

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Блок живлення АТХ потужністю 230 Вт

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Ярошук О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Яськів А.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Марценюк А.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2021

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Ярощуку Олексію Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Блок живлення АТХ потужністю 230 Вт

Керівник роботи Яськів Анна Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 31 » 05 2021 року № 4/7-435 .

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Необхідність створення блоку живлення форм-фактора АТХ потужністю 230Вт для системних модулів типу IBM PC-XT / AT

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

1. Основна частина

2. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

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

1. Структурна схема блоку

2. Схема електрична принципова блоку

3. Друкований вузол блоку

4. Плата друкована блоку

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання		
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи		
3	Розробка структурної схеми блоку		
4	Розрахунок основних вузлів у схемі блоку		
5	Вибір компонентної бази для блоку		
	Компоновка друкованого вузла блоку		
6	Створення допоміжної документації		
7	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони		
8	праці		
	Нормоконтроль		
9	Попередній захист КР		
10	Захист КР		

Студент _____
(підпис)

Ярошук О.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Яськів А.В. _____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Блок живлення АТХ потужністю 230 Вт. Кваліфікаційна робота бакалавра // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2021 р. //с.-54, рис.-28, табл.-1, бібліог. – 9, додат.-3.

Ключові слова: БЛОК ЖИВЛЕННЯ, АТХ, СХЕМА ПРИНЦИПОВА СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ТА СТРУКТУРНА.

В роботі розроблено блок живлення АТХ потужністю 230 Вт. Проаналізовано технічне завдання та проведено аналіз відомих рішень схемотехніки щодо проектування блоків живлення.

Наведено етапи проектувальних рішень блоку живлення з форм-фактором АТХ з параметром потужності в 230 Вт, а саме наведено процеси розроблення схеми структурної електричної, на підґрунті якої здійснено розроблення схеми принципової електричної, а також для підбору елементної бази здійснено розрахунок деяких вузлів зі схеми електричної принципової. Описано технологію процесу виготовлення плати блоку живлення.

ANNOTATION

Power supply ATX with a capacity of 230 watts. Qualification work bachelor's // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAs-41. // Ternopil, 2021 //p.-54, fig.-28, table-1, bibliog. - 9, appendix-3.

Key words: POWER SUPPLY, ATX, SCHEME ELECTRICAL PRINCIPLE AND STRUCTURAL.

The work developed an ATX power supply with a capacity of 230 watts. The technical task is analyzed and the analysis of the known decisions of circuit engineering concerning designing of power supplies is carried out.

The stages of design decisions of the power supply unit with ATX form factor with a power parameter of 230 W are given, namely the processes of development of the structural electric circuit are given, on the basis of which the basic electric circuit is developed. The technology of the power supply board manufacturing process is described.

Зміст

Вступ.....	6
1 Основна частина.....	9
1.1 Аналіз завдання на роботу.....	9
1.1.1 Обґрунтування актуальності теми роботи.....	13
1.1.2 Аналіз інформації.....	13
1.2 Розробка структурної схеми блоку живлення.....	15
1.3 Розробка електричної принципової схеми.....	18
1.4 Підбір і обґрунтування елементної бази.....	32
1.5 Виготовлення друкованої плати.....	40
1.6 Висновок до розділу 1.....	45
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	46
2.1 Забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців при виробництві блоку живлення.....	46
2.2 Охорона праці при розробці блоку живлення.....	48
2.3 Висновок до розділу 3.....	52
Висновки.....	53
Список використаних джерел.....	54
Додатки.....	55

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ярошук О.В.			Блок живлення АТХ потужністю 230 Вт Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Яськів А.В.					6	53
Консул.						ТНТУ ФРК, гр. РАС-41		
Н. Контр.		Марценюк А.						
Затверд.		Дунець В.Л.						

Вступ

Сучасна ринкова економіка вимагає якісно-надійних виробів у поєднанні з швидко-якісним обслуговуванням. Низький рівень ціни передує показникам конкурентоспроможності виробів та послуг. Все це є неможливим без процесу автоматизації у практично всіх сферах життя людей. В теперішньому руслі життя персональний комп'ютер (ПК) є універсальним техзасобом автоматизації. Аналізом виявлено, що комп'ютери інтегровані у сферах радіотехніки, медицини, виробництва для швидкого проектування, аналізу, моделювання та безпосередньо використовують для виробництва деталей, сільського господарства, дослідницьких цілей, масштабних електронних платежів та сфері розваг. Відзначено, що сучасний комп'ютер - це складний електронний інструмент, що об'єднує у собі всі наукові досягнення з галузей техніки та техніки. Спроба збільшити швидкість роботи інструменту змушує розробників знижувати рівень сигналу та застосовувати технології, чутливі до зовнішніх впливів, що сильно впливає на надійну роботу пристрою. Все це призводить до жорстких вимог до джерела живлення та параметрів його стабільності.

У випадку нестабільної напруги комп'ютера спостерігаються такі наслідки:

- Несправність основної плати;
- Збої пам'яті;
- Механічні пошкодження, що зберігаються на жорсткому диску (накопичувачі);
- Пошкодження диска при записі CD / CD-RW;
- Операційна система раптово перезавантажується.

Ця нестабільна робота обладнання, коли воно є ключовим компонентом системи, призведе до зниження загальної продуктивності та надійності системи. Такий робочий стан персональних комп'ютерів дуже поширений в

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Україні. Причина базується на тому, що використовується низькоякісний блок живлення. Вартість якісних джерел живлення для ПК висока, тому, враховуючи рівень споживання, кількість імпорту в Україну обмежена і надається декільком виробникам ПК (колекторам).

Після досліджень стає зрозуміло, що в Україні можна виробляти високоякісні блоки живлення для ПК за ціною, яку можуть собі дозволити звичайні споживачі. Отже, метою цієї оцінки є розробка блоку живлення (далі - ВЗ) у формі АТХ, який повністю відповідає вимогам стандартів, встановлених INTEL, з високою надійністю та низькою вартістю.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Основна частина

1.1 Аналіз завдання на роботу

1.1.1 Обґрунтування актуальності теми роботи

Проаналізуємо схемотехнічні рішення щодо проектування блоків живлення форм-фактору АТХ.

ІБЖ ZENDOM моделі ZP0506 функціонально складається з компонентів: перетворювача, випрямляч мережевої напруги, каскаду керування, ШІМ-контролера, елементів кола запуску, стабілізації і захисту, формувача сигналу P.G., випрямляча напруги імпульсного виду.

Параметри БЖ:

- напруга на вході - 230 В (115 В) при частоті - 50/60 Гц.
- показник струму на вході - 3 А (6 А) та струм на виході джерела: 1) +5 В, 20 А; 2) +12 В, 10 А; 3) -5 В, 0,5 А; 4) 12 В, 0,5А.

Схему електричну імпульсного БЖ ZENDOM ZP506 зображено на рис.1.1.

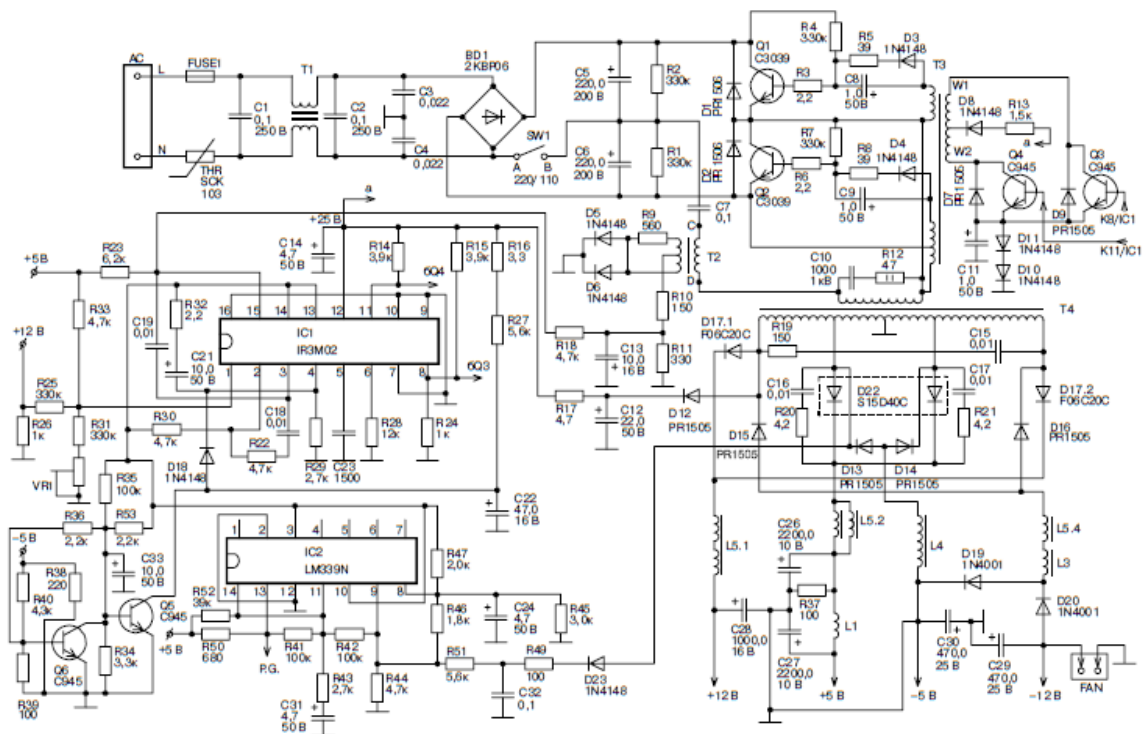


Рисунок 1.1 – Схема електрична імпульсного БЖ ZENDOM ZP506

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

випрямлячем +5 В_{SB}, елементи дистанційного включення джерела живлення і додатковий випрямляч +3,3 В, а також інші елементи, притаманні джерелам живлення АТХ.

Параметри БЖ:

- показник входної напруги – 115/230 В.
- показник струму на вході – 6/3 А.
- показник частоти на вході – 60/50 Гц.
- показник входної напруги джерела: +3,3 В, 14 А; +5 В_{SB}, 1,5 А; +5 В, 23 А; -5 В, 0,5 А; +12 В, 9 А; -12 В, 0,5 А.

Схему принципова електрична ІБЖ РМ-230W зображено на рис.1.4.

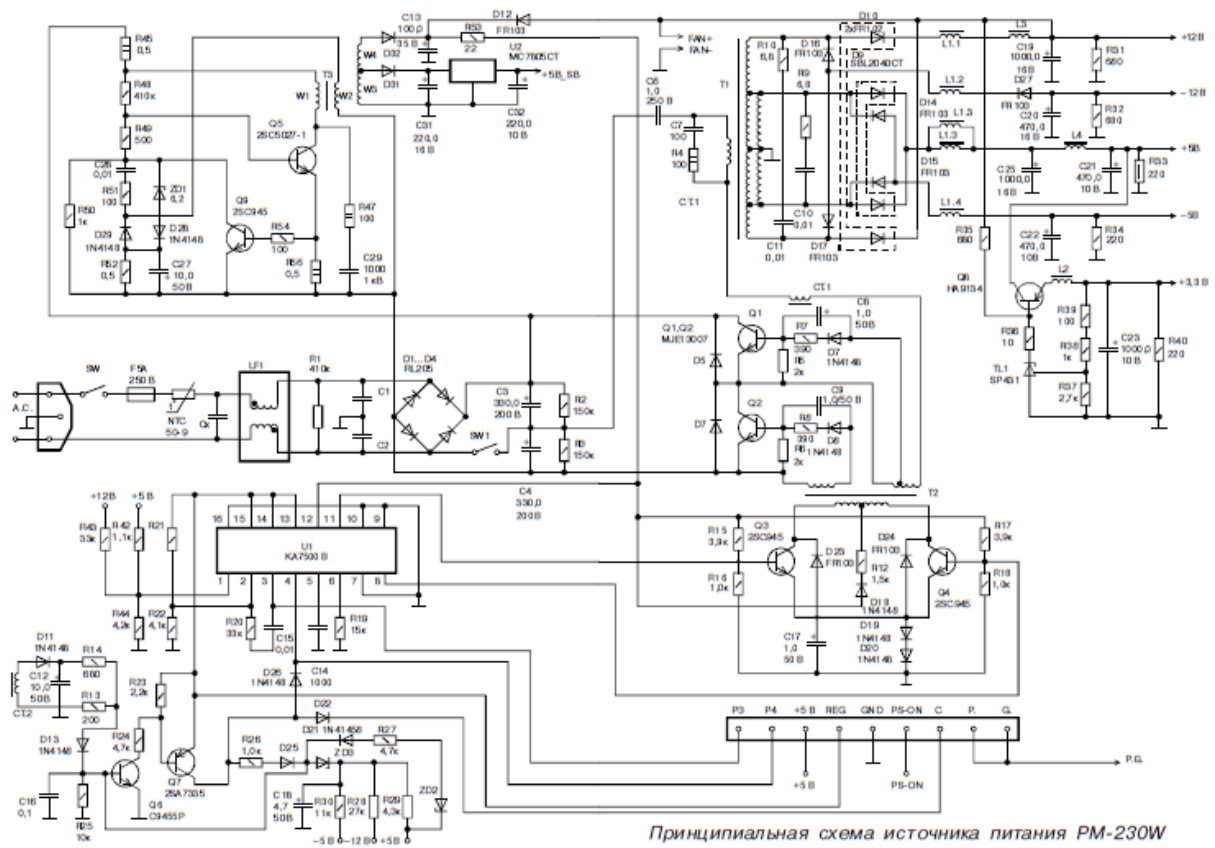


Рисунок 1.4 – Схема принципова електрична ОС-002А

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.1.2 Аналіз інформації

БЖ модулів системи IBM PC XT/AT призначено для трансформації напруги мережевої змінної на вході в напругу вихідну постійну, які організовує функціональність усіх вузлів комп'ютерів.

БЖ для усіх наявних комп'ютерів будуються за типом трансформаторної схеми комутування до мережі, і представляє собою БЖ імпульсного типу, які мають великий показник ККД (не менше 70%), низьким показником ваги та габаритів.

За наявності такої кількості переваг, імпульсного типу БЖ представляє собою імпульсні завади і це висуває безпосередньо до схеми високі вимоги до показника сумісності електромагнітної з будь-яким типом комп'ютера, і електронними пристроями. Окрім цього в БЖ без трансформаторів відсутня розв'язка гальванічна вузла блоку з мережею, що висуває спеціальні міри під час ремонту.

Велика частка компонентів БЖ функціонує зі струмами високих частот (близько 60кГц), це провокує до перегріву компонентів, тому важливо забезпечити відповідний тепловий режим. До компонентів, які перегріваються, відносять: транзистори імпульсного типу в каскаді силовому, імпульсний трансформатор силовий, імпульсно-силові напівпровідники в ланцюгах на виході, стабілізатори напруги, дроселі стабілізації.

Задля забезпеченості електрично-магнітної сумісності електрична схема БЖ в більшості випадків локалізується в корпусі з металу, який виконує функцію електромагнітного екрану. Таке представлення забезпечує пониження рівнів завад. Решту завад, які є небезпечними для функціонування ПК і для решту пристроїв є кондуктивними завадами. Ядром кондуктивних завад є будь-які зовнішні пристрої і БЖ. Зовнішнє джерело завад є пристрої зварювання, електродвигуни, радіотехнічні пристрої та інші. В БЖ джерелами кондуктивних завад є режими функціонування потужних транзисторів – процес інверсії діодів випрямлення та комутації. Для

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зниження рівня впливу кондуктивних завад необхідно застосовувати завадні фільтрації та схемні техзасоби боротьби.

Для забезпеченості теплових режимів, компоненти, які перегріваються необхідно оснастити радіаторними конструкціями, а до компонентів, для котрих це є неможливим треба використати обов'язкове охолодження.

Як приклад охолоджуючого засобу примусового в системах, які забезпечують теплові режими в радіобудуванні переважно використовують вентиляційні системи. Найефективнішою охолоджуючою системою вентиляційною є система з примусовим охолодженням повітря через продування.

Використання вентиляційних систем дає низку переваг і недоліків. До переваги віднесено змога зменшення розмірів радіатора, а також штучне підтримування температури в корпусному просторі на відповідних рівнях. До недоліку шум фону, який генерує вентиляційна система при функціонуванні. Тому є проблема заниженості рівнів шумів.

При примусовій процедурі охолодження не використовують звичайні вентиляційні системи з колекторним мотором, оскільки він є причиною перешкод електро-магнітних та потребує систематичних ремонтів, які пов'язані з механічними щітками. Тому є необхідним використовувати вентиляційні системи, які виконано без варіантів.

Найважливішим чинником при конструюванні плати БЖ, зі сторони забезпеченості теплових режимів є найкраще розташування компонентів зі сторони обмеження, які формує схемотехнічне рішення БЖ. В такому випадку під час трасування плати і конструювання кожухів БЖ компоненти, які формують велике число потужності у виді теплового потоку, необхідно розташовувати по напрямку потоків повітряних.

Для забезпеченості конструктивності з позиції безпечності технічної, необхідно використовувати 3 стандартну виделку для живлення із використанням 3-ох провідникових шнурів з 3-ох контактів розетки на ІБЖ і

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2-ох штиркових вилок, які включенні в мережу. До отворів під встановлення вентиляторів треба монтувати сітки для підвищення рівня захищеності. Для захищеності проводів від пошкодження ізоляційного матеріалу необхідно використовувати кільце, яке виготовлено з пластику.

Для забезпеченості високих рівнів якостей, надійності, міні собівартості та ремонтоздатності необхідно використовувати сучасну компоненту базу та новітні матеріали, що є поширеними на ринку електроніки.

Технічні характеристики проектуючого ІБЖ:

- показник вхідної напруги: 90...135В (180...265В).
- показник потужності споживання: 250 Вт.
- показник вихідної напруги: +12, +5, -5, -12,+3.3 В.
- показник струму споживання від мережі 220 В: 1,13 А.
- показник частоти: 48-63 Гц
- показник температур: 0-40С
- ККД: більше 65%

1.2 Розробка структурної схеми блоку живлення

При розробці блоку проектування починається зі створення структурної схеми. Завдяки спрощенню схеми блоку вдається на ранньому етапі виявити помилки проектування, перерозподіляти вимоги до вузлів блоку. На структурних схемах пред'являються вимоги до принципів схем блоків виробу, задаються вимоги до параметрів вхідних і вихідних сигналів, перевіряється реалізація цього блоку. В результаті значно скорочуються зусилля по розробці принципової схеми блоку.

Реальне розташування вузлів на структурній схемі зазвичай не враховується. Крім того, не уточнюється спосіб зв'язку між блоками (дротова, індуктивна, оптична і т.п.). Структурна схема повинна давати наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин у БЖ.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Для складання структурної схеми блоку вибрано метод функціонального нарощування.

Схему електричну структурну блоку живлення АТХ з показником потужності 230 Вт наведено на рис.1.5.

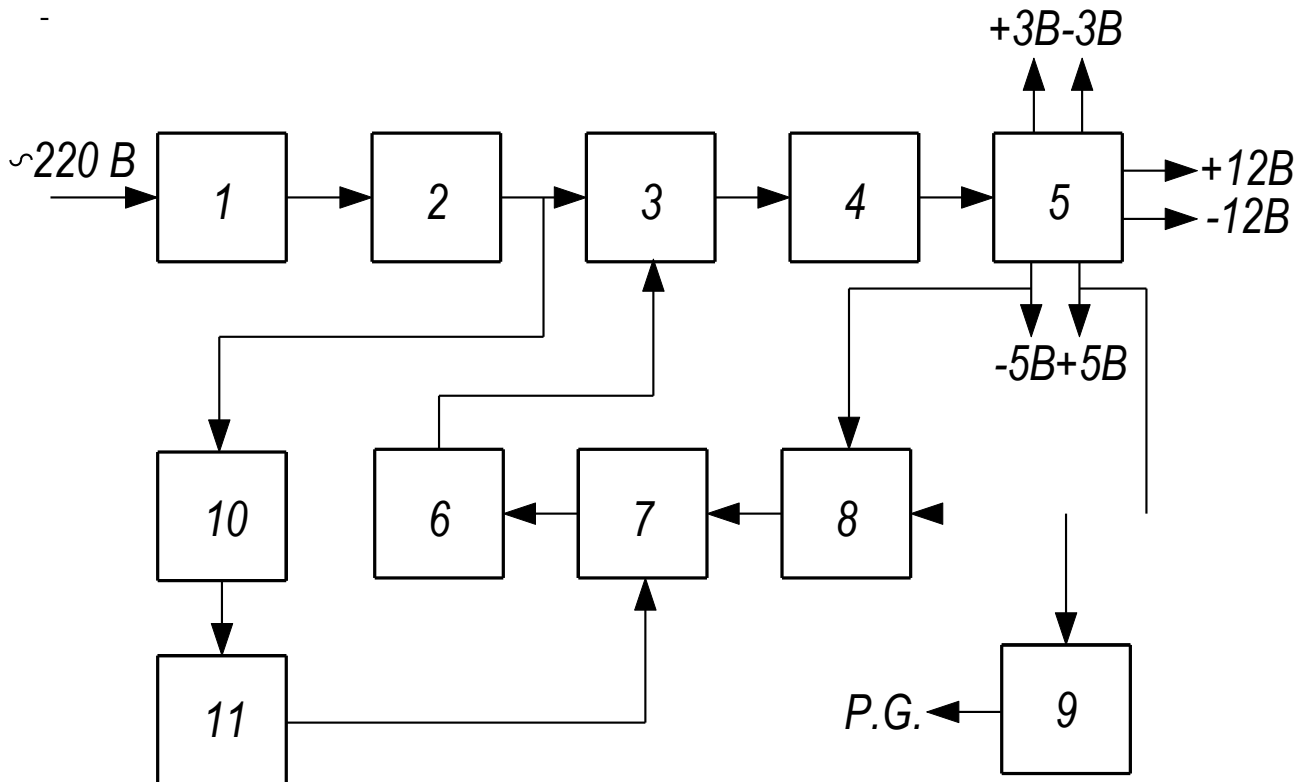


Рисунок 1.5 – Структурна схема електрична блоку живлення АТХ

На рис.1.5 позначено:

1. Фільтр мережевий.
2. Випрямляч низької частоти, фільтр згладжування.
3. Перетворювач.
4. Трансформатор імпульсного типу.
5. Випрямляч високої частоти.
6. Схема управління.
7. контролер ШІМ.
8. Блок контролю та захисту.
9. P.G.

10. Додатковий напруговий перетворювач.

11. Випрямляч напруги +5В.

В блоці напруга живлення шляхом проходження скрізь зовнішній роз'єднувач мережі поступає на фільтр мережеві 1 і випрямляючий вузол низької частоти 2. В подальшому напруга, яка є випрямленою, порядку рівня 300 В, через наполовину мостовий перетворювач 3 трансформується в імпульсний вид. Процес розв'язування мережі від споживача відбувається із використанням трансформатора з імпульсними властивостями 4. Трансформатора 4 обмотки вторинні підключено до випрямляча високої частоти 5 ($\pm 12\text{В}$, $\pm 5\text{В}$, $\pm 3\text{В}$) та фільтрам згладження.

Сигнал Power Good (нормоване живлення) (формується пристроєм для формування сигналу живлення в нормі (P.G.) 9) поступає до системної плати через інтервал 0,1-0,5с після наявності живлення в +5В та здійснює встановлення початкових установки процесора. Запобігання виходу з ладу силової складової живлення забезпечується схемою захищення і контролювання 8. За відсутністю аварійного режиму роботи ці вузли утворюють сигнали, що дають змогу функціонувати контролеру-ШІМ 7, який здійснює процес керування напівмостового перетворювача 3 із використанням вузла керування 6. При аварійному режимі функціонування відбувається скид Power Good-сигналу.

Живлення ШІМ-контролера 7 поступає скрізь фільтр мережеві 1, випрямляч низької частоти 2, додатковий напруговий перетворювач 10 та випрямляч напруги 11.

Тривалість відкритого стану ключів перетворювача 3 задає значення величини напруги на виході джерела. Процедура підтримки рівня напруг на виході з постійним значенням в контролері 7 забезпечується схемою керування 6 з наявністю зворотнього зв'язку. В такому випадку як помилки застосовується відхилення значення напруги на виході від +5В.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

1.3 Розробка електричної принципової схеми

Вхідне коло

Вхідне коло складається з мережевого запобіжника F1, обмежувального резистора R16, вхідного фільтра синфазних і диференціальних перешкод, утвореного дроселем T1, і конденсаторі C4, C10, C11. Напруга первинної електромережі через загороджувальний фільтр T1, C4, C10, C11 надходить на двонапівперіодний випрямляч VD7. Конденсатори C15, C16 і резистори R26, R27 - елементи вихідного фільтра.

Перетворювач

Навантаженням фільтра є напівмостовий регульований автогенераторний перетворювач, до складу якого входять:

- Трансформатор T3
- Перемикаючі транзистори VT5, VT6
- Елементи C21, R37 (властивості перехідного режиму транзистора VT5);
- Елементи C22, R39 (властивості перехідного режиму транзистора VT6).

Резистори R38, R40 призначені для зменшення пускового струму VT5, VT6, відповідно, а VD10, VD11 - захищають транзисторі VT5, VT6 при перехідних процесах в перетворювачі. Транзистори VT5, VT6 відкриваються поперемінно. Моменти перемикання ключів транзисторів VT5, VT6 визначається параметрами позитивного зворотного зв'язку, який утворений індуктивно зв'язаними обмотками трансформатора T2. В результаті в колах:

+UDB101 → VT5 (к-е) → T1 → T2 → C20 → C18 → UBD101

+U DB101 → VT6 → C20 → T2 → T1 → VT6 (к-е) → U BD101

циркулюють імпульсні струми. Конденсатор C20 обмежує небажане підмагнічування осердя T2, а конденсатор C20, R34 утворюють демпфуюче

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

коло. Подільники напруги R37, R38, R40, R39 визначають режим транзисторів VT5, VT6.

Кола керування і захисту.

Загальна тривалість вихідних імпульсів утворюється в результаті сумісної роботи генератора пилкоподібної напруги, підсилювачів помилки 1 і 2, а також ШІМ-формувача. На виходах в точках 8 і 11 створюються імпульсні послідовності, що надходять на транзистори VT8, VT9 каскаду управління. Ефективне управління перетворювачем на VT5, VT6 здійснюється транзисторами VT8, VT9, робота в тяжкому ключовому режимі. За допомогою діодів VD24, VD29 здійснюється їх захист в режимі «наскрізних струмів». Утримування вимкненого стану транзисторів здійснюється колом VD25, VD26, C24. При подачі живлення на мікросхему (вивід 12 DD1) включається задаючий генератор. Пилоподібна напруга задаючого генератора надходить на компаратор широтно-імпульсного модулятора, встановлюючи його в одиничний стан. При цьому утворюється передній фронт керуючих перетворювачем сигналів. Другий вхід компаратора підключений до виходу підсилювача помилки 1. Вихідні напруги +5 В і +12 В, склавшись на суматорі резистивного типу R2, R3, R4, R5, R9, надходять на підсилювач помилки 1 (вивід 1 DD1). На другий вхід цього підсилювача приходить опорна напруга через дільник R8, R13. Задній фронт імпульсу формується вихідним сигналом підсилювача помилки на інтервалах, які перевищують «пилку». Регулювання тривалості вихідних імпульсів здійснюється зміною моменту перетину пили і вихідного підсилювача помилки. Захист від надмірного струму реалізовано за допомогою ланки R1, R28, VD8, C1, при підключеній до виводу 6 DD2. Вузол, організований на R47, R28, VT3, VD20, R33, R46, C12 - захист від коротких замикань у навантаженні каналів -5 В. і -12 В. Якщо одна з напруг різко зменшується, то транзистор VT3 закривається, і по колу R40, R47, VD20 починає протікати струм більшої величини. Збільшення падіння

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

напруги на R41 викличе спрацьовування компаратора «мертвої зони», що викличе зменшення тривалості вихідних імпульсів, а відповідно, і зменшення вихідної напруги.

Схема формування сигналу «живлення в нормі» P.G.

Схема формування сигналу «живлення в нормі» P.G. організована на тригері Шмітта, VT4, VT7. При аварійній роботі джерела живлення сигнал скидається ключем на транзисторі VT2, підключеному до виходу підсилювача DD2 помилки 1 через резистор R36. У закритому стані ключа VT2 здійснюється заряд конденсатора C19 через резистор R29 від джерела живлення +5 В. Через деякий період часу напруга заряду буде достатньою, щоб через діод R42, R43 встановити тригер VT4, VT7 в стан, при якому на виході PG високий рівень напруги. Діод VD13 прискорює розряд конденсатора затримки C19 сигналу P.G. при перезапуску джерела живлення.

Вихідні випрямлячі.

У вторинних колах трансформатора T2 використовуються двополярна схема випрямлення з середньою точкою. Елементи R241, C211, R243, C213 і R242, C213 - демпфируючі ланки, що зменшують імпульсні перешкоди, які створюються джерелом при роботі. Згладжування пульсацій на виході випрямлячів забезпечується елементами L9, C28-C32. Резистори R55, R56, R57, R63 є навантажувальними для холостого ходу.

Розрахунок вузла схеми

Необхідні дані для визначення параметрів вузла блоку живлення:
 $U_c=220\text{В}$; $f_c=50\text{Гц}$; $U_{21}=9.5\text{В}$; $I_{21}=1,8\text{А}$

Підсумкова потужність вторинної трансформаторної обмотки:

$$P_{\text{н.тр}} = U_{21} \cdot I_{21}, \quad (1.1)$$

$$P_{\text{н.тр}} = 9,5 \cdot 1,8 = 17,1 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

										ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
											20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Трансформаторна потужність:

$$P_{\Gamma} = 0,5 \cdot P_{н.тр} (1 + K_{В_i}), \quad (1.2)$$

$$K_{В_i} = \sqrt{1 - I_{д}^2} = \sqrt{1 - 0,4} = 0,77,$$

де $I_{д}^2 = 0,4$ – співвідношення середнього значення сили струму на навантаженні до діючого струму на обмотці.

$$I_{ср} = 0,637 \cdot I_{21} = 0,637 \cdot 1,8 = 1,15$$

Із урахуванням коефіцієнту $K_{В_i}$, потужність габаритна усього трансформатора дорівнює:

$$P_{\Gamma} = 0,5 \cdot 17,1(1 + 0,77) = 15,13 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

На рис. 1.6 відображено графік залежності ККД трансформатора $\eta_{тр}$ потужності на виході магнітпроводом кільцевого типу (1) із значенням струмової частоти мереж 50 Гц.

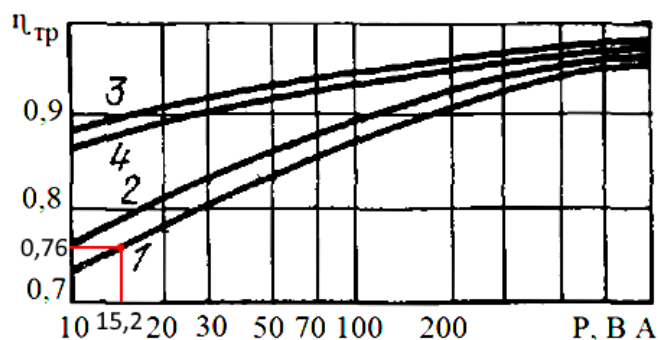


Рисунок 1.6 – Графік залежності ККД трансформатора $\eta_{тр}$ потужності на виході з магнітпроводом кільцевого (1,3), стержневого і броневого (2,4) типів із значенням частоти струму мережі 50 Гц (1,2) та 400 Гц (3,4)

$$b = 20 \text{ мм},$$

$$c = 9 \text{ мм},$$

$$h = 26 \text{ мм},$$

$$S_c = 3,2 \text{ см}^2,$$

$$S_B = 2,34 \text{ см}^2,$$

$$S_c S_B = 7,488 \text{ см}^4,$$

$$l_{\text{ср}} = 9,5 \text{ см}.$$

Значення дієве ЕРС на обмотці первинній дорівнює:

$$E_1 = U_1 * \left(1 - \frac{\Delta U_1}{100}\right) = 220 \left(1 - \frac{8}{100}\right) = 202,4 \text{ В}, \quad (1.4)$$

де $\Delta U_1 = 8\%$ – значення відносного спаду рівня напруги первинної обмотки (за рис. 1.8 на кривій 1).

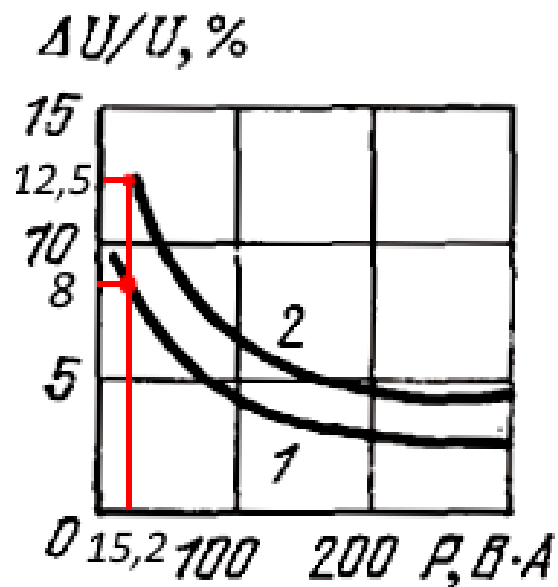


Рисунок 1.8 – Графік залежності спаду напруги на обмотці трансформатора без навантаження від значення потужності з частотою 50 Гц: 1 – перегрівання на трансформаторі 35°C, 2 – 50°C

Діюче значення Е.Р.С на одному витка:

$$e = 4 * K_{\Phi} * f_c * B * S_c * K_c * 10^{-4}, \quad (1.5)$$

$$e = 4 * 1,11 * 50 * 1,55 * 3,2 * 0,95 * 10^{-4} = 0,105 \text{ В.}$$

Загальне число витків 1-ої обмотки:

$$\omega_1 = \frac{E_1}{e}, \quad (1.6)$$

$$\omega_1 = \frac{202,4}{0,105} = 1928 \text{ витків.}$$

Діюче значення Е.Р.С вторинної обмотки E_1, E_2, \dots, E_i під впливом навантаження:

$$E_2 = U_i * \left(1 + \frac{\Delta U_2}{100}\right), \quad (1.7)$$

де $\Delta U_2 = 12,5\%$ (з рис.1.7 на кривій 2).

$$E_2 = 9,5 * \left(1 + \frac{12,5}{100}\right) = 10,7 \text{ В.}$$

Загальна кількість витків на 2-ій обмотці:

$$\omega_2 = \frac{E_2}{e}, \quad (1.8)$$

$$\omega_2 = \frac{10,7}{0,105} = 102 \text{ витки.}$$

Складова активного характеру дорівнює сумарним струмам навантаження на первинній обмотці:

$$I'_1 = I_{H1} * \frac{U_{H1}}{U_c}, \quad (1.9)$$

$$I'_1 = 1,8 * \frac{9,5}{220} = 0,078 \text{ А.}$$

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Складова активного характеру характеризується втратою в магнітопроводі:

$$I_{\text{ст}} = \frac{G_{\text{ст}} * P_{\text{ст}}}{U_c}, \quad (1.10)$$

$$I_{\text{ст}} = \frac{1,23 * 2,5}{220} = 0,014 \text{ A},$$

де $G_{\text{ст}} = 1,23$;

$P_{\text{ст}} = 2,5$.

Складова реактивного характеру дорівнює струму намагнічуваності на трансформаторі:

$$I_{\mu} = \frac{H_{\infty} * l_{\text{сер}}}{\omega_1}, \quad (1.11)$$

$$I_{\mu} = \frac{1,2 * 9,5}{1928} = 0,006 \text{ A},$$

де $H_{\infty} = 1,2$ – ампери-витки намагнічуваності із значенням індукції B .

Значення повного струму на обмотці первинній:

$$I_1 = \sqrt{(I_1' + I_{\text{ст}})^2 + I_{\mu}^2}, \quad (1.12)$$

$$I_1 = \sqrt{(0,078 + 0,014)^2 + 0,006^2} = 0,092 \text{ A}.$$

Значення струму при холостому ході на трансформаторі:

$$I_x = \sqrt{I_{\text{ст}}^2 + I_{\mu}^2} = \sqrt{0,014^2 + 0,006^2} = 0,015 \text{ A}. \quad (1.13)$$

В більшості випадків значення струму при холостому ході низькопотужних трансформаторних засобів є рівною 25-40% струму на первинній обмотці.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення діаметру мідного проводу для усіх обмоток знайшов за значенням дієвого значення обмоткового струму I_{Hi} та густини струмової J :

$$d_{Mi} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{Hi}}{j}} \text{ мм}, \quad (1.14)$$

$$d_{M1} = 1,13 \sqrt{\frac{0,092}{5}} = 0,153 \text{ мм},$$

$$d_{M2} = 1,13 \sqrt{\frac{1,8}{5}} = 0,67 \text{ мм}.$$

Значення діаметрів дротів провідника кожної з обмотки закруглив з урахуванням стандарту:

$$d'_{M1} = 0,16 \text{ мм},$$

$$d'_{M2} = 0,67 \text{ мм}.$$

При присутності ізоляції отримано:

$$d_{i3.1} = 0,19 \text{ мм},$$

$$d_{i3.2} = 0,72 \text{ мм}.$$

Всі обмотки реалізовано на багатьох шарах. Поміж шарів прокладено ізоляційний матеріал товщини 0,05 мм в 1-ій та 0,12 мм в 2-ій обмотках. Між самими обмотками прокладено ізоляційний матеріал з двома шарами паперу товщини 0,12 мм, а саме 0,24 мм.

Загальна к-ть шарів m_i на кожній з обмоток ω_i дорівнює:

$$m_i = \frac{\omega_i * d_{i3.i}}{(h - 2 * \delta_K) * K_{BK}}, \quad (1.15)$$

$$m_1 = \frac{1928 * 0,19}{(26 - 2 * 0,2) * 0,84} = 17 \text{ шарів},$$

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$m_2 = \frac{102 * 0,72}{(26 - 2 * 0,2) * 0,95} = 3 \text{ шари,}$$

де $K_{\text{ВК}}$ – коефіцієнт вкладаючий (для дроту діаметром 0,05-0,1 мм складає за значенням 0,84, при 0,71 дорівнює 0,95

$\delta_{\text{к}} = 0,2 \text{ мм}$ – шар електрокартоного з показником товщини ЕВ з електричними міцнісними показниками більше 10=13кВт/мм

Усі обмотки та ізоляції є розміщеними в вікні обраного магнітопроводу за такої умови:

$$c - \delta_{\text{к}} - \sum_{i=1, \dots} (d_{\text{із.і}} * m_i + \delta_{\text{із.і}} * m_i + \delta'_{\text{із}}) = \delta_3, \quad (1.16)$$

$$9 - (0,2 + (0,19 * 17 + 0,05 * 17 + 0,24) + (0,72 * 3 + 0,12 * 3 + 0,24)) = 1,72 \text{ мм.}$$

де δ_3 – показник зазору в проміжку ізоляції кінцевої обмотки і магнітопроводу.

Усі обмотки розміщено задовільно.

Загальний показник маси становить, дротів обмотки та кріплень становить 10-20% від ваги трансформаторної.

Магнітопровідна вага:

$$G_c = \gamma_{\text{ст}} * l_{\text{сер}} * S_c, \quad (1.17)$$

$$G_c = 0,00765 * 9,5 * 3,2 = 0,232 \text{ кг,}$$

де $\gamma_{\text{ст}} = 0,00765 \text{ кг/см}^3$;

Вага мідної обмотки:

$$G_m = \omega_i * g_i * l_{oi} * 10^{-3}, \quad (1.18)$$

$$G_{m1} = 1928 * 0,028 * 0,082 * 10^{-3} = 0,0045 \text{ кг,}$$

$$G_{m2} = 102 * 3,2 * 0,096 * 10^{-3} = 0,031 \text{ кг.}$$

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

де g_i – вага 1-го кілометру мідного проводу,

$$g_1 = 0,028 \text{ кг/мм};$$

$$g_2 = 3,2 \text{ кг/мм}.$$

l_{0i} – значення середньої довжини витка обмотки, см:

$$l_{01} = 2 * [2a + b + 4\delta_k + (d_{i31} * m_1 + \delta_{i31} * m_1 + \delta'_{i3})] * 10^{-3}, \quad (1.19)$$

$$l_{01} = 2 * [2 * 8 + 20 + 4 * 0,2 + (0,19 * 17 + 0,05 * 17 + 0,24)] * 10^{-3} = 0,082 \text{ м}.$$

$$l_{02} = 2 * (2a + b + 4\delta_k + 2 * (d_{i31} * m_1 + \delta_{i31} * m_1 + \delta'_{i3}) + (d_{i32} * m_2 + \delta_{i32} * m_2 + \delta'_{i3})) * 10^{-3}, \quad (1.20)$$

$$l_{02} = 2 * (2 * 8 + 20 + 4 * 0,2 + 2 * (0,19 * 17 + 0,05 * 17 + 0,24) + (0,72 * 3 + 0,12 * 3 + 0,24)) * 10^{-3} = 0,096 \text{ м}.$$

Значення загальної маси міді обмотки:

$$G_M = \sum_{i=1}^n G_{Mi}, \quad (1.21)$$

$$G_M = 0,0045 + 0,031 = 0,036 \text{ кг}.$$

Значення загальної трансформаторної маси:

$$G_{Тр} = 1,2 * (G_c + G_M), \quad (1.22)$$

$$G_{Тр} = 1,2 * (0,232 + 0,036) = 0,322 \text{ кг}.$$

Перегрівання обмоток трансформаторних броневого і стержневого конструктивного виконання обчислено за формулою:

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$\Delta T_K = \frac{P_C + P_K}{\alpha_m * \Pi_K \left[1 + \frac{\Pi_C}{\Pi_K} \sqrt{\frac{\nu + 0,6}{1 + 0,2 * \nu * \frac{\Pi_C}{\Pi_K}}} \right]}, \quad (1.23)$$

$$\Delta T_K = \frac{0,4 + 2,25}{6,118 * 10^{-4} * 251,3 \left[1 + \frac{368}{251,3} \sqrt{\frac{0,027 + 0,6}{1 + 0,2 * 0,027 * \frac{368}{251,3}}} \right]} = 11,3^\circ\text{C},$$

де Π_K – значення поверхневого охолодження котушки;

Π_C – значенні поверхні охоложеності сердечників;

P_C – значення магнітопровідних втрат;

P_K – значення втрат в обмотках;

α_m – значення коефіцієнту теплової віддачі, Вт/см²°C

ν – значення коефіцієнту.

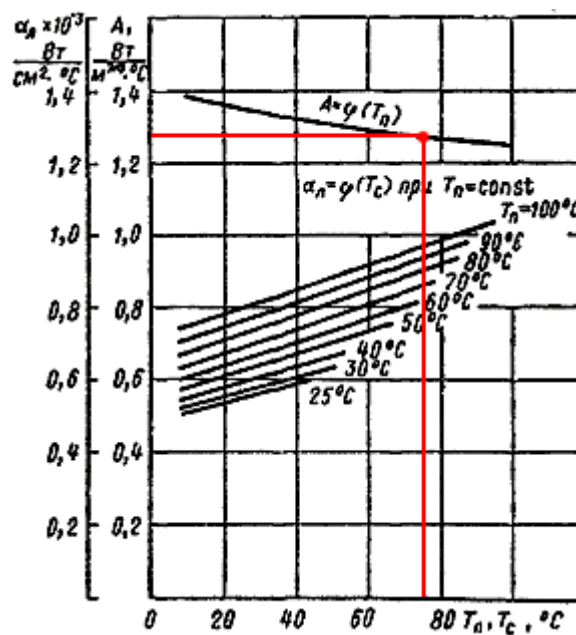


Рисунок 1.9 – Графічна залежність $A=\varphi(T_n)$ і $\alpha_n=\varphi(T_c)$

Показник втрат на магнітопроводі:

$$P_C = P_0 * G_C, \quad (1.24)$$

$$P_c = 1,75 * 0,232 = 0,4 \text{ Вт/кг.}$$

де P_0 – значенням питомої втрати у сталевому магнітопроводі з розрахунку 1 кг, $P_0 = 1,75 \text{ Вт/кг}$;

G_c – магнітопровідна вага.

Показник втрат в обмотці:

$$P_k = 2,5 * j^2 * G_m, \quad (1.25)$$

$$P_k = 2,5 * 5^2 * 0,036 = 2,25 \text{ Вт.}$$

де j – значення густини струму;

G_m – значення ваги мідної обмотки.

Показники Π_c та Π_k обчислено з формул:

$$\Pi_k = 2a^2 * (\pi * (x + z) + 2x + z), \quad (1.26)$$

$$\Pi_k = 2 * 8^2 * (3,14 * (1,25 + 3,25) + 2 * 1,125 + 3,25) = 251,3 \text{ см}^4$$

$$\Pi_c = 2a^2 * (y * (2x + z + 3) + 2x + z + 2), \quad (1.27)$$

$$\begin{aligned} \Pi_c &= 2 * 8^2 * (2,5 * (2 * 1,125 + 3,25 + 3) + 2 * 1,125 + 3,25 + 2) \\ &= 368 \text{ см}^4 \end{aligned}$$

$$\text{де } x = \frac{c}{a} = \frac{9}{8} = 1,125, \quad y = \frac{b}{a} = \frac{20}{8} = 2,5, \quad z = \frac{h}{a} = \frac{26}{8} = 3,25.$$

Значення коефіцієнту ν обчислив з формули:

$$\nu = \frac{P_c}{P_r - P_c}, \quad (1.28)$$

$$\nu = \frac{0,4}{15,13 - 0,4} = 0,027$$

Значення коефіцієнту теплопровідності визначив з формули:

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_T = \alpha_{\Pi} + \alpha_K, \quad (1.29)$$

$$\alpha_T = 3,85 * 10^{-4} + 2,268 * 10^{-4} = 6,118 * 10^{-4}$$

де α_{Π} – значення коефіцієнту випускання променевого;

α_K – значення коефіцієнту провідності теплової через конвекцію.

$$\alpha_{\Pi} = \frac{\varepsilon_T * C_0 * \left(\left(\frac{T_{\Pi} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c + 273}{100} \right)^4 \right)}{T_{\Pi} - T_c} * 10^4, \quad (1.30)$$

$$\alpha_{\Pi} = \frac{0,5 * 5,67 * \left(\left(\frac{75 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{25 + 273}{100} \right)^4 \right)}{75 - 25} * 10^4 = 3,85 * 10^{-4},$$

де ε_T – значення ступіню чорноти у сталі 0,5 підданої шліфованню;

$C_0 = 5,67 \text{ Вт/см}^2$ – значення коефіцієнтк пропускання;

$$T_{\Pi} = 75^{\circ}\text{C};$$

$$T_c = 25^{\circ}\text{C}.$$

Значення коефіцієнту теплової віддачі обчислив за формулою:

$$\alpha_K = 0,9 * A \left(\frac{T_{\Pi} - T_c}{h} \right) * \sqrt{\frac{H_T}{H_0}}, \quad (1.31)$$

$$\alpha_K = 0,9 * 1,28 \left(\frac{75 - 25}{26} \right) * \sqrt{\frac{5,5}{5}} = 2,268 * 10^{-4}$$

де A – значення коефіцієнту, який є залежним від фізпараметрів

середовища, $\text{Вт/м}^{7/4}$;

$$H_0 = 5 \text{ А/см};$$

$$H_T = 5,5 \text{ А/см};$$

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

h – значення висоти магнітопровідного вікна.

Значення температури на обмотках трансформатора обчислив згідно формули:

$$T = T_c + \Delta T_k, \quad (1.32)$$

$$T = 25 + 11,3 = 36,3^\circ\text{C} < 75^\circ\text{C}$$

Показник температури обмотки трансформатора $T = 36,3^\circ\text{C}$ не перевищує max допустимої температури $T_{\text{п}} = 75^\circ\text{C}$. В результаті встановлено, що трансформатор не піддається перегріванню, а загальне число перфоотворів є достатнім. Отже розрахунки трансформатора є коректними.

1.4 Підбір і обґрунтування елементної бази

Підбір елементної бази є ключовим етапом у створенні електронного блоку. Підбір елементів здійснюється таким чином, що б при максимумі економічної вигоди отримати блок, що задовольняють по всім технічним вимогам, з високим ступенем надійності і з високими експлуатаційними показниками.

Підбір елементів здійснюється з числа найбільш поширених і доступних, з хорошими масогабаритними показниками і широким діапазоном робочих температур. При підборі враховувався такий фактор, як надійність елементів. Вибір компонентів проводився з урахуванням можливої подальшої модифікації розробленого блоку. На початку підібрано активні елементи. Резистори регулюють величину струму в ланцюзі: струм буде тим меншим, чим більшим опором володіє резистор. Визначальне

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

властивість конденсаторів - здатність накопичувати заряд електрики і в потрібний момент його вивільняти.

Для БЖ використав 62 резисторів постійного номіналу марки MF-12, та 2 резистор змінного номіналу KLS4-3296W, габарити яких зображено на рис.1.10, а KLS4-3296W – на рис.1.11.

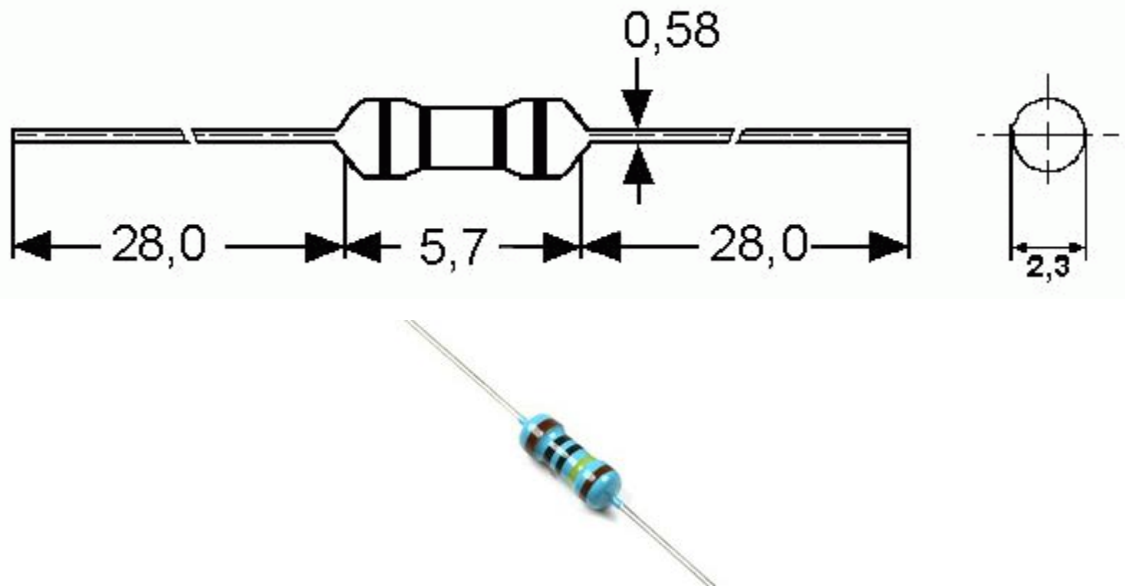


Рисунок 1.10 – Габаритні резистора постійного номіналу марки MF-12

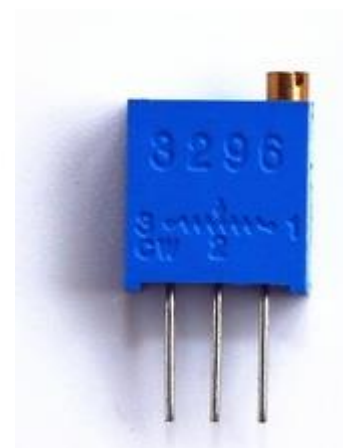
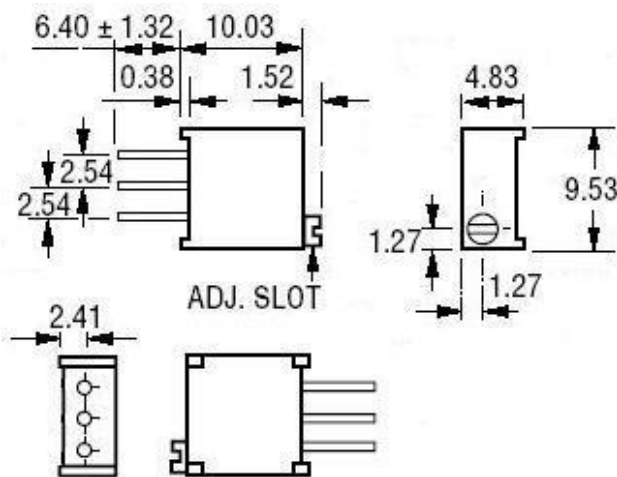


Рисунок 1.11 – Габарити резистора змінного номіналу KLS4-3296W

При підборі конденсаторів блоку було конкретні екземпляри за електричним характеристиками і здійснив підбір конденсаторів за іншими

						ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			33

параметрами. При розробці блоку підібрав конденсатори СС4 (16 керамічних) та ЕСАР-GS (017 електролітів).

Габарити конденсаторів відображено на рис.1.10-1.11.

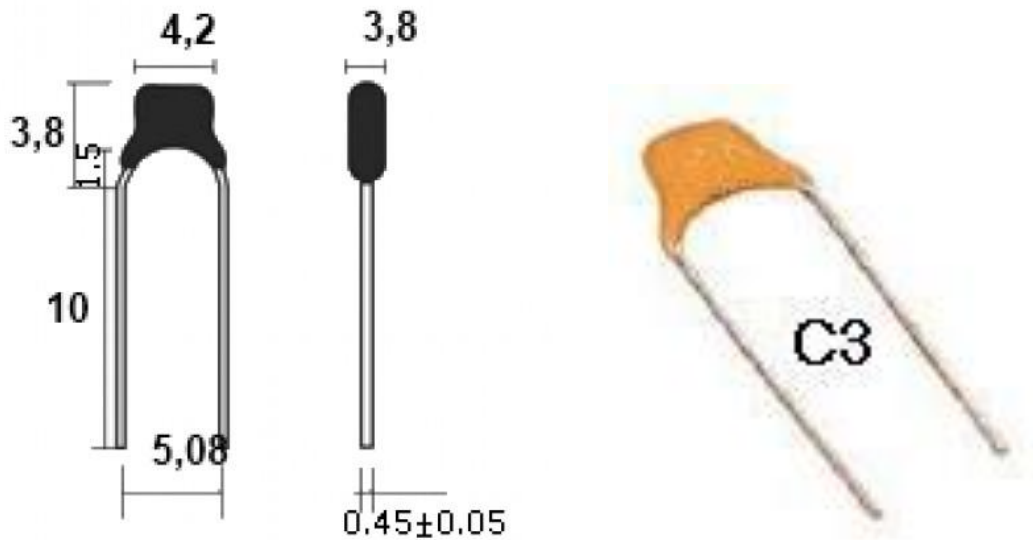


Рисунок 1.10 – Габарити конденсаторів СС4

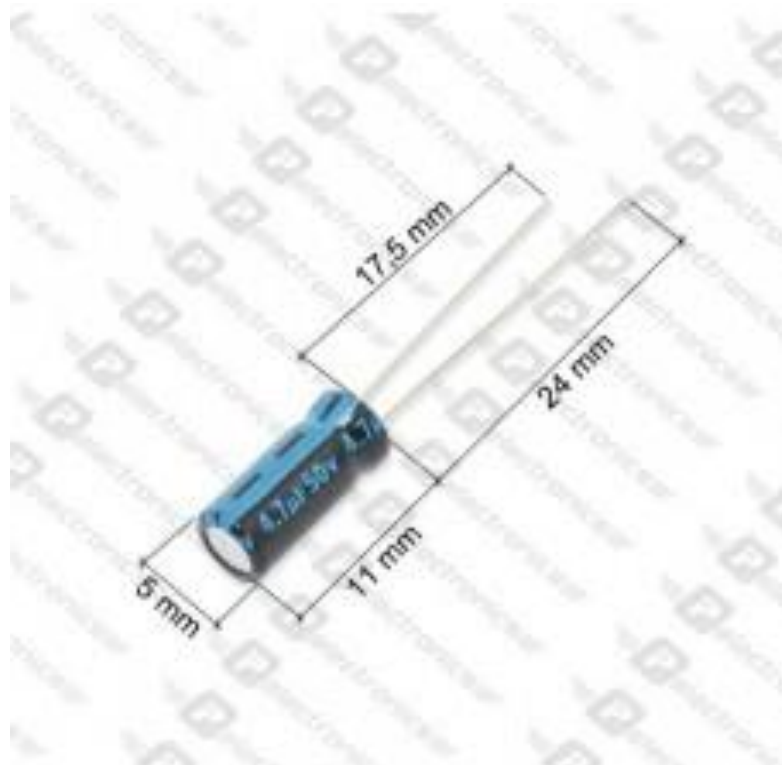


Рисунок 1.11 – Габарити конденсаторів ЕСАР-GS

Всі підібрані елементи є пасивні за функціонуванням. Далі здійснено підбір активних елементів. Транзистори комутують електричний струм, вони посилюють або зменшують його. Діоди пропускають електричний струм в одному заданому напрямі. Відносяться до активних електрокомпонентів і світлодіодні елементи, які зазвичай експлуатують як лампочки тому, що вони виходять з робочого режиму в неробочий дуже рідко.

Діоди підібрано марок 1N4148, FR107, S20C40C, BYD28E, PR1507, PR1503, 1N5239B та TL431C габаритами, котрі відображено на рис.1.12-1.16.

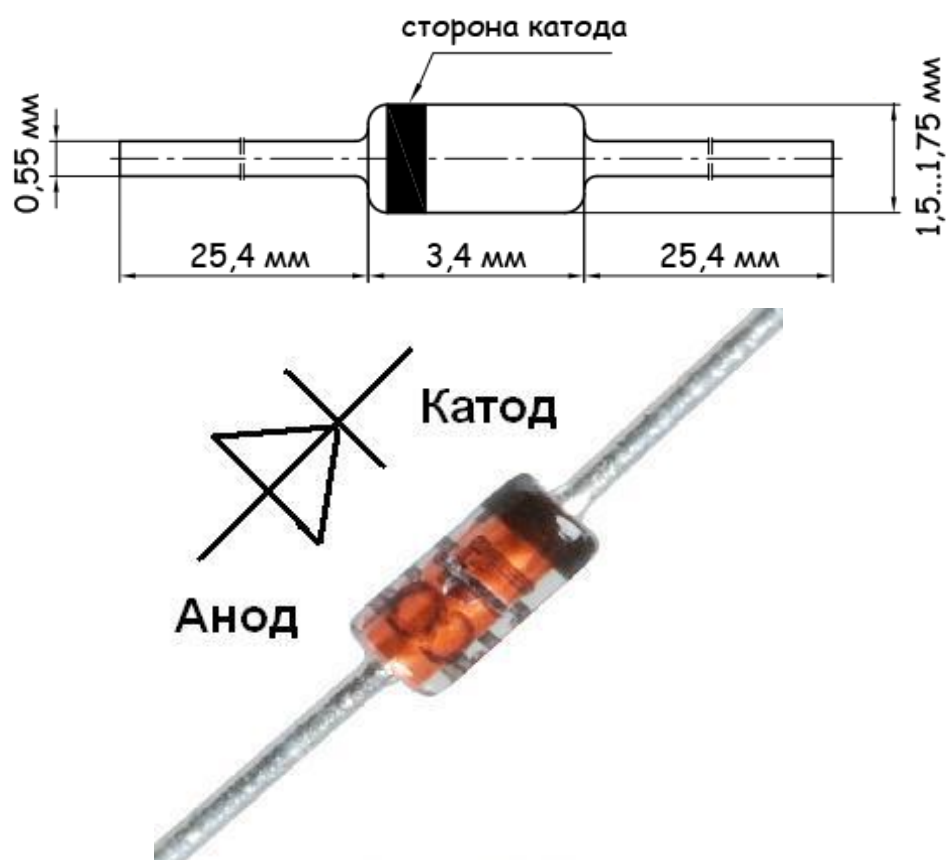


Рисунок 1.12 – Габарити діодів 1N4148, 1N5239B

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

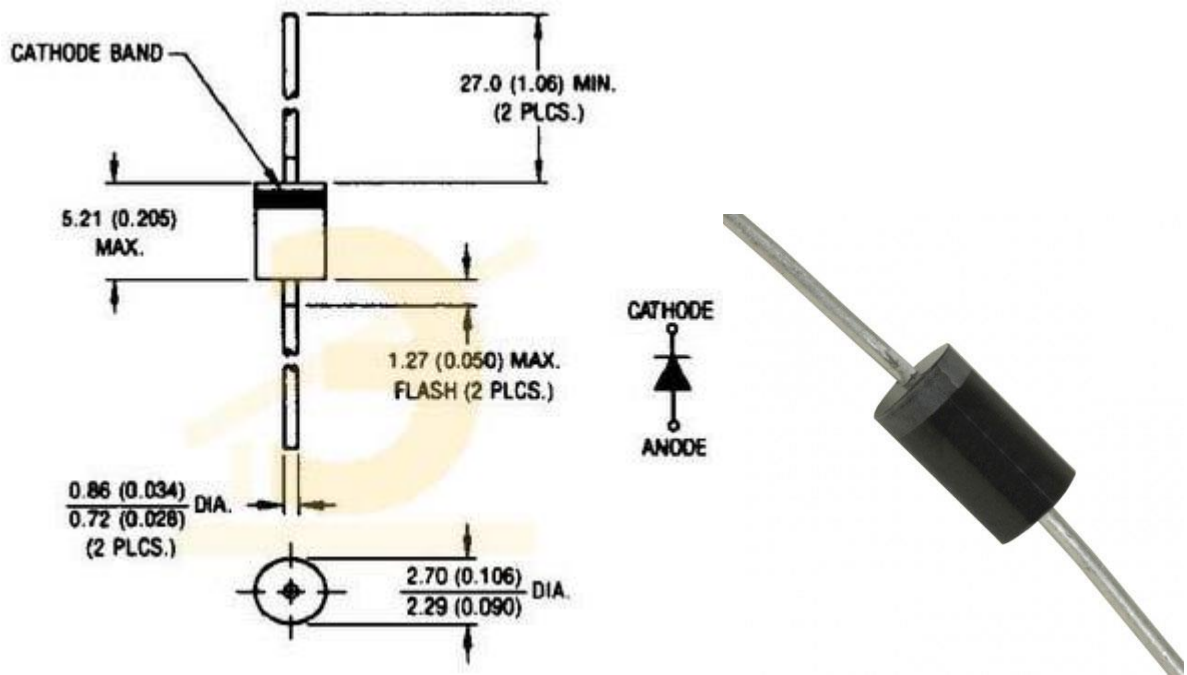


Рисунок 1.13 – Габарити FR107, PR1507, PR1503

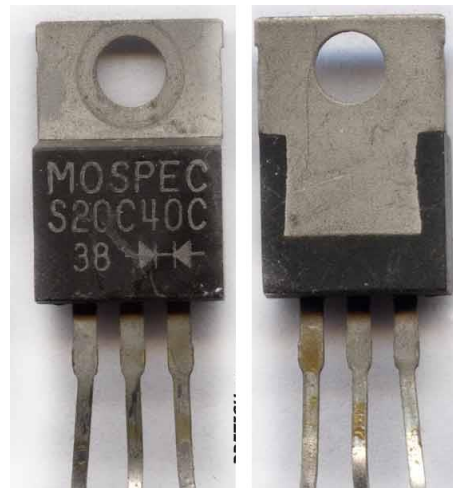


Рисунок 1.14 – Габарити S20C40C

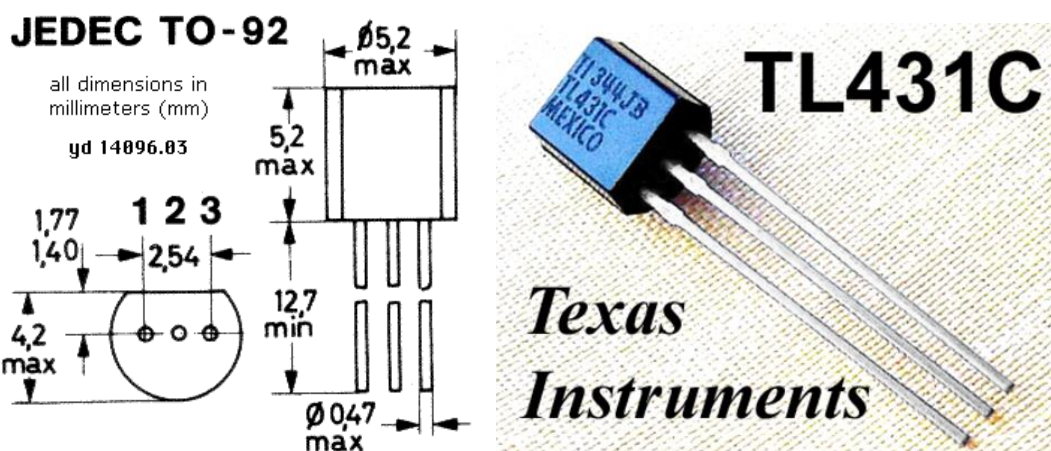


Рисунок 1.15 – Габарити TL431C

Для БЖ підбрано 4 типи кремнієвих транзисторів 2SC416, 2SA928A, 2SC945 та 2SA1015. Габарити транзисторів зображено на рис.1.16-1.19.

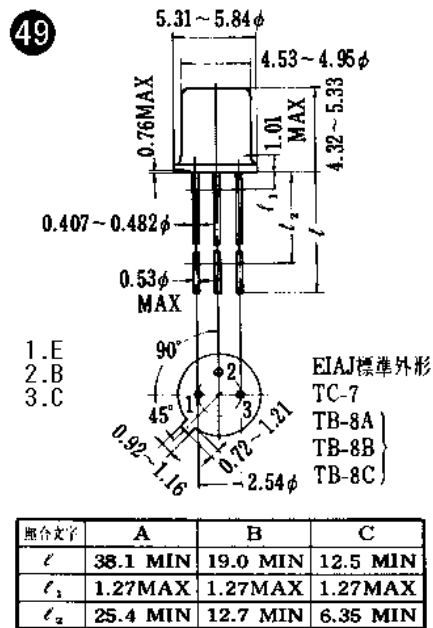


Рисунок 1.16 – Габарити транзисторів 2SC416

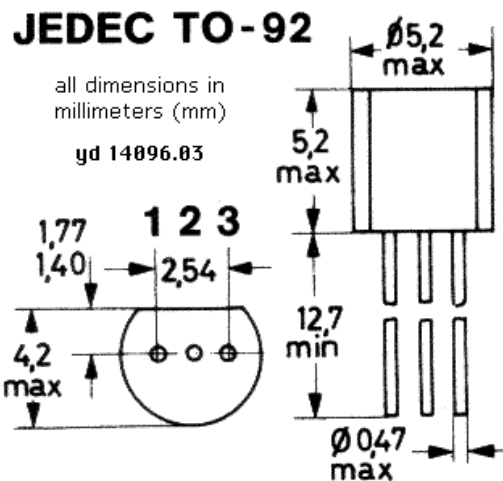


Рисунок 1.17 – Габарити транзисторів 2SA928A

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЯОВ 2.087.001 ПЗ

Арк.

37

В процесі підбору елементів застосував довідникові матеріал, інтернет-ресурси та відповідні каталоги.

Підібрані елементи володіють показниками дешевизни, надійними показниками, оптимальними габаритами, вагою та є стандартизованими.

1.5 Виготовлення друкованої плати

Фотошаблоне виробництво.

На даному етапі здійснюється виготовлення фотошаблону, який в подальшому використовують для формувального процесу малюнка топології шарів внутрішньо-зовнішніх плати друкованої блоку при експонуванні.

Механічна обробка заготовок.

До механічній обробці друкованих плат відноситься різання (рубка) заготовок, пробивання основних отворів, свердління отворів і зачищення (рис.1.23).

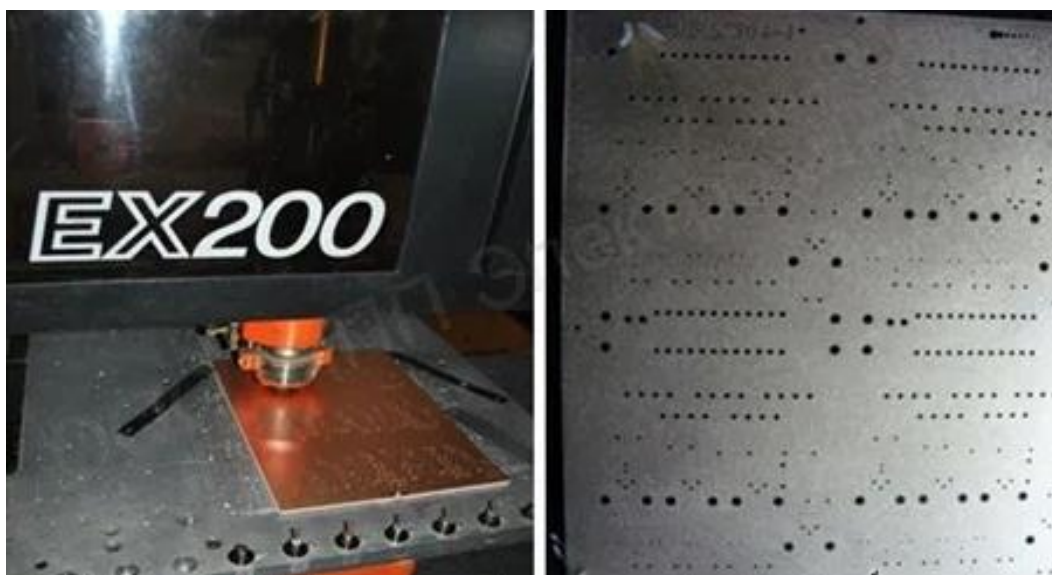


Рисунок 1.23 – Приклад свердлильного

Особлива увага приділяється якості заточки свердел. Так, якщо ріжуча поверхня свердла затупиться, то буде відбуватися пробивання отвору, замість висвердлювання, що загрожує сильною деформацією мідної фольги навколо

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

місця виходу свердла. Крім цього, тупе свердло буде відчувати набагато більшу силу тертя об стінки отвори, в результаті чого сполучна в діелектрику (наприклад, смола), буде сильно розігріватися і плавитися. Це призведе до того, що стінки отвори стануть дуже гладкими (схожими на скло), що вкрай негативно позначиться на процесі їх металізації (де потрібно достатня шорсткість поверхні для гарної адгезії покриття).

Після свердління отворів проводиться зачистка заготовки шліфуванням з метою видалення задирок. У тентінг-методі ця операція особливо важлива, щоб при нанесенні фоторезиста не пошкодити його об гострі кромки навколо отворів. Прорізи "тентів" приведуть до стравлювання шару металізації в отворах і бракування всієї плати.

Хімічна підготовка поверхні заготовок.

В операції хім. підготовки поверхні процес починається з підтравлення заготовок друкованих плат. Найбільш популярне використання розчину персульфата амонію 10-20 г / л з сірчаною кислотою (щільність 1,83 г / см) 3-5 мл / л при температурі 18-25 °С. Використовується або конвеєрна модульна лінія (малюнок 8), або лінія підвіскового типу, оснащена механізмом похитування заготовок з розмахом 30-60 мм і частотою 20-30 подвійних ходів в хвилину. Недоліком розчину є його малий ресурс працездатності - 2-3 дня.

Після підтравлення заготовки плат промиваються в модулях промивання холодною проточною водою (температура 18-25°С) і сушаться спочатку в модулі сушки лінії хімічної підготовки при температурі 90-110 ° С, а потім в сушильній конвекційної печі при 70-90° С протягом 20 хв.

Візуально перевіряється 100% заготовок. Поверхня міді після обробки повинна бути однорідною світло-рожевого кольору. На ній не повинно бути пошкоджень мідної фольги, вм'ятин, подряпин, слідів масла і жиру. Допускаються окремі ризики, подряпини, що не порушують цілісність фольги.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.24 – Приклад конвеєрної установки для хімічної підготовки поверхні друкованих плат з вбудованими модулями промивання.

Хіміко-гальванічні процеси в тентінг-методі.

Хіміко-гальванічні процеси (рис. 1.25) складають значну частину від всього обсягу процесів виробництва друкованих плат, і від якості їх виконання в значній мірі залежить якість готового продукту.



Рисунок 1.25 – Приклад лінії по виконанню підготовчих операцій перед прямою металізацією

При традиційному виготовленні плат струмоведучий шар міді в отворах створюється з використанням процесу хімічного міднення. Відомо, що для здійснення хімічного міднення використовуються розчини, які містять солі міді, комплексоутворювачі і формальдегід. Вже з наведеного переліку матеріалів видно, що процес відноситься до екологічно небезпечним. Цей

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

негативний показник погіршується ще й тим, що розчини хімічного міднення нестабільні і схильні до саморозкладання, що призводить до їх періодичним залповим скиданням на очисні споруди. З огляду на це, поряд зарубіжних фірм були розроблені і освоєні у виробництві так звані процеси "прямої металізації" без застосування хімічного міднення. Важливою перевагою прямої металізації є здатність покривати отвори малого діаметра.

Травлення друкованих плат.

Виконується для отримання провідного малюнка на платах шляхом розчинення міді з пробільних місць. Ділянки, захищені фоторезистом не труїли.

Травлення виконується зазвичай в установках конвеєрного типу (рис. 1.26-1.27), а при дрібносерійному і штучному виробництві - зануренням. При роботі конвеєра травильний розчин подається на заготовки через форсунки. Завантаження в конвеєр може виконуватися горизонтально і вертикально. Горизонтальна завантаження простіше технологічно, але при такому виконанні верхня частина плати відчуває більший вплив труїть розчину, ніж нижня, тому що нагорі розчину накопичується більше.

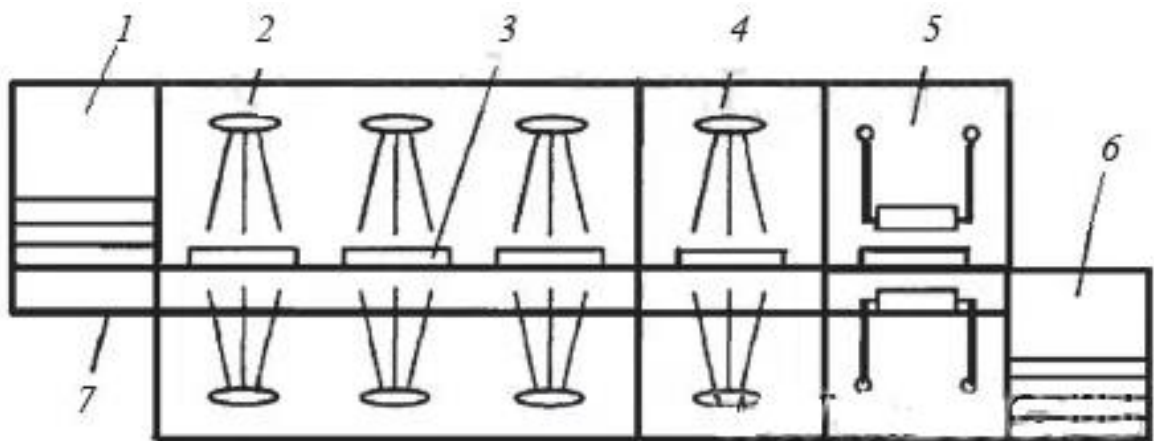


Рисунок 1.26 – Схема конвеєрної модульної установки травлення: 1 - завантаження друкованих плат, 2 - камера травлення, 3 - друковані плати, 4 - відмивання, 5 - сушка, 6 - розвантаження, 7 - конвеєр.



Рисунок 1.27 – Приклад конвеєрної установки травлення з двома модулями і горизонтальної завантаженням плат.

Травлення виконується в спеціальних розчинах з окислювачем. При виборі розчину керуються такими критеріями:

- Швидкість травлення повинна бути достатньою і постійною в часі;
- Розчин не повинен роз'їдати фоторезист і діелектрик;
- Величина підтравлення провідників під краями фоторезиста ("бічне підтравлення") повинна бути не більше регламентованих значень;
- Компоненти розчину повинні бути доступними і максимально дешевими;
- З розчину повинно бути можливо рентабельно витягати мідь;
- Розчин повинен легко змиватися з заготовок;
- Кількість стравленого металу на одиницю об'єму розчину (ємність розчину по міді) повинна бути максимально великим;
- Розчин повинен легко коректуватися і регенеруватися по замкнутому циклу;
- В процесі експлуатації розчину вплив на навколишнє середовище повинно бути мінімальним або відсутнім.

Приклад плати до і після травлення наведено на рис.1.28.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

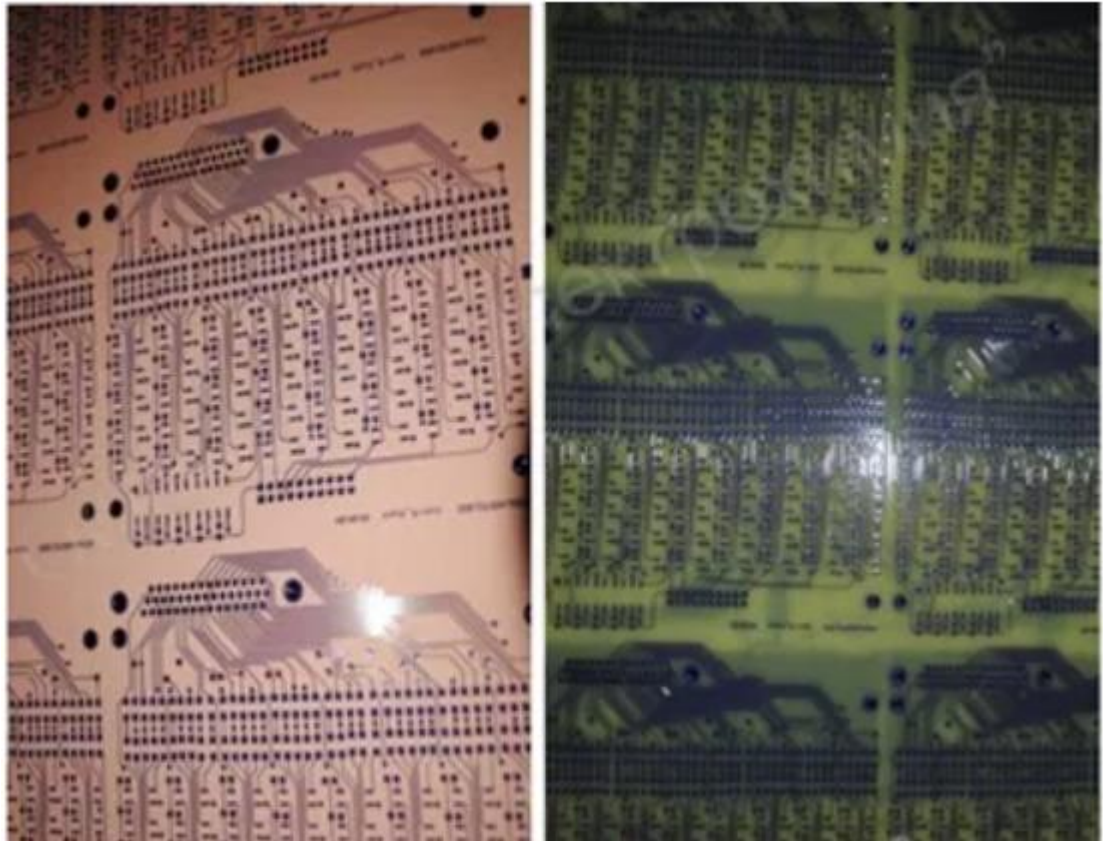


Рисунок 1.28 - Плата до і після травлення

1.6 Висновки до розділу 1

В розділі 1 проаналізував технічне завдання та провів огляд відомих схемотехнічних рішень щодо розробки блоків живлення. навів етапи проектування блоку живлення з форм-фактором ATX з параметром потужності в 230 Вт, а саме розробив схему структурну електричну, на підґрунті якої розробив схему принципову електричну, а також для підбору елементної бази здійснив розрахунок деяких вузлів зі схеми електричної принципової. Описав технологію процесу виготовлення плати блоку живлення.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1 Забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців при виробництві блоку живлення

Підприємство з випуску БЖ є пожежонебезпечним, тому актуальним є забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців, які на них працюють. Заходи протипожежного захисту здійснюються з дотриманням вимог глави 13 Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012 р. №5403-VI.

Всі заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві на об'єкті можна підрозділити на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої або іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств та підприємців. Це повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств.

Керівник підприємства з випуску ДРС повинен визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, діляниць, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту. Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту мають бути відображені у відповідних посадових документах (функціональних обов'язках, інструкціях, положеннях тощо).

На кожному підприємстві з урахуванням його пожежної небезпеки наказом (інструкцією) повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим, в тому числі визначені:

- можливість (місце) паління, застосування відкритого вогню та

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

побутових нагрівальних приладів;

- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних (в тому числі зварювальних) робіт;
- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;
- місця для зберігання і допустима кількість сировини, напівфабрикатів та готової продукції, які можуть одночасно знаходитися у виробничих приміщеннях і на території (у місцях зберігання);
- порядок прибирання горючого пилу та відходів, зберігання промасленого спецодягу і шмаття, очищення повітроводів вентиляційних систем від горючих відкладень;
- порядок відключення від мережі електрообладнання у разі пожежі;
- порядок огляду і зачинення приміщень після закінчення роботи;
- порядок проходження посадовими особами навчання та перевірки знань з пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;
- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (протипожежного водопроводу, насосних станцій, вогнегасників тощо);
- дії працівників у разі виявлення пожежі.

Для об'єктів з перебуванням людей вночі інструкції мають передбачати два варіанти дій відповідно у денний та нічний час.

Усі працівники при прийнятті на роботу і за місцем здійснення професійної діяльності повинні проходити інструктаж з питань пожежної безпеки (вступний, первинний, повторний на робочому місці, позаплановий та цільовий). Посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично один раз на 3 роки мають проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Отже, організаційні заходи пожежної безпеки передбачають:

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

організацію пожежної охорони на об'єкті, проведення навчань з питань пожежної безпеки (включаючи інструктажі та пожежно-технічні мінімуми), застосування наочних засобів протипожежної пропаганди та агітації, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки приміщень, будівель, об'єкта в цілому та ін.

До технічних заходів належать: суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами при реконструкції приміщень, будівель та об'єктів, технічному переоснащенні виробництва, експлуатації чи можливому переобладнанні електромереж, опалення, вентиляції, освітлення і т. п.

Заходи режимного характеру передбачають заборону куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях, недопущення появи сторонніх осіб у вибухонебезпечних приміщеннях чи об'єктах, регламентацію пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт тощо.

Експлуатаційні заходи охоплюють своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного господарства (електромереж, електроустановок, опалення, вентиляції).

2.2 Охорона праці при розробці блоку живлення

Під час розробки блоку живлення враховано всі небезпечні фактори ризику (перевищений рівень шуму та вібрацій, електротравматизм, негативний вплив освітлення освітлення та інші), які би негативно впливали на рівень безпеки обслуговуючого персоналу в процесі експлуатації блоку.

Оскільки блок, живиться безпосередньо від електромережі, тому необхідно максимізувати рівень електробезпеки обслуговуючого персоналу шляхом адекватного дотримання правил роботи з

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

електроприладами, зокрема системою, які прописані в стандарті ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення».

Із врахуванням вище сформульованого припущення, встановлена необхідність розроблення рекомендації по питанням охорони праці при роботі з блоком живлення шляхом аналізу негативного впливу електричного струму на обслуговуючий персонал при роботі із ним, способів нормування та захисту від його дії.

Внаслідок дії електричного струму на організм обслуговуючого персоналу під час експлуатації блоку може виникнути загальна (електричний удар) або місцева електротравма (опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, механічні пошкодження). Розрізняють три ступені впливу струму при проходженні через організм людини (змінний струм):

- відчутний струм – початок болісних відчуттів (до 0-1,5 мА);
- невідпускний струм – судоми і біль, важке дихання (10-15 мА);
- фібриляційний струм – фібриляція серця при тривалості діє струму 2-3с, параліч дихання (90-100 мА).

На рис. 2.1 зображено основні фактори, які впливають на організм людини при ураженні електричним струмом.

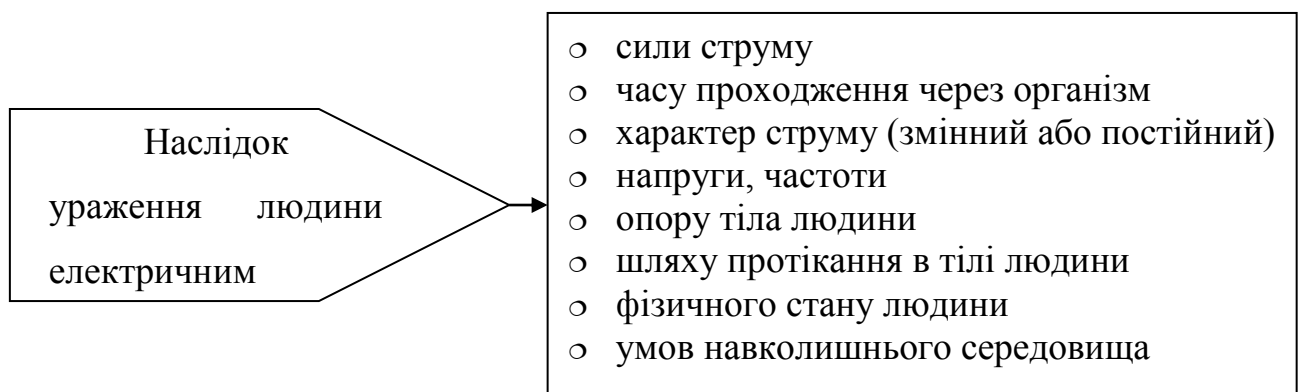


Рисунок 2.1 - Фактори впливу електричного струму на людину

										ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
											49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Правильне визначення необхідних засобів та заходів обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом необхідно враховувати гранично допустимі значення напруги дотику та струмів, що проходять через тіло людини по шляху "рука - рука" чи "рука - ноги" (табл. 2.1) (регламентується ГОСТом 12.1.038-82).

Таблиця 2.1 - Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму, що проходить через тіло людини

Вид струму	Нормоване значення	Тривалість струму, сек					
		0,1	0,2	0,5	0,7	1	Більше 1
Змінний, 50 Гц	Напруги дотику, В (не більше)	500	250	100	70	50	36
	Сила струму, мА (не більше)	500	250	100	70	50	6

Основне завдання електробезпеки - мінімізувати можливість негативного впливу електричного струму на людину. Досягти цієї мети можна за допомогою таких заходів і засобів: 1) безпечною і надійною конструкцією елементів системи; 2) організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації системи та використання електричної енергії; 3) технічними засобами захисту.

У даному випадку це досягнуто шляхом конструктивного виконання складових системи класу I, який відповідає вимогам технічних умов і стандарту ГОСТ 12.1.030-81. Згідно класу I складові системи мають робочу ізоляцію і виконаний таким чином, що підключити його до електричної мережі можна лише після під'єднання корпусу до заземлювача (нульового захисного провідника), а при від'єднанні від мережі - корпус відключається від заземлювача (нульового захисного провідника) в останню чергу.

Стан ізоляції струмопровідних частин відповідає правилам

використання системи. Цими правилами передбачене періодичне випробування ізоляції 2 рази на рік у приміщеннях зі складними умовами, підвищеною вологістю і 1 раз на рік у приміщеннях з нормальним середовищем. Ізоляція створює великий опір, який перешкоджає протіканню через неї струму. Опір ізоляції складових системи становить не меншим 0,5 МОм (згідно вимог ГОСТ 12.1.030-81). Якщо опір ізоляції знижується на 50% від початкового, мережу або ізоляцію необхідно замінити.

При роботі в приміщеннях без підвищеної небезпеки напруга складових системи повинна бути не більше 220 В. При роботі в приміщеннях з підвищеною небезпекою і за межами приміщень напруга складових системи повинна бути не більше 36 В. В особливих умовах дозволяється використовувати блок з напругою до 220 В, але при наявності захисного відключення або надійного заземлення корпусу з використанням захисних засобів (діелектричні рукавички, килимки, калоші).

Захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання із землею металевих струмопровідних неструмоведучих частин, на яких може з'явитися напруга. Заземлення - це сукупність заземлювача і заземлювальних провідників. Заземлювачі можуть бути штучні (створені спеціально для заземлення блоку) і природні. Для штучних заземлювачів застосовують вертикальні і горизонтальні електроди. Вертикальні - зі сталевих прутів діаметром 10-12мм, кутової сталі розміром 40x40 мм або сталевих труб діаметром 30-50мм, довжиною 2,5-3 м. Вертикальні електроди з'єднують сталюю штабою розміром 4x12 мм або круглим дротом діаметром не менше 6 мм. Опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4-10 Ом (перевіряється щорічно).

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином врахувавши вище сформульовані рекомендації по питанням охорони праці при експлуатації блоку буде забезпечено небезпечні умови праці обслуговуючого персоналу.

2.3 Висновки до розділу 2

У підрозділі з охорони праці розроблено рекомендації по питанням охорони праці при роботі з блоком живлення шляхом аналізу негативного впливу електричного струму на обслуговуючий персонал при роботі із блоком, способів нормування та захисту від його дії.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві блоку живлення.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Висновки

У кваліфікаційні роботі наведено етапи схемотехнічної розробки блоку живлення формату АТХ з потужністю 230 Вт.

Проаналізовано технічне завдання та проведено аналіз відомих рішень схемотехніки щодо проектування блоків живлення.

Наведено етапи проектувальних рішень блоку живлення з форм-фактором АТХ з параметром потужності в 230 Вт, а саме наведено процеси розроблення схеми структурної електричної, на підґрунті якої здійснено розроблення схеми принципової електричної, а також для підбору елементної бази здійснено розрахунок деяких вузлів зі схеми електричної принципової. Описано технологію процесу виготовлення плати блоку живлення.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Список використаних джерел

1. Кучеров Д.П. Источники питания ПК и периферии. — 4е изд., перераб. и доп. — СПб.: Наука и Техника, 2005. — 432 с.: ил. — ISBN 5 94387 356 2
2. Мюллер С. Модернизация и ремонт ПК, 6е издание. Пер. с англ. — К.: Диалектика, 1997. — 976 с
3. Головков А.В., Любицкий В.Б. Блоки питания для системных модулей типа IBM PC XT/AT. — М.: Лад и Н, 1995
4. Куличков В.А. Импульсные блоки питания для IBM PC. — М.: ДМК, 2000. — 120 с
5. Сергеев Б.С. Схемотехника функциональных узлов источников вторичного электропитания: Справочник. — М.: Радио и связь, 1992. — 224 с.
6. Эраносян С.А. Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отделение, 1991. — 176 с.
7. Гончаров Ю., Орехов А. Источники питания конструктива АТХ для компьютеров// Ремонт электронной техники, №1, 1999. — С. 21...23.
8. Сиротин П. Неисправности схем защиты источников питания персональных компьютеров // Ремонт и сервис, №4, 2000. — С. 29, 30.
9. Дунець В.Л., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка». Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021, 72 с.

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ДОДАТКИ

					ЯОВ 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Додаток А

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“ _____ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: «Блок живлення АТХ потужністю 230 Вт»

Узгоджено:
Керівник роботи
Яськів А.В. _____
“ _____ ” _____ 2021р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”
Студент групи РАС-41
Ярощук О.В. _____
“ _____ ” _____ 2021р.

Тернопіль, 2021

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “ Блок живлення АТХ потужністю 230 Вт ”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № 4/7-435 від “31” травня 2021р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Ярощук О.В. групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт, що включає в себе:

- розробка схемотехнічного рішення для блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт;
- вибір компонентної бази розроблювального блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт;

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Модем повинен відповідати наступним вимогам:

4.1 Потужність 230 Вт

4.2 Форм-фактор АТХ

4.3. ККД більше 70%

4.3 Захист від надлишкового струму (OPP)

4.4 Захист від короткого замикання (SCP)

4.5 Вимоги до конструкції:

а) Маса не більше 0,6 кг

б) Габаритні розміри

- | | |
|------------|---------------|
| – довжина, | не більше 150 |
| – ширина, | не більше 140 |
| – висота, | не більше 80 |

в) Конструкції контролерів повинні забезпечувати доступ до всіх елементів його електричної частини.

4.6. Вимоги до умов експлуатації:

а) Кліматичні умови за ГОСТ 15150-69, УХЛ 4,1;

б) Умови експлуатації

Температура навколишнього середовища від +10°C до + 35°C

Відносна вологість повітря 80 % при $t=25^{\circ}\text{C}$

Примітка: габаритні розміри приладу уточнюються в процесі розробки конструкції;

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- пояснювальна записка;
- структурна схема блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт;
- електрична принципова схема блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт;
- друкована плата блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт;
- друкований вузол блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

№ етапу	Назва етапу виконання КР	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи, техніко-економічний аналіз	
3	Розробка структурної схеми	
4	Розрахунок основних вузлів блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт	
5	Вибір компонентної бази для розроблюваного блоку живлення АТХ потужністю 230 Вт	
6	Компоновка друкованого вузла	
7	Створення допоміжної документації	
8	Спеціальна частина	
9	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	
10	Нормоконтроль	
11	Попередній захист КР	
12	Захист КР	

Термін виконання кваліфікаційної роботи узгоджується з керівником і з графіком виконання.

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>				<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>			
	Резистори								
	MF-12 «TOKEN»								
	KLS4-3296								
R16	MF-12-0,25 560кОм±20%				1				
R18	MF-12-1 0,47Ом±20%				1				
R6, R28, R1	MF-12-0,25 470кОм±20%				5				
R11, R63, R59	MF-12-0,5 100Ом±20%				3				
R26, R27	MF-12-0,25 330кОм±20%				2				
R38, R40	MF-12-0,25 2,7кОм±20%				2				
R37, R39	MF-12-0,5 39Ом±20%				2				
R7, R51	MF-12-0,25 1,2кОм±20%				1				
R10, R43	MF-12-0,25 5,2кОм±20%				1				
R50	MF-12-0,5 4,7Ом±20%				1				
R23,R24,R32,R36	MF-12-0,5 150М±20%				4				
R60, R49	MF-12-0,25 1,8кОм±20%				1				
R62, R63, R3, R41	MF-12-0,25 4,7кОм±20%				4				
R19	MF-12-0,25 1,8кОм±20%				1				
R55, R56	MF-12-0,5 560±20%				2				
R46, R61	MF-12-0,25 11кОм±20%				1				
R48	MF-12-0,25 33кОм±20%				1				
R47, R8	MF-12-0,25 4,7кОм±20%				2				
R29,R1,R61	MF-12-0,25 1кОм±20%				3				
R44, R30	MF-12-0,25 6,2кОм±20%				2				
R21,R27	MF-12-0,25 8,2кОм±20%				2				
R35	MF-12-1 100М±20%				1				
R25, R20, R62	MF-12-0,125 1,2МОм±20%				3				
					ЯОВ 2.087.001 ПЕЗ				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Блок живлення АТХ потужністю 230 Вт Перелік елементів				
<i>Розроб</i>		Ярошук О.В.					<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Яськів А.В.						1	4
<i>Н. Контр.</i>		Марценюк А.					ТНТУ, гр. РАС-41		
<i>Затверд.</i>		Дунець В.Л.							
<i>Рецензент</i>									

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>			
R9, R31, R42	MF-12-0,25 48кОм±20%	3				
R15, R4, R33	MF-12-0,25 120кОм±20%	3				
R5, R58	KLS4-3296W-0,5-1кОм±10%	2				
R1	MF-12-0,25 56кОм±20%	1				
R4, R45	MF-12-0,5 100Ом±20%	1				
R17	MF-12-0,25 12кОм±20%	1				
R12	MF-12-0,25 10кОм±20%	1				
R4, R13, R22	MF-12-0,25 4,7кОм±20%	3				
R14	MF-12-0,25 15кОм±20%	1				
R9	MF-12-0,25 1МОм±20%	1				
	Конденсатори					
	ECAP-GS «Сар Хон»					
	CC4 «Phicom»					
C4	CC4-2 0,1мкФ*400В	1				
C10, C11, C3	CC4-2 4700пФ*1кВ	3				
C2	CC4-2 150пФ*1кВ	1				
C6, C12, C1	CC4-2 0,1мкФ*250В	3				
C15, C16	ECAP-GS -31 330мкФ*200В	2				
C8, C31, C19	ECAP-GS -31 4,7мкФ*50В	3				
C21, C22	ECAP-GS -31 1мкФ*50В	2				
C9, C17, C39	ECAP-GS 31 47мкФ*50В	3				
C25, C33	CC4-2 0,01мкФ*100В	2				
C13, C14	CC4-2 0,01мкФ*100В	2				
C32	ECAP-GS -31 2200мкФ*10В	2				
C26, C30, C21	ECAP-GS -31 1000мкФ*10В	3				
C28, C29	ECAP-GS 31 10мкФ*50В	2				
C20, C5, C7	CC4-2 1000пФ*50В	3				
	Котушки індуктивності, трансформатори					
T2	EE140	1				
T3	EE16A	1				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ЯОВ 2.087.001 ПЕЗ	<i>Арк.</i>
						2

