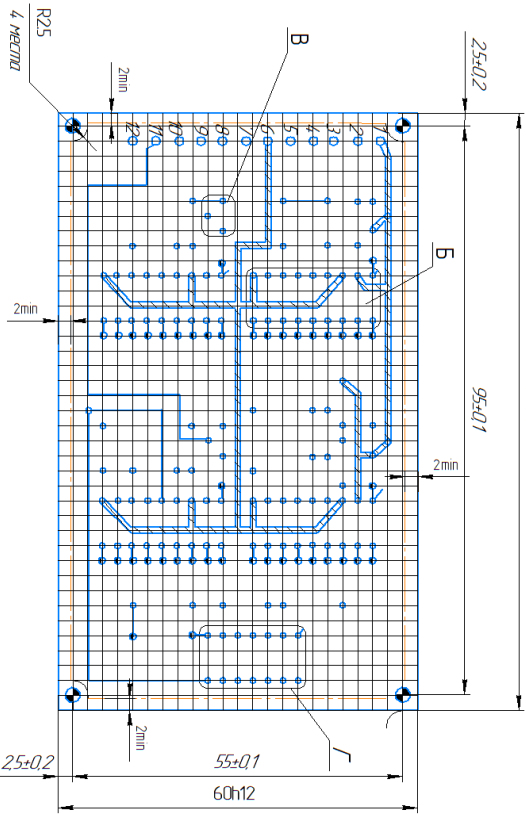


Таблица 1

Условные обозначения отверстий	Диаметр отверстия, мм	Диаметр монтажной дыры, мм	Начисленные материалы	Количество
	0,7h12	15±0,2	актв	239
	0,8h12	16±0,2	актв	42
	1,2h12	20±0,2	актв	12
	3h12	-	актв	4

1. Размер для справок
2. Плату изготавливать кардинальным лазерным методом
3. Шаг кардинальной сетки 25 мм
4. Свещеные оси контактных площадок вправо стороны ориентированно контактных площадок первого стороны не более 0,1 мм
5. Конфигурация и расположение проводников выдерживать по кардинальной сетке с отклонением ±1 мм
6. Места обведенные шпатель-пухлякными линиями проводниками и контактные площадки не зачищать
7. Проводники элементов платы указаны в таблице 1
8. Ключ выгнать в виде "усика" длиной 10±0,5 мм шириной 0,5±0,2 мм
9. Маркировать и нанести надписи по кардинальной сетке с отклонением ±1 мм шрифтом по ГОСТ 100312-78, 1-2, 3-2, 5-2, 9-2
10. Печатный монтаж и надписи выгнать проводником покрывать O-SiO₂ 12 нм
11. Клеить кувейтом OTC эмалью ЭТ-572 любого цвета по ГОСТ 19020-85
12. Плата должна соответствовать требованиям ГОСТ 23752-79 (длина жесткости 1

Эл.	Конт.	№ выв.	Плн.	Дима	Плата	Лит.	Мас.	Исполн.
Резист								21
Транз								1
Итого								
Листов								
Зонт								

Контракт

ФЛ-220М

Формат А2

Изм. № подл.	Плн. i дата	Взам. инв. №	Изм. № дубл.	Плн. i дата
--------------	-------------	--------------	--------------	-------------

Спраб. №	Перш. зост.
----------	-------------