

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: Імпульсний блок живлення

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАс-41

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Легай Д.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Яськів А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Марценюк А.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(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 Легаю Дмитру Анатолійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Імпульсний блок живлення

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 .06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Номинальна двополярна напруга живлення – 50 В; Пульсації вихідної напруги – не більше 10 мВ; Мінімальна вихідна напруга при максимальній споживаній потужності ПНЧ – до 49,5 В; Максимальна вихідна потужність – 400Вт;

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 розроблюваного 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)

Легай Д.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Яськів А.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Імпульсний блок живлення. Кваліфікаційна робота бакалавра // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2021 р. //с.-61, рис.-30, табл.- 2, бібліог. – 19, додат.-3.

Ключові слова: ІМПУЛЬСНИЙ БЛОК ЖИВЛЕННЯ, СТРУКТУРНА СХЕМА, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА.

В кваліфікаційній роботі описано етапи проектування імпульсного блоку живлення. Проаналізовано технічне завдання на розроблення блоку живлення імпульсного та аналізу відомих блоків, що дало підстави щодо розроблення нового блоку.

Описано етапи процедури проектування імпульсного блоку живлення, а саме розроблення структурної схеми електричної, що забезпечило розроблення схеми електричної принципової. Реалізовано процес вибирання елементів електронних схеми з урахування результатів розрахунків вузлів схеми електричної принципової та технічних параметрів блоку.

Здійснено опис технологію виготовлення друкованого вузла приладу та приведено розрахунки надійності.

## ANNOTATION

Switching power supply. Qualification work bachelor's // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAs-41. // Ternopil, 2021 //p.-61, fig.-30, table-2, bibliog. - 19, appendix-3.

Key words: SWITCHING POWER SUPPLY, STRUCTURE SCHEME, ELECTRIC SCHEME OF PRINCIPLES.

Qualitative robots describe the stage of designing an impulse living unit. The technical analysis for the breakdown of the pulsed living block and the analysis of the built-in blocks was carried out, which gave us the opportunity to break up the new block.

The stage of the procedure for designing an impulse block of living is described, and the breakdown of the structural diagram of the electrical circuit itself, which has taken care of the breakdown of the circuit of the electrical principle. The process of vibrating elements of electronic circuits has been implemented to improve the results of the design of the universities of the circuit of electrical principle and technical parameters in the block.

There is a description of the technology for the preparation of a hand-held university, and it is given a description of the reliability.

## Зміст

Вступ.....	7
1 Основна частина.....	8
1.1 Аналіз завдання на дипломний проект.....	8
1.1.1 Обґрунтування актуальності теми роботи.....	8
1.1.2 Аналіз інформації.....	19
1.2 Розробка структурної схеми блоку живлення.....	20
1.3 Розробка електричної принципової схеми блоку живлення.....	23
1.4 Розрахунок вузлів схеми електричної.....	25
1.5 Вибір компонентної бази.....	27
1.6 Розробка друкованої плати.....	35
1.7 Висновок до розділу 1.....	49
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	50
2.1 Засоби протипожежного захисту.....	50
2.2 Нормування електромагнітних полів та засоби захисту від них.....	52
2.3 Висновки до розділу 2.....	58
Висновки.....	59
Список використаних джерел.....	60
Додатки.....	62

					<b>ЛДА 2.087.001 ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Легай Д.А.			Імпульсний блок живлення  Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Яськів А.В.					6	95
Консул.						<b>ТНТУ ФПТ, гр. РАС-41</b>		
Н. Контр.		Марценюк А.С.						
Затверд.		Дунець В.Л.						

## Вступ

Підсилювачі низької частоти застосовують для підсилення коливань звукової частоти звукового спектру (від 20Гц до 20кГц) в радіомовленні, апаратурі дротяного зв'язку і інших пристроях. Для забезпечення нормальної роботи НЧ підсилювачів в заданих режимах роботи необхідне якісне електроживлення, яке забезпечується блоками живлення.

У багатьох підсилювачах НЧ застосовують схему реалізації вторинної потужності шлях застосування інших пристроїв, які виконують функції забезпеченості схеми електрикою, якій необхідне живлення від різного типу струму та напруги.

З цією метою розробляють допоміжні елементи: блок живлення, що трансформує напруги з одного виду в інший.

У сучасній радіотехніці для підсилювачах НЧ успішно використовують 2 типи трансформації енергії, які реалізовано на:

1. Застосуванні аналогових трансформаторних засобів для передавання потужності в схему пристроїв;
2. Блокці живлення з напругою на виходу імпульсного виду.

Найбільшого поширення на сьогодні набули імпульсні блоки живлення, які забезпечують якісне електроживлення підсилювачів НЧ з в широкому діапазоні вихідної потужності з мінімальними габаритними розмірами та вагою, підвищеним ККД, доступністю комплектування сучасною елементною базою, наявністю вудкових захистів та надійністю у виконанні.

На сучасному ринку електроніки наявний великий спектр імпульсних блоків живлення, ціна яких характеризуються високим рівнем в міру зростання вихідної потужності.

З урахуванням попиту ринку на блоки живлення та перспективою розвитку їх для НЧ підсилювачів у низькому ціновому діапазоні встановлена необхідність проектування імпульсного блоку живлення.

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

## 1 Основна частина

### 1.1 Аналіз технічного завдання

#### 1.1.1 Обґрунтування актуальності теми роботи

Проаналізуємо структурні та схемотехнічні рішення щодо проектування імпульсних блоків живлення.

Розглянемо блок-схему простого імпульсного блоку живлення, що лежить в основі всіх імпульсних блоків живлення (рис.1.1).

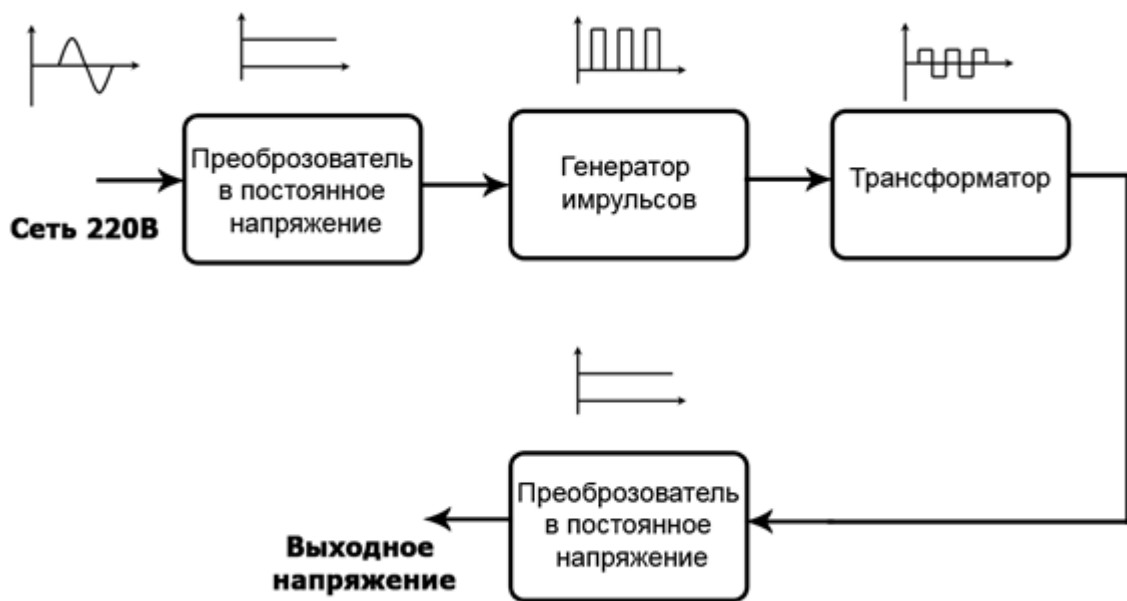


Рисунок 1.1 – Блок схема імпульсного блоку живлення

Перший блок здійснює перетворення змінної напруги мережі в постійну. Такий перетворювач складається з діодного мосту, що випрямляє змінну напругу, і конденсатора, що згладжує пульсації випрямленої напруги. У цьому боці також знаходяться додаткові елементи: фільтри мережної напруги від пульсацій генератора імпульсів і термістори для згладжування стрибка струму в момент включення. Однак цих елементів може не бути з метою заощадження на собівартості.

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



Наступний блок - генератор імпульсів, який генерує з певною частотою імпульси, що живлять первинну обмотку трансформатора. Частота генерації імпульсів різних блоків живлення різна та знаходиться в межах 30 - 200 кГц. Трансформатор здійснює головні функції блоку живлення: гальванічну розв'язку з мережею і зниження напруги до необхідних значень.

Змінну напругу, отриману від трансформатора, наступний блок перетворює у постійну напругу. Блок складається з діодів, що випрямляють напругу, та фільтра пульсацій. У цьому блоці фільтр пульсацій набагато складніше, ніж у першому блоці та складається з групи конденсаторів і дроселя. З метою заощадження виробники можуть встановлювати конденсатори малої ємності, а також дроселі з малою індуктивністю.

Перший імпульсний блок живлення являв собою двотактний або однотоктний перетворювач. Двотактний означає, що процес генерації складається з двох частин. У такому перетворювачі по черзі відкриваються та закриваються два транзистори. Відповідно в однотоктному перетворювачі один транзистор відкривається і закривається. Схеми двотактного та однотоктного перетворювачів представлено на рис.1.2.

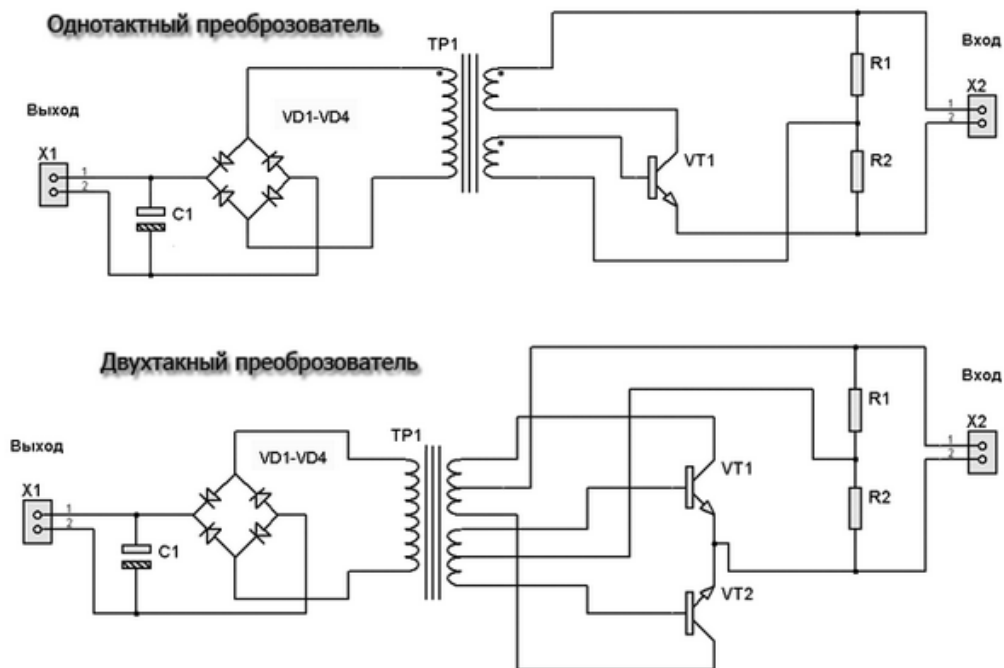


Рисунок 1.2 – Принципові схемі перетворювачів

Розглянемо елементи схеми докладніше:

X2 - роз'єм джерело живлення схеми.

X1 - роз'єм з якого знімається вихідна напруга.

R1 - опір, що задає початковий невеликий зсув на витках. Він необхідний для більш стабільного запуску процесу коливальних у перетворювачі.

R2 - опір, що обмежує струм бази на транзисторах, це необхідно для захисту транзисторів від згоряння.

TP1 - Трансформатор має три групи обмоток. Перша вихідна обмотка формує вихідну напругу. Друга обмотка слугує навантаженням для транзисторів. Третя формує керуючу напругу для транзисторів.

У початковий момент включення першої схеми транзистор трохи відкритий, тому що до бази через резистор R1 прикладена позитивна напруга. Через відкритий транзистор протікає струм, що також протікає і через II обмотку трансформатора. Струм, що протікає через обмотку, створює магнітне поле. Магнітне поле створює напругу в інших обмотках трансформатора. В наслідок на обмотці III створюється позитивна напруга, що ще більше відкриває транзистор. Процес відбувається доти, доки транзистор не потрапить у режим насичення. Режим насичення характеризується тим, що при збільшенні прикладеного керуючого струму до транзистора вихідний струм залишається незмінним.

Оскільки напруга в обмотках генерується тільки у випадку зміни магнітного поля, його зростання або падіння, то відсутність збільшення струму на виході транзистора, отже, обумовить зникнення ЕДС в обмотках II і III. Зникнення напруги в обмотці III призведе до зменшення ступеня відкриття транзистора. І вихідний струм транзистора зменшиться, отже, і магнітне поле буде зменшуватися. Зменшення магнітного поля обумовить створення напруги протилежної полярності. Негативна напруга в обмотці III почне ще більше закривати транзистор. Процес буде тривати доти, доки

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

магнітне поле повністю не зникне. Коли магнітне поле зникне, негативна напруга в обмотці III теж зникне. Процес знову почне повторюватися.

Двотактний перетворювач працює по такому ж принципі, але відмінність в тому, що транзисторів два, і вони по черзі відкриваються та закриваються. Тобто коли один відкритий - інший закритий. Схема двотактного перетворювача має більшу перевагу, тому що використовує всю петлю гістерезису магнітного провідника трансформатора. Використання тільки однієї ділянки петлі гістерезису або намагнічування тільки в одному напрямку приводить до виникнення багатьох небажаних ефектів, які знижують ККД перетворювача та погіршують його характеристики. Тому в основному скрізь застосовується двотактна схема перетворювача з фазозмінюючим трансформатором. В схемах, де потрібна простота, малі габарити, і мала потужність все-таки використовується одноконтурна схема.

Перетворювачі, розглянуті вище, хоч і закінчені пристрої, але на практиці їх використовувати незручно. Частота перетворювача, вихідна напруга і багато інших параметрів «плавають», змінюються залежно від зміни: напруги живлення, завантаженості виходу перетворювача і температури. Але якщо контролером керувати витюки, який би міг здійснювати стабілізацію та різні додаткові функції, то можна використати схему для живлення пристроїв. Схема блоку живлення із застосуванням ШІМ-контролера досить проста, і, взагалі, є генератор імпульсів, побудований на ШІМ-контролері.

ШІМ - широтно-імпульсна модуляція. Вона дозволяє регулювати амплітуду сигналу минулого ФНЧ (фільтр низьких частот) зі зміною тривалості або шпаруватості імпульсу. Головні переваги ШІМ це високе значення ККД підсилювачів потужності і великі можливості у застосуванні.

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

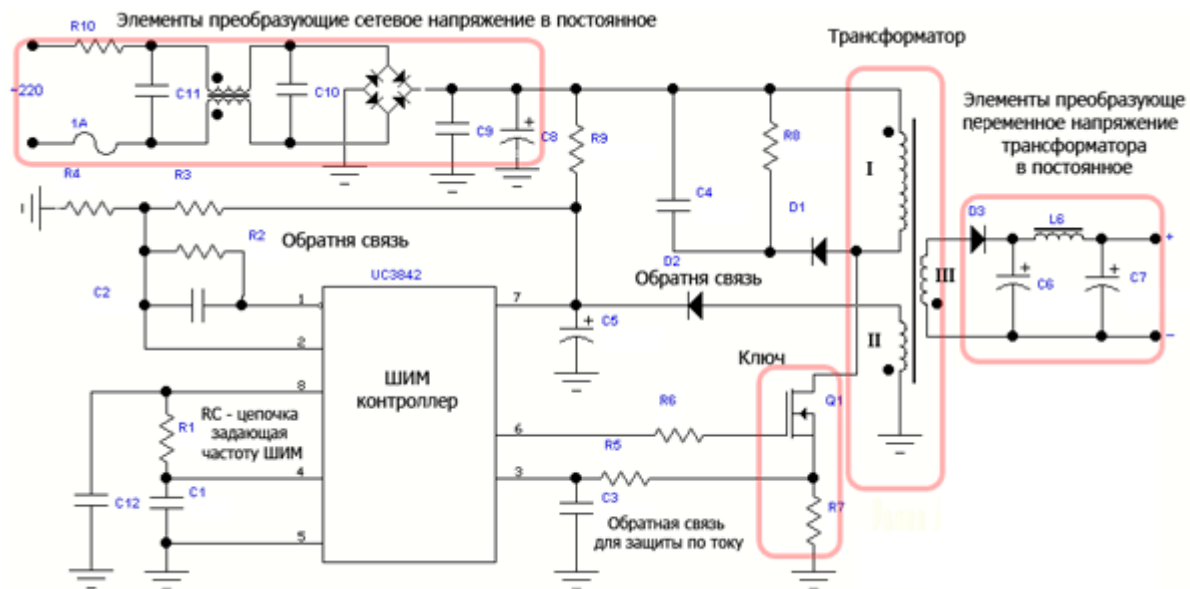


Рисунок 1.3 – Схема простого блоку живлення з ШІМ контролером

Дана схема (рис.1.3) блоку живлення має невелику потужність і у якості ключа використовує польовий транзистор, що дозволяє спростити схему та позбутися від додаткових елементів, необхідних для керування транзисторних ключів. У блоках живлення великої потужності ШІМ-контролер має елементи керування («Драйвер») вихідним ключем. У якості вихідних ключів в блоках живлення великої потужності використовуються IGBT-транзистори.

Сіткова напруга в даній схемі перетворюється в постійну напругу і через ключ надходить на першу обмотку трансформатора. Друга обмотка слугує для живлення мікросхеми та формування напруги зворотного зв'язку. ШІМ-контролер генерує імпульси з частотою, що задана RC-ланцюгом підключеним до ніжки 4. Імпульси подаються на вхід ключа, що їх підсилює. Тривалість імпульсів змінюється залежно від напруги на ніжці 2.

Розглянемо реальну схему АТХ блоку живлення (рис.1.4). Вона має набагато більше елементів і у ній присутні ще додаткові пристрої. Червоними квадратами схема блоку живлення умовно поділена на основні частини.

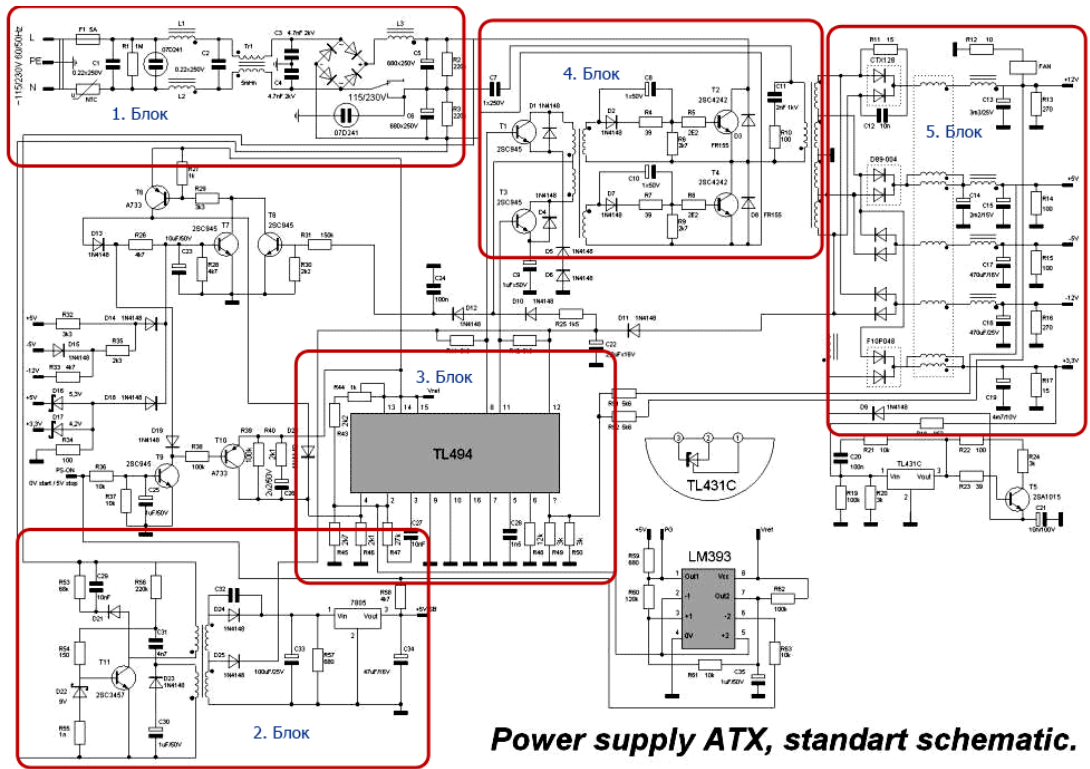


Рисунок 1.4 – Схема АТХ блоку живлення потужністю 150-300 Вт

Для живлення мікросхеми контролера, а також формування чергової напруги +5, що використовується комп'ютером, коли він виключений, у схемі знаходиться ще один перетворювач. На схемі він позначений як блок 2. Як видно він виконаний за схемою одноконтурного перетворювача. У другому блоці також є додаткові елементи. В основному це ланцюг поглинання сплесків напруг, які генеруються трансформатором перетворювача. Мікросхема 7805 - стабілізатор напруги формує чергову напругу +5В з випрямленої напруги перетворювача.

Найчастіше в блоці формування чергової напруги встановлені неякісні або дефектні компоненти, що викликає зниження частоти перетворювача до звукового діапазону. Внаслідок чого із блоку живлення чутий писк.

Оскільки блок живлення живиться від мережі змінної напруги 220В, а перетворювач має потребу в живленні постійною напругою, напругу необхідно перетворити. Перший блок здійснює випрямлення та фільтрацію

змінної мережної напруги. У цьому блоці також знаходиться фільтр, що загороджує від перешкод, які генерує сам блоком живлення.

Третій блок це ШІМ-контролер TL494. Він здійснює всі основні функції блоку живлення. Захищає блок живлення від коротких замикань, стабілізує вихідні напруги та формує ШІМ-сигнал для керування транзисторними ключами, які навантажені на трансформатор.

Четвертий блок складається з двох трансформаторів і двох груп транзисторних ключів. Перший трансформатор формує керуючу напругу для вихідних транзисторів. Оскільки ШІМ-контролер TL494 генерує сигнал слабкої потужності, перша група транзисторів підсилює цей сигнал і передає його першому трансформатору. Друга група транзисторів, або вихідні, навантажені на основний трансформатор, який здійснює формування основних напруг живлення. Така більш складна схема керування вихідними ключами застосована через складність керування біполярними транзисторами та захисту ШІМ-контролера від високої напруги.

П'ятий блок складається з діодів Шотткі, що випрямляють вихідну напругу трансформатора, і фільтра низьких частот (ФНЧ). ФНЧ складається з електrolітичних конденсаторів значної ємності та дроселів. На виході ФНЧ стоять резистори, які навантажують його. Ці резистори необхідні для того, щоб після вимикання ємності блоку живлення не залишалися зарядженими. Також резистори стоять і на виході випрямляча мережної напруги.

Решта елементів, не обведена в блоці цього кола, формує «сигнали справності». Цими колами здійснюється робота захисту блоку живлення від короткого замикання або контроль справності вихідної напруги.

У схемі імпульсного блоку живлення формату АТХ з корекцією коефіцієнта потужності навантаженням мережі слугує конденсатор, що підключається до мережі через діодний міст (рис.1.5). Зарядження конденсатора відбувається тільки в тому випадку, коли на ньому напруга менше ніж мережна.

					<i>ЛДА 2.087.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

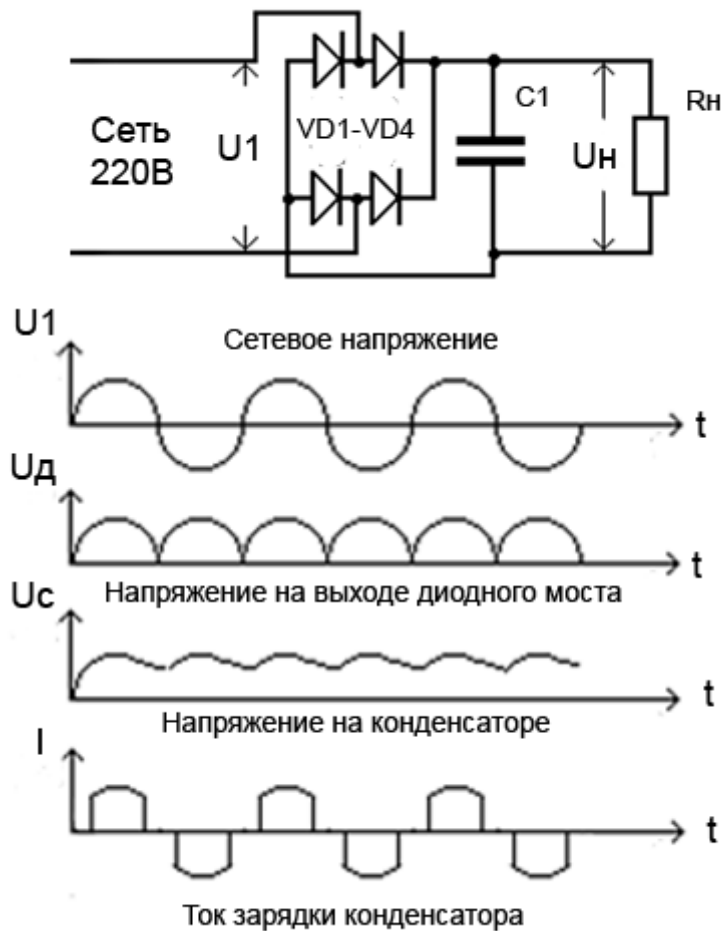


Рисунок 1.5 – Мостовий випрямляч напруги

Внаслідок чого, струм носить імпульсний характер, що має безліч недоліків:

- струм вносить у мережу вищі гармоніки (перешкоди);
- велика амплітуда струму споживання;
- значна реактивна складова в струмі споживання;
- сіткова напруга не використовується протягом всього періоду;
- ККД таких схем має невелике значення.

Нові блоки живлення мають вдосконалену сучасну схему, у ній з'явився ще один додатковий блок - коректор коефіцієнта потужності (ККП).

Він здійснює підвищення коефіцієнта потужності. Або інакше кажучи, забирає деякі недоліки мостового випрямляча мережної напруги.

Відповідно фірмами виробниками розроблено нові схеми блоків живлення, які мали ККП. Спочатку в якості ККП використовувався включений на вході дросель великої індуктивності, такий блок живлення називають блок живлення з PFC або пасивним ККП. Подібний блок живлення має підвищений КП. Для досягнення потрібного КП необхідно оснащувати блоки живлення більшим дроселем, тому що вхідний опір блоку живлення носить ємний характер через встановлені конденсатори на виході випрямляча. Встановлення дроселя значно збільшує масу блоку живлення, і підвищує КП до 0,85, що не так вже і багато.

Внаслідок не високої ефективності пасивного ККП в блок живлення було введено нову схему ККП, що побудована на основі ШІМ-стабілізатора, навантаженого на дросель. Ця схема приносить багато плюсів блоку живленню:

- розширений діапазон робочої напруги;
- з'явилася можливість значно зменшити ємність конденсатора фільтра мережної напруги;
- значно підвищений КП;
- зменшення маси блоку живлення;
- збільшення ККД блоку живлення.

Є і недоліки в цієї схеми - це зниження надійності БЖ і некоректна робота з деякими джерелами безперебійного живлення при перемиканнях режимів роботи батарея / мережа. Некоректна робота цієї схеми з ІБЖ викликана тим, що в схемі значно зменшилася ємність фільтра мережної напруги. В момент, коли короткочасно пропадає напруга, сильно зростає струм ККП, необхідний для підтримки напруги на виході ККП, в наслідок чого спрацьовує захист від КЗ (короткого замикання) в ІБЖ.

					<i>ЛДА 2.087.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



На рис.1.6 зображено схему активного коректора коефіцієнта потужності.

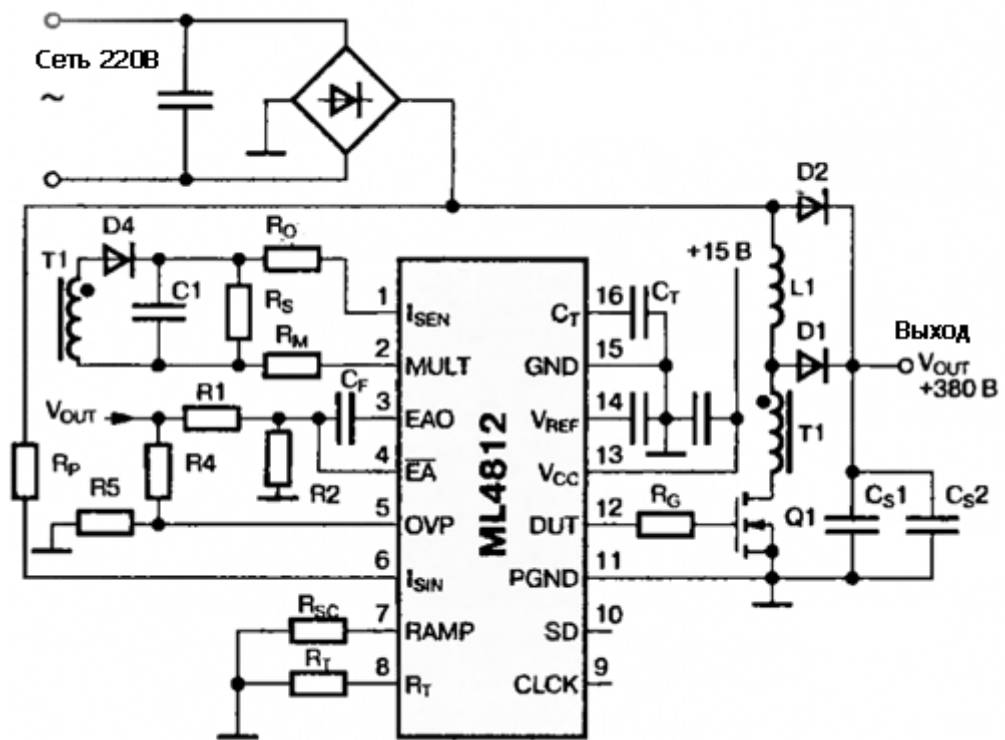


Рисунок 1.6 – Схема активного коректора коефіцієнта потужності

Схема (ри1.2.6) являє собою генератор імпульсів, що навантажений на дросель. Напряга мережі випрямляється діодним мостом і подається на ключ, що навантажений дроселем L1 і трансформатором T1. Трансформатор введений для зворотного зв'язку контролера з ключем. Напряга з дроселя знімається за допомогою діодів D1 і D2. Причому напряга знімається по черзі за допомогою діодів, то з діодного мосту, то з дроселя, і заряджає конденсатори Cs1 і Cs2. Ключ Q1 відкривається і у дроселі L1 накопичується енергія потрібної величини. Розмір накопиченої енергії регулюється тривалістю відкритого стану ключа. Чим більше накопичено енергії, тим більшу напрягу віддасть дросель. Після вимикання ключа відбувається віддача накопиченої енергії дроселем L1 через діод D1 конденсаторам.

Така робота дозволяє використати повністю всю синусоїду змінної напруги мережі на відміну від схем без ККП, а також стабілізувати напругу, що живить перетворювач.

У сучасних схемах блоків живлення, часто застосовують двоканальні ШІМ-контролери. Одна мікросхема здійснює роботу, як перетворювача, так і ККП. Внаслідок чого істотно знижується кількість елементів у схемі блоку живлення.

Розглянемо схему простого блоку живлення на 12В з використанням двоканального ШІМ-контролера ML4819 (рис.1.7).

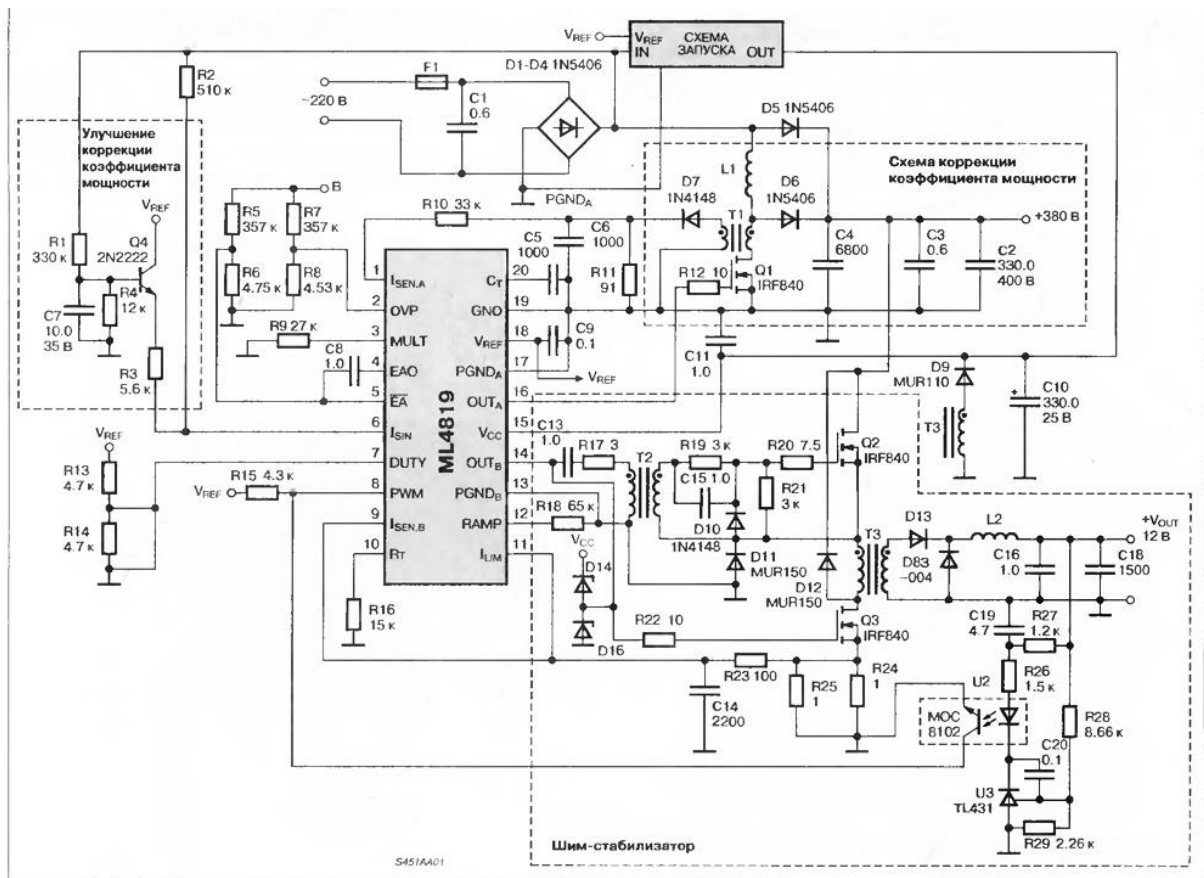


Рисунок 1.7 – Схема простого блоку живлення на двоканальному ШІМ-контролері

Одна частина блоку живлення здійснює формування постійного стабілізованої напруги +380В. Інша частина являє собою перетворювач, що формує постійну стабілізовану напругу +12В. ККП складається, як і у вище

розглянутому випадку, з ключа Q1, навантаженого на нього дроселя L1 трансформатора T1 зворотного зв'язку. Діоди D5, D6 заряджають конденсатори C2, C3, C4. Перетворювач складається з двох ключів Q2 і Q3, навантажених на трансформатор T3. Імпульсна напруга випрямляється діодною зборкою D13 і фільтрується дроселем L2 і конденсаторами C16, C18. За допомогою патрона U2 формується напруга регулювання вихідної напруги.

### 1.1.2 Аналіз інформації

Аналізуючи тему дипломного проекту слід сказати, що проектування ІБЖ відноситься до незалежного класу апаратури групи використання: переносна, підгрупа професійна, згідно цієї класифікації.

ІБЖ може експлуатуватися в закритих приміщеннях з природною вентиляцією без кондиціонування, тобто в приміщеннях які нерегулярно опалюються, або в приміщеннях з штучним кліматом, тобто при кондиціонуванні чи опаленні приміщення.

А так як згідно теми дипломного проекту виріб відноситься до виконання "У" категорії 4.2 по ГОСТ 15150-82. То звідси виникає ряд кліматичних умов експлуатації:

1. прилад зберігає працездатність і зовнішній вигляд після перебування в умовах температури від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+55^{\circ}\text{C}$ ;
2. межі зміни вологості до  $85\pm 3\%$  при температурі  $+20^{\circ}\text{C}$ ;
3. межі зміни атмосферного тиску  $80\text{ кПа} - 100\text{ кПа}$ ;
4. механічне навантаження повинне бути незначними і відповідати згідно ГОСТ 20790-82;

Аналізуючи тему дипломного проекту з точки зору конструкції слід зауважити, що конструкція повинна мати прямокутну форму, всі елементи індикації, а також органи управління повинні бути винесені на передню панель і чітко відображати той чи інший режим.

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

Щодо умов зберігання, то зберігання проводиться по ГОСТ 15150-82 по групі умов зберігання “Л” в сухих і періодично провітрюваних приміщеннях при відносній вологості не більше 80% з температурою від +1 до +40°C, при відсутності в повітрі пилюки парів кислот, лугів, газів що вибивають корозію металів.

Проводячи аналіз тему дипломного проекту з точки зору електричних параметрів необхідно сказати, що електрична схема має забезпечувати наступні технічні параметри:

- Номінальна двополярна напруга живлення – 50 В;
- Пульсації вихідної напруги – не більше 10 мВ;
- Мінімальна вихідна напруга при максимальній споживаній потужності ПНЧ – до 49,5 В;
- Максимальна вихідна потужність – 400Вт;

Для цього необхідно розробити структурну схему, яка б виконувала такі операції.

Враховуючи поставлені вимоги до характеристик при проектуванні, блок буде повністю відповідати необхідним вимогам та задовольнити потреби користувача.

## 1.2 Розробка структурної схеми блоку живлення

Одним з перших кроків для розробки схеми електричної принципової є побудова структурної схеми. Побудова структурної схеми є важливим етапом, оскільки саме після аналізу структури ми будемо будувати вузли приладу та забезпечувати зв'язки між ними, визначати об'єми та вигляд представлених проблем та способи і шляхи їх реалізації, особливості завдання, генерування, передача, вимірювання сигналу впливу між блоками, а також питання узгодженої роботи блоків, засоби і методи досягнення при цьому необхідної швидкодії та точності. Слід зауважити, що на цій стадії

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

формується кінцева структурна блок-схема імпульсного блоку живлення (графічний результат проектування).

На рисунку 1.8 зображено структурну схему імпульсного блоку живлення

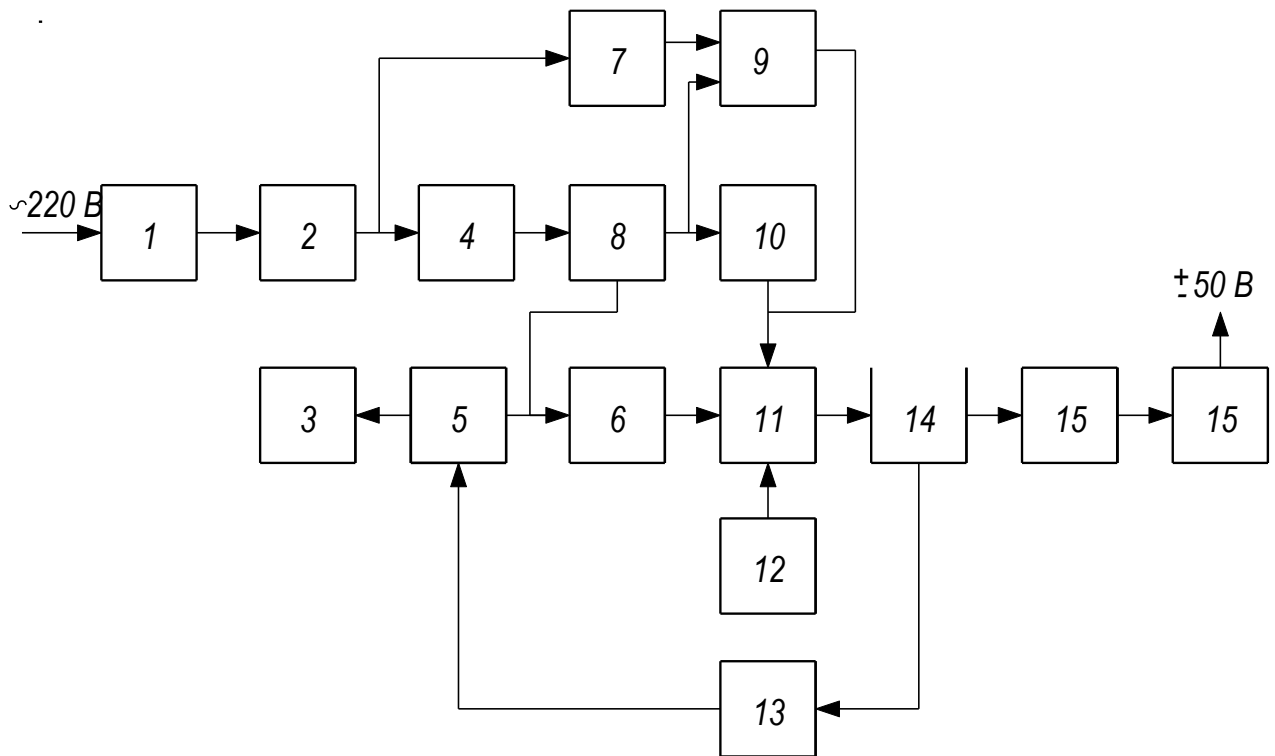


Рисунок 1.8 – Структурна схема імпульсного блоку живлення

На структурній схемі позначено:

- 1 - Блок захисту від скачків та високих частот
- 2 - Двоперіодний випрямляч
- 3 - Індикатор
- 4 - Обмежувач струму
- 5 - Блок шунтування
- 6 - Драйвер
- 7 - Блок плавного запуску
- 8 - Однонапівперіодний випрямляч
- 9 - Ключ
- 10 - Розсіювач потужності у вигляді тепла

11 - Ключ

12 - Задавач частоти генерування

13 - Давач струму

14 - Трансформатор

15 - Випрямляч високочастотного струму

16 - Вихідний каскад

Блок плавного гасіння 1 в схемі служить для гасіння великих струмів при включенні джерела живлення в мережу. Принцип функціонування схеми плавності запускання є наступною, при ввімкненні джерела живлення до мережі, увесь струм тече крізь резистор 10, при цьому розсіює надлишок у виді теплової енергії в атмосферу. У випадку заряду всіх складових ємностей ІБЖ, відбувається замикання контактів ключа 9, і уся частка струму розпочинає текти вже не крізь резистор 10, а крізь замкнутий ключ 10, що в свою чергу живить ключ 11, який комутує драйвер 6 із трансформатором 14.

Часова затримка спрацьовування ключа 9 задається блоком плавного гасіння 1.

Живлення драйвера 6 забезпечується через двоперіодний випрямляч 2 та обмежувач струму живлення 4.

Частота роботи драйвера 6 задається задавачем частоти генерування 12.

При збільшенні струму у вторинній обмотці трансформатора 14, струм первинної обмотки теж збільшується, збільшується і падіння напруги на давачі струму 13. З виходу блоку 13 струм надходить на блок шунтування 5, який шунтує живлення драйвера 6. Драйвер 6 припиняє роботу, струм падає в обмотках трансформатора 14 і блок шунтування закривається 5. Живлення на драйвері знову з'являється, так як закритий блок шунтування 5.

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Далі цикл повторюється, поки в первинній обмотці трансформатора 14 не послабиться струм. Візуально це все під наглядом миготінням індикатора 3.

З виходу трансформатора 14 випрямляється високочастотний струм блоком 15 і з через вихідний каскад подається напруга живлення 50В з потужністю до 400 Вт для підсилювача низької частоти.

### 1.3 Розробка електричної принципової схеми блоку живлення

Другим етапом проектування приладу є розробка її схеми електричної принципової на основі схеми структурної. Схему електричну принципову ІБЖ на наведено рис.1.9.

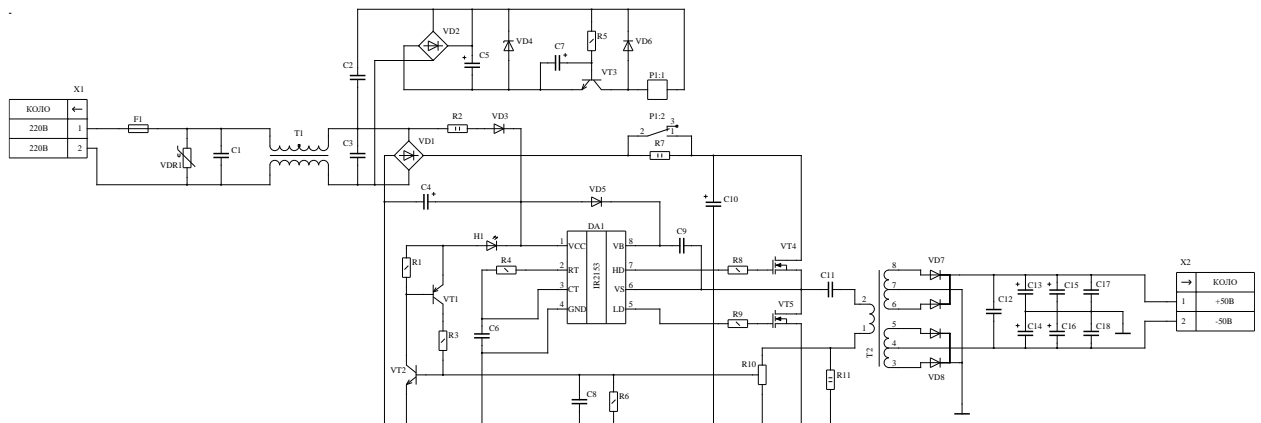


Рисунок 1.9 – Схема електричну принципову імпульсного блоку живлення

При включенні в мережу, починається зарядка великої ємності електролітичного конденсатора С10, а так само електролітів у вихідному каскаді С13-С16. Суть роботи плавного запуску наступна, при включенні джерела живлення в мережу, весь струм протікає через резистор R7, тим самим розсіюючи надлишки у вигляді тепла в атмосферу. Як тільки всі ємності зарядилися (пройшли перехідні процеси), замикаються контакти

реле P1, і весь струм починає текти не через резистор R7, а через замкнуті контакти реле P1:2. Часова затримка спрацьовування реле задається часозадаючою ємністю C7. Діодний міст VD2 є випрямним мостом для живлення плавного запуску. VD1 стабілітрон на 13 Вольт для живлення реле K1.

Перейдемо до самого джерела живлення. Резистор R2 обмежує струм живлення самого драйвера DA1 IR2153, тобто через нього живиться драйвер. Діод VD3 є однонапівперіодним випрямлячем живлення драйвера.

Ємність C6 і резистор R4 задають частоту генерації драйвера DA1 IR2153. Елементи C6 і R4 забезпечують сприяють генерації прямокутних імпульсів з частотою 43-44кГц.

Зменшення номіналу резистора R4, забезпечує підвищення частоти генерації, зменшує температурний режим трансформатора і збільшує напругу на навантаженні.

На відповідних транзисторах VT1-2, R1 та R3 зібраний "ікаючий" тригер захисту. Резистор R11 є датчиком струму. На ньому зовсім невелике падіння напруги, і при збільшенні струму у вторинній обмотці трансформатора T2, струм первинної обмотки теж збільшується, збільшується і падіння напруги на резисторі R11. Через підлаштовуючий резистор R10 струм надходить на вхід бази транзистора VT2, і при досягненні певної напруги в колі бази-емітера приблизно 0,6 В транзистор робиться пропускним. У пропускному стані крізь транзистора VT2 разом з резистором R1 починає текти невеликий струм, що переводить транзистора VT1 у стан пропускання, через дані елементи, а саме транзистора і резистора R3 живлення драйвера зашунтується. Драйвер припиняє роботу, струм падає в обмотках трансформатора T2, транзистор VT2 закривається. Живлення на драйвері знову з'являється, так як закритий транзистор VT2, а отже і VT1, і живлення драйвера вже не зашунтоване.

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



Далі цикл повторюється, поки в первинній обмотці трансформатора не послабиться струм. Візуально це все під наглядом миготінням світлодіода. Налаштування захисту ведеться підлаштувувачим резистором R10.

На виході стоять діоди типу Шотткі VD7-VD8, що дозволяють випрямити високочастотний струм. Ну і в кожному з плечей вихідного каскаду стоять електrolіти по 2000мкФ на плече. Даних ємностей цілком достатньо для імпульсного джерела живлення потужністю до 500Вт.

Варистор VDR1 захищає схему від стрибків напруги. При стрибку напруги (напруга спрацьовування MYG14-431 становить 430В при струмі 1 мА) опір варистора миттєво зменшується, викорочуючи коло живлення схеми, перегоряє запобіжник F1, обриваючи мережеве живлення.

Дросель T1 служить для придушення високочастотних завад на вході.

#### 1.4 Розрахунок вузлів схеми електричної

Для того, щоб визначити параметри елементів, а саме резисторів, конденсаторів, діодів, мікросхем і світлодіодів необхідно провести їх розрахунок, по відповідним функціональним вузлам, тому приведемо розрахунок транзисторного тригера Шмідта.

В схемі електричній схемі наведено схему тригера, який реалізовано на транзисторах VT1, VT2 та резисторах R1, R3.

Дані розрахунку:

- значення амплітуди імпульсної на виході  $U_m=(1,1-15) U_{cm}=5В$ ;
- значення періоду імпульсного просування для запуснення  $T=0,02$  с;
- значення мінімальної тривалості імпульсу,  $t_{u,y}=0,23$ ,  $t_{u,z}=0,1 \cdot 10^{-3}$  с,
- значення напруги живлення  $E_k=100В$ .

Визначення максимальної тривалості вихідних імпульсів граничного пристрою за умовою:

$$t_{u,вих.макс} \geq (\alpha - \gamma) \cdot 56 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-4} = 3,45 \text{ мс.} \quad (1.1)$$

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

Вибір транзистора VT1, VT2 відбувається за умови:

$$U_{к.доп} \geq E_k = 50 \text{ В.} \quad (1.2)$$

Вищі вимозі відповідають транзисторні елементи 2N5551 і 2N5401 з техпараметрами:  $U_{к.доп.}=100\text{В}$ ;  $I_{к.доп.}=10\text{мА}$ ;  $\beta=30$ ;  $f=5\text{МГц}$ ;  $I_{к0}=600\text{мкА}$ ;  $P=325\text{мВт}$ .

Значення струму насиченості:

$$I_{кн} = 0,6 \cdot I_{к.доп} = 0,6 \cdot 10 = 6,09 \text{ мА.} \quad (1.3)$$

Значення величини резисторного компонента R1:

$$R1 = \frac{E_k}{I_{кн}} = \frac{50}{6,09 \cdot 10^{-3}} = 8,2 \text{ кОм.} \quad (1.4)$$

Значення припустимої потужності розсіювання на резисторному елементі R3:

$$P_{R1} = I_{кн}^2 \cdot R1 = (6,09 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 8,2 \cdot 10^3 = 0,30 \text{ Вт.} \quad (1.5)$$

Прийняв резисторний елемент R1 MF-12-8,2кОм-0,25 (Вт).

Обчислення величини опору елементу резисторного R3 обчислюємо з формули:

$$R3 = R1/82 = 8,2 \cdot 10^3 / 82 = 100 \text{ Ом.} \quad (1.6)$$

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

Обчислимо припустиму потужність розсіяння на резисторному елементі R3:

$$P_{R3} = I_{кн}^2 \cdot R1 = (6,09 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 100 = 0,0037 \text{ Вт} . \quad (1.7)$$

Прийняв номінал резистора R3 MF-12-100кОм-0,125 (Вт).

### 1.5 Вибір компонентної бази

Вибір компонентної бази здійснюється на базі функціональної схеми з вимог ТЗ. Надійність експлуатації компонентної бази головним чином визначається коректним вибором типів елементу в процесі проектування і при застосуванні в режимах, що не вище гранично допустимих.

Для коректного вибирання типу компонентів є необхідним на основі вимог по установці в часті кліматичних, механічних і іншого впливу здійснити аналіз умов функціонування кожного елементу і визначити:

- Фактори експлуатації;
- Значення показників та їх зміни під час експлуатації (номінальні показники, допуск, імпеданс ізоляції, шуми, вид функціональної характеристики і ін.);
- Припустимий режим та робоче електричне навантаження (значення потужності, напруга, частота, параметри імпульсного режиму і ін.);
- Показники надійності, довговічності і терміну збереження.

Критерієм вибирання в блоці електрорадіокомпонентів є відповідність технологічно-експлуатаційних параметрів елементів, які задають умовами функціонування і експлуатування.

Базовими параметрами при вибиранні компонентів є:

- Технічні характеристики:

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

- Номінальний показник параметру компонентів згідно електричної схеми приладу;
- Допустиме відхилення номіналів компонентів від їх номінального значення;
- Допустима робоча напруга компонентів;
- Допустима потужність розсіювання компонентів;
- Діапазон робочих частот компонентів;
- Коефіцієнт електричного навантаження компонентів.
- Експлуатаційні параметри:

Для блоку вибрано 10 резисторів MF-12 (рис.1.9) та KLS4-3296W – на рис.1.10.

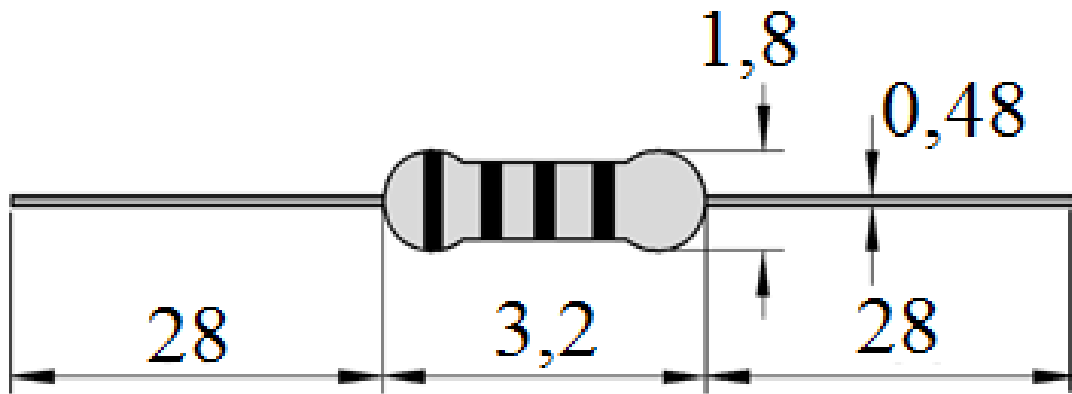


Рисунок 1.9 – Резистор MF-12

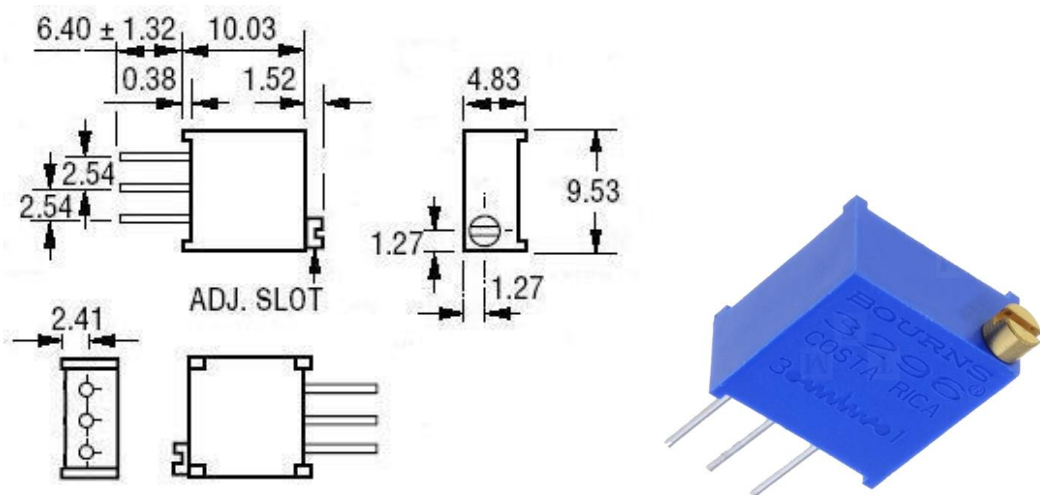


Рисунок 1.10 – Резистор KLS4-3296W

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

Здійснено підбирання конденсаторів 0805 та ECAP-GS (5 електролітичні та 13 керамічні).

Конденсатор 0805 наведено на рис.1.11-1.12.

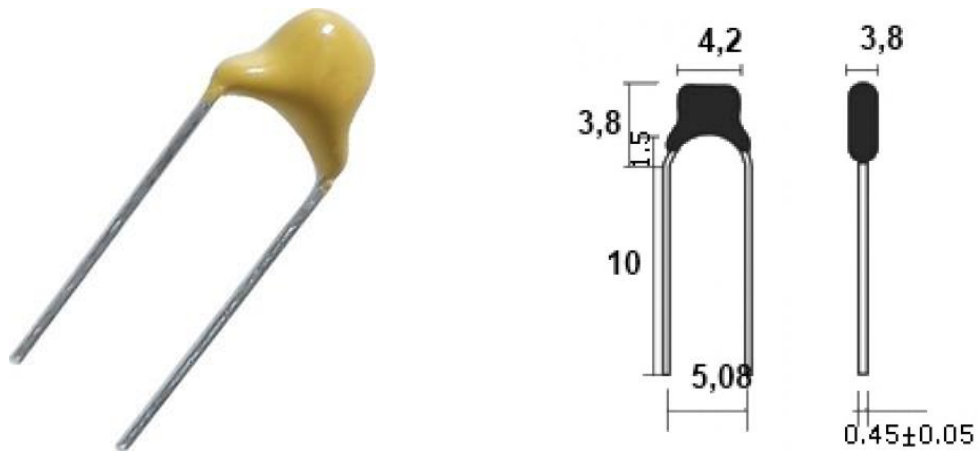


Рисунок 1.11 – Конденсатор 0805

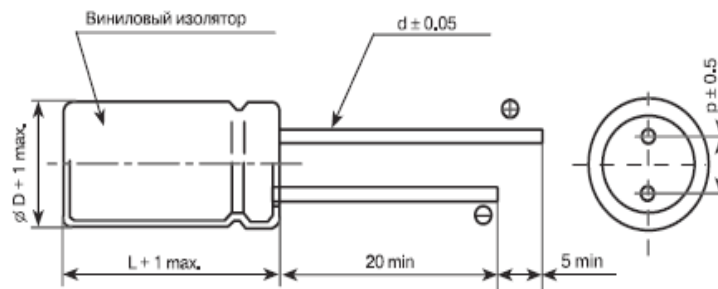


Рисунок 1.12 – Конденсатор ECAP-GS

Здійснено підбирання 5-ти діодів (HER108, 1N4148, MBR20100) і 1 стабілітрона (BZX79-C5V6) та діодного моста КЦ407 .

Діод, стабілітрон та діодний міст наведено на рис.1.13-1.17.

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

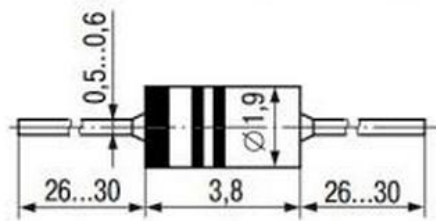


Рисунок 1.13 – Діод 1N4148

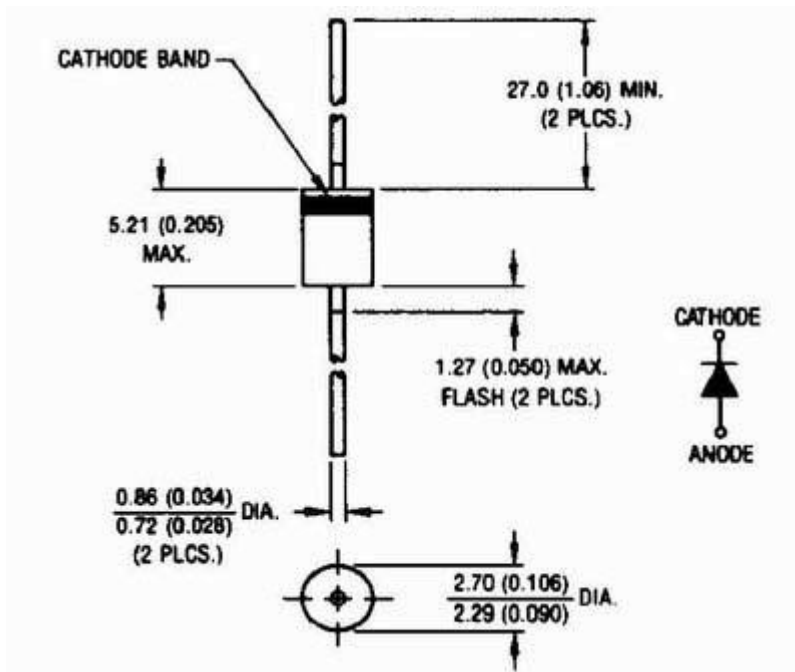


Рисунок 1.14 – Діод HER108

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛДА 2.087.001 ПЗ

Арк.

30

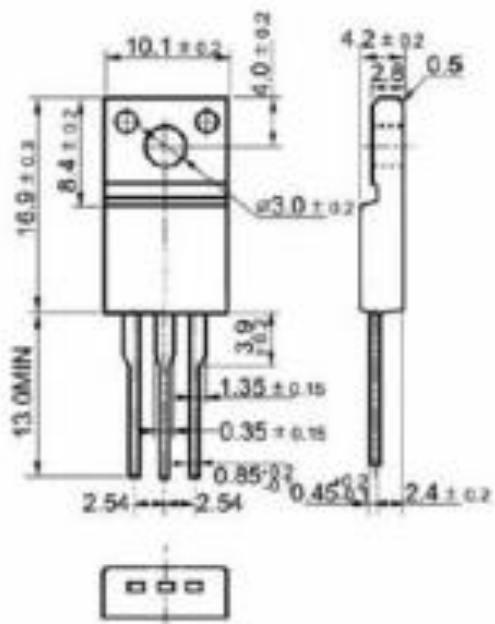


Рисунок 1.15– Діод MBR20100

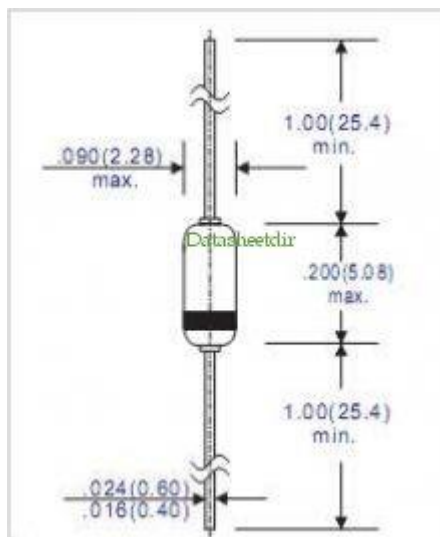


Рисунок 1.16– Стабілітрон VZX79-C5V6

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛДА 2.087.001 ПЗ

Арк.

31

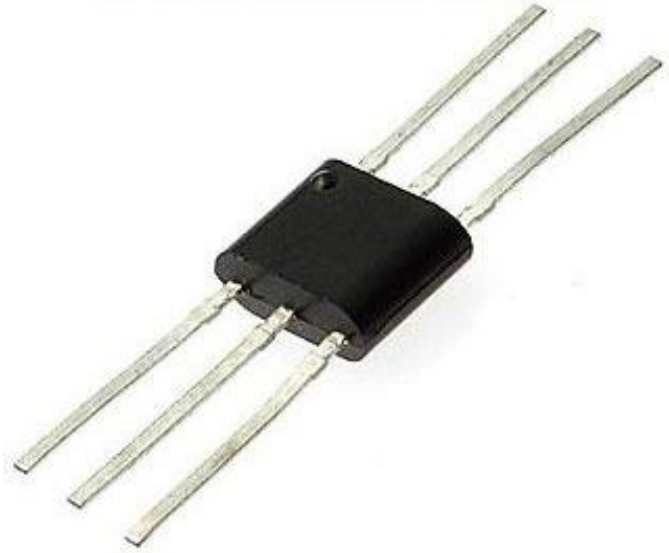
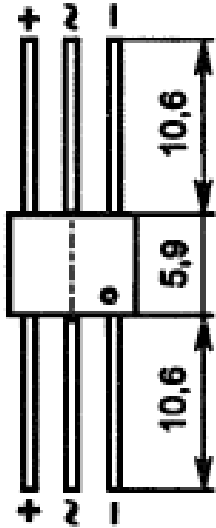
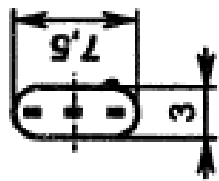


Рисунок 1.17 – Діодний міст КЦ407

Здійснено підбирання 4 транзисторів 2N5401, 2N5551, BC517 та IRF740. Транзистори наведено на рис.1.18-1.21.

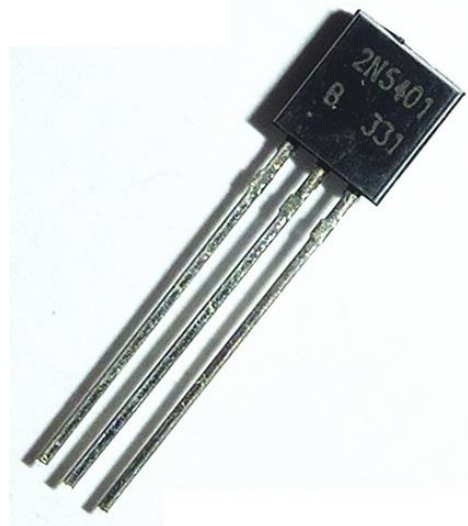
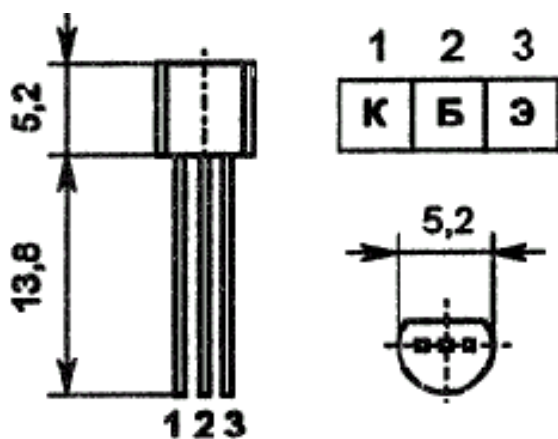


Рисунок 1.18– Транзистор 2N5401

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛДА 2.087.001 ПЗ

Арк.

32



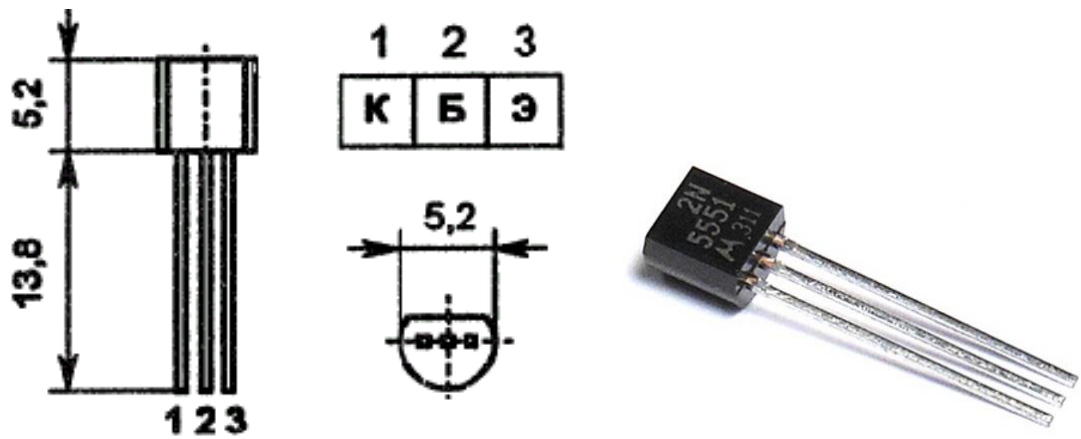


Рисунок 1.19– Транзистор 2N5551

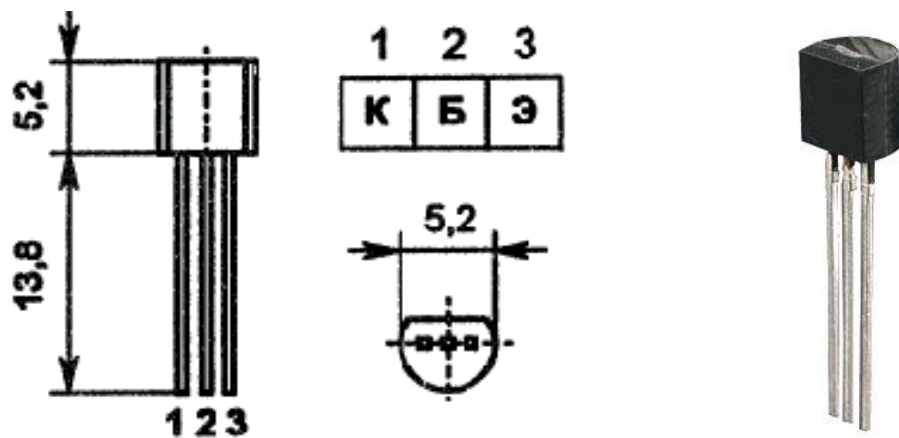


Рисунок 1.20 – Транзистор BC517

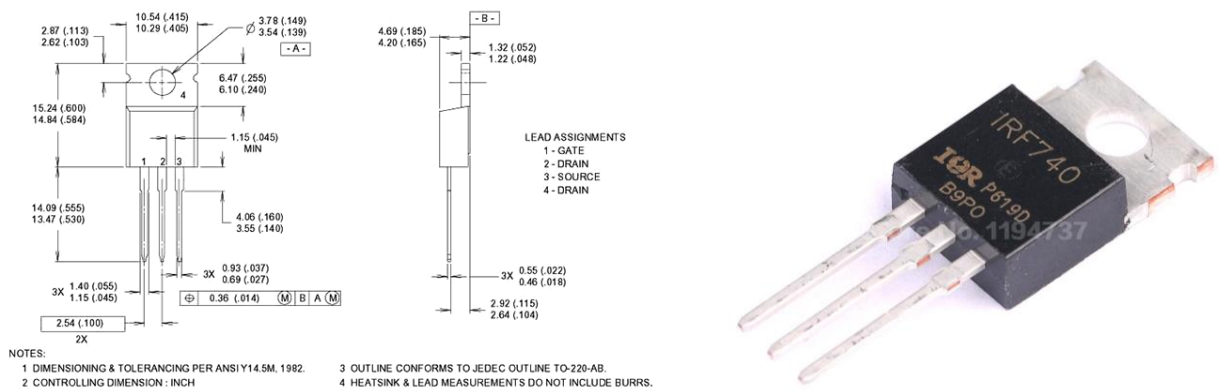


Рисунок 1.21– Транзистор IRF740

Головною мікросхемою в схемі блоку, яка виконує основну роль є драйвер DA1 IR2153 (рис.1.22).

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

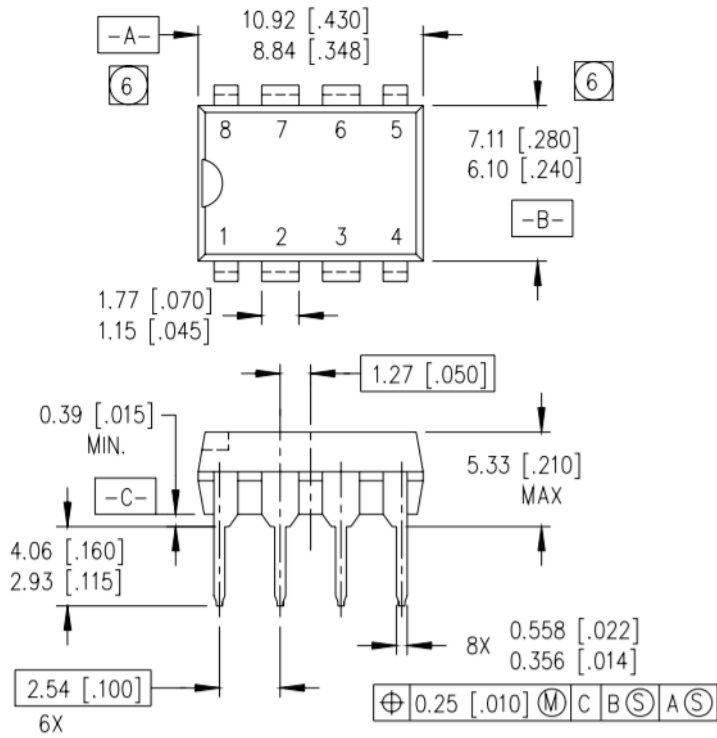


Рисунок 1.22– Мікросхема IR2153

Проведено підбирання трансформатора ТП 121-1, реле F1CA024V (рис.1.23-1.24).

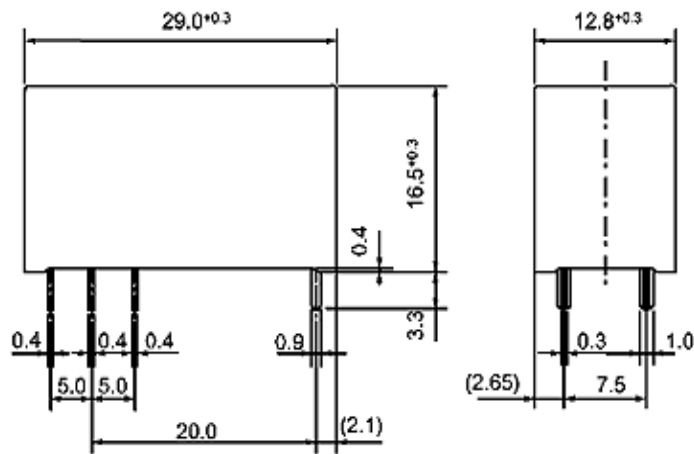


Рисунок 1.23 – Реле F1CA024V

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

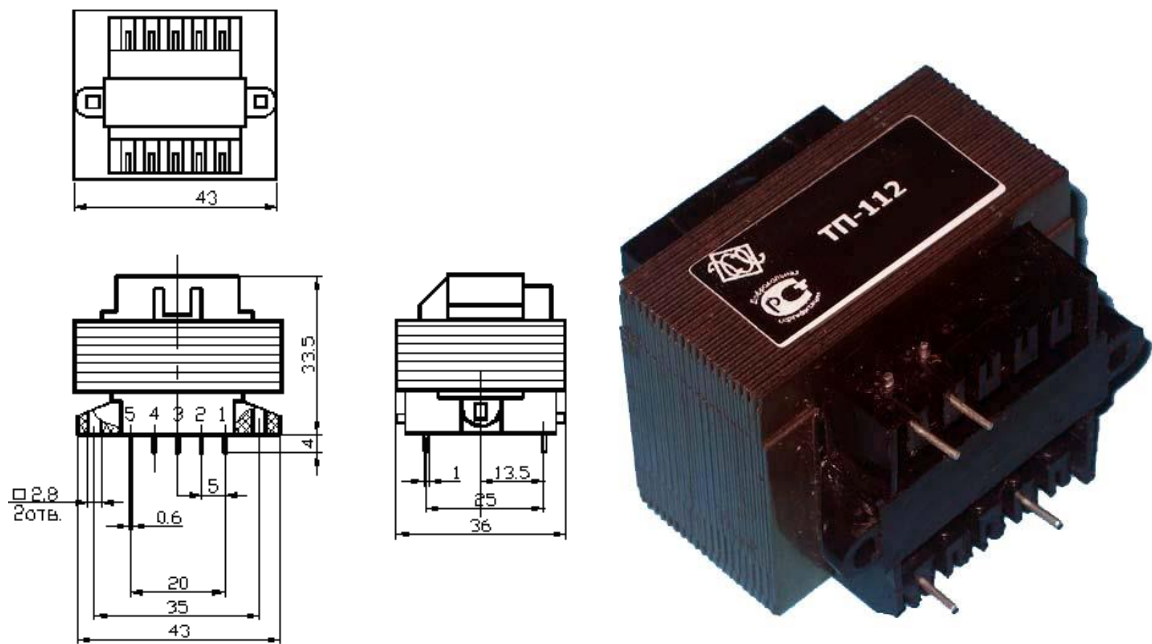


Рисунок 1.24 – Трансформатор ТП-121

Для вибирання застосовано каталоги елементів, інтернет-ресурси та довідники.

## 1.6 Розробка друкованої плати

### Класифікація друкованих плат

Друковані плати можна класифікувати різними способами в відповідно до їх різними атрибутами. Одна з основних конструкцій друкованої плати, загальна для всіх, - це розводка електричних провідників, які з'єднують всі встановлювані на ній компоненти між собою.

### Основна класифікація друкованих плат

Для формування дротів існує два основних способи:

Субтрактивним. У субтрактивному процесі непотрібна частина мідної фольги на підкладці витравлюється, при цьому потрібний малюнок схемних між'єднань залишається на своєму місці. Те Тобто відбувається процес

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

віднімання (витравлювання зайвого), звідси походження назви (від англ. Subtractive - віднімає, що позбавляє).

Адитивний. У адитивному процесі формування малюнка схеми межсоединений виконується додаванням міді на голу (без мідної фольги) підкладку потрібного малюнка і в потрібному місці. Це можна зробити гальванічним покриттям міддю, трафаретним нанесенням проводять пасти або укладанням проводу з ізоляцією на підкладку за заздалегідь визначеними трасах (від англ. Additive - додаток).

Класифікація друкованих плат, враховує всі ці фактори, то є процеси виготовлення плат і матеріали, які використовують під час виготовлень підстав. Користуватися цим малюнком можна наступним чином (рис.1.25):

- Стовець 1 показує класифікацію друкованих плат за матеріалом підстави.
- Стовець 2 показує класифікацію друкованих плат за формою проводить малюнка.
- Стовець 3 показує класифікацію друкованих плат по жорсткості їх підстав.
- Стовець 4 характеризує класифікації плат за методикою формування провідного малюнка.
- Стовець 5 показує класифікацію друкованих плат за кількістю провідних шарів.
- Стовець 6 показує класифікацію друкованих плат за наявністю або відсутністю металізованих наскрізних отворів.
- Стовець 7 показує класифікацію друкованих плат за методом їх виготовлення.

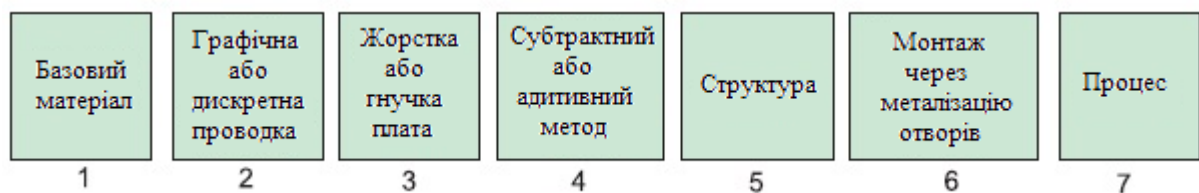


Рисунок 1.25 - Схема класифікації конструкцій друкованих плат

## Діелектричні підстави

Однією з великих проблем, які виникають з безперервним зростанням частоти і функціональності компонентів, що використовуються в комп'ютерах і засобах зв'язку, є доступність матеріалів для виготовлення діелектричних підстав друкованих плат, які відповідали б вимогам, що пред'являються до цієї продукції і до цих процесів. Ці вимоги визначаються величиною термомеханічних напруг, створюваних великим і тривалим впливом температур пайки в процесі монтажу, а також необхідністю узгодження коефіцієнта температурного розширення компонентів і підкладки.

В результаті досліджень були знайдені нові органічні матеріали, а також матеріали неорганічного походження.

## Органічні підстави

Органічні підстави плат в основному складаються з шарів паперу, просоченою фенольною смолою, або шарів ткани або нетканій склотканини, просоченої епоксидною смолою, Поліаміди, ефіром ціаністої кислоти, смолою ВТ і т.д. Використання цих підкладок обумовлюється вимогами до фізичних характеристик друкованих плат, таким як робоча температура, частота або механічна міцність.

## Неорганічні основи

Неорганічні основи плат складаються в основному з керамічних і металевих підстав, таких як алюміній, м'яке залізо і інвар, з двох сторін покритих міддю. Використання таких підкладок зазвичай продиктовано необхідністю ефективного розсіювання тепла, за винятком випадку використання магнітом'якого заліза, яке забезпечує шлях магнітному потоку для двигуна приводу, наприклад гнучкого магнітного диска.

## Друковані плати і плати з дискретними проводами

Друковані плати також можна класифікувати, розділивши на дві основні категорії, виходячи зі способу їх виготовлення, а саме:

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- друковані;
- з дискретними провідниками.

#### Друковані плати

Плати з друкованими провідниками є стандартним варіантом і типом ПП, який завжди уявляють собі, коли мова заходить про друковані плати. У цьому випадку зображення фотооригінала малюнка схеми формується фотографічно на фоточутливому матеріалі на спеціально підготовленій скляній пластині або полімерній плівці. Потім зображення переноситься на друковану плату методом трафаретного друку або фотодруку, яка виходить з фотооригінала малюнка схеми. Завдяки швидкості та економії за рахунок отримання фотооригінала з допомогою лазерних плотерів, цей оригінал також може служити робочим фотошаблоном.

Сьогодні можна отримувати зображення лазером безпосередньо на фоторезисті (Laser Direct Imaging), нанесеному на друковану плату. У цьому випадку зображення малюнка провідників виконується лазерним плотером на фоторезистивному матеріалі без проміжного етапу виготовлення фотошаблону. Це виявляється кілька повільніше, ніж при використанні фотошаблону, і не застосовується до масової продукції. Але робота в цьому напрямку триває: йде пошук більш чутливих фоторезистів, а також створення більш продуктивних установок фотолітографії. І цей метод, без сумніву, буде вдосконалюватися.

#### Плати з дискретними провідниками

Плати з дискретним провідником (рис. 1.26) не вимагають отримання зображення для формування малюнка провідників. Замість цього провідники формуються безпосередньо на друкованій платі з використанням ізольованих мідних проводів. Найбільш відомими технологіями дискретних між'єднань є Wire - wrap і Multiwire .

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

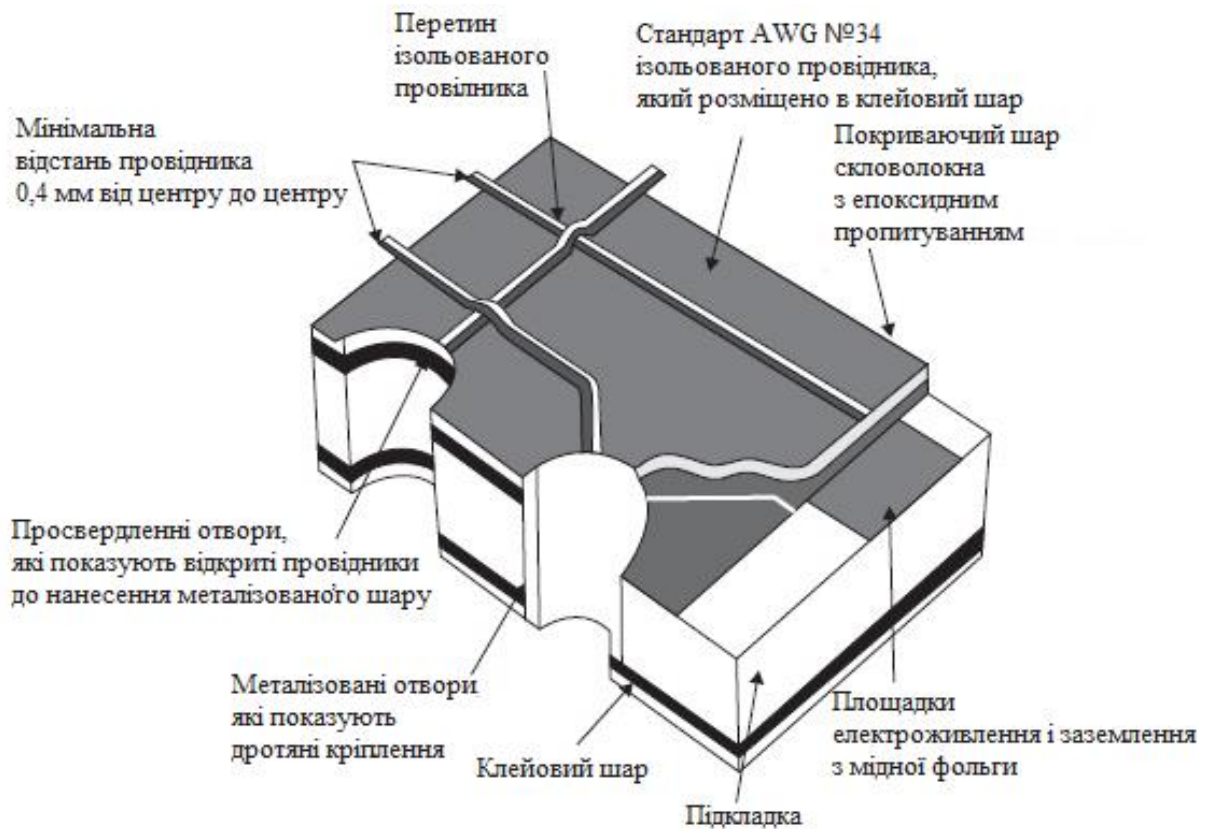


Рисунок 1.26 - Приклад плати з дискретними провідниками  
(багатопровідний монтаж)

Один шар такої розводки, з урахуванням можливості її перетинів, в змозі конкурувати з друкованою платою, що складається з багатьох провідних шарів, тим самим забезпечується дуже висока щільність між'єднань. Однак процес дискретної електропроводки за своєю природою є послідовним і не застосовують для масового виробництва. Незважаючи на цей недолік, плати з дискретними провідниками використовуються для деяких модулів з високою щільністю монтажу.

#### Жорсткі і гнучкі плати

Інший клас друкованих плат утворюється з жорстких і гнучких друкованих плат. У той час як друковані плати виготовляють з різноманітних матеріалів, гнучкі плати зазвичай робляться на поліефірної і поліамідної основи. Гнучко-жорсткі плати, що є комбінацією жорстких і гнучких плат, зазвичай скріплені разом, знайшли широке застосування в

компонуванні електронних схем (рис. 1.27). Більшість гнучко-жорстких плат - це тривимірні структури, які мають гнучкі частини, що з'єднують жорсткі плати, на яких зазвичай монтують компоненти; така компоновка ефективна при розподілі міжз'єднань за обсягом.

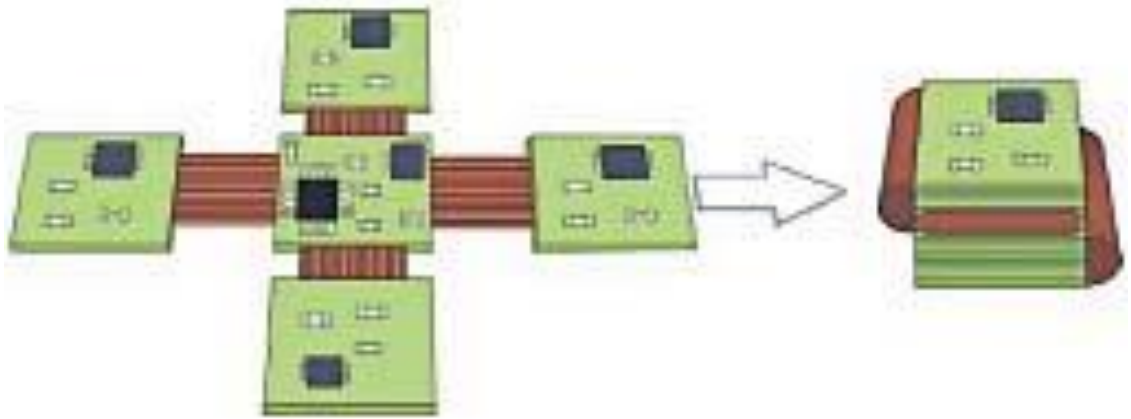


Рисунок 1.27 - Гнучка плата

### Друковані плати

Більшість вироблених в усьому світі плат виготовляються з використанням методів друку. Існує три типи друкованих плат, що відрізняються за кількістю рівнів розводки провідників:

- односторонні плати;
- двосторонні плати;
- багат шарові плати.

### Односторонні плати (ОПП)

Односторонні плати мають провідники тільки на одній стороні плати, стійкий до травленню захисний шар зазвичай друкується з допомогою технології трафаретного друку, а малюнок провідників потім формується травленням непотрібної і тому не захищеної від травлення мідної фольги.

### Типові матеріали для односторонніх плат

Цей метод виготовлення плат зазвичай використовується для недорогих, великосерійних і щодо низькофункціональних плат. Більшість



односторонніх плат для меншу собівартість виготовляють на паперовій основі (гетинаксе), а найбільш популярною маркою гетинакса є ХРС – FR (Японія), який використовує пожаростійкий фенольний матеріал, який легко перфорується. У Європі найбільш популярною маркою гетинаксу є FR -2, який використовується для односторонніх плат, тому що він виділяє менше запаху в порівнянні з ХРС – FR при роботі при високій напрузі і в теплих середовищах, такий як всередині корпусу телевізора. У США найбільш популярним для односторонніх плат є матеріал СЕМ -1, що складається з паперу і скла, просочених епоксидною смолою. Чи не такий дешевий, як ХРС - FR або FR -2, СЕМ -1 отримав популярність завдяки своїй механічній міцності. Його застосовують і коли використання гетинаксе не цілком допустимо.

#### Процес виготовлення односторонньої плати

При існуючому акценті на собівартість і низький рівень складності односторонні плати зазвичай виготовляються на високоавтоматизованих конвеєрних лініях друку і травлення, використовуючи такі основні технологічні операції:

Крок 1. Розкрий листа на заготовки відповідного розміру виштамповкою або нарізкою.

Крок 2. Приміщення пакету заготовок на навантажувач, який подає їх на вхід лінії.

Крок 3. Механічна дезоксидації (зачистка) заготовок.

Крок 4. Трафаретний друк стійких до травленню і затвердіючих під дією УФ-випромінювань фарб.

Крок 5. Затвердіння стійкого до травленню малюнка з фарб.

Крок 6. Травлення відкритою мідною фольгою.

Крок 7. Зняття захисного шару фарб.

Крок 8. Нанесення паяльної маски.

Крок 9. Нанесення маркування трафаретного печаткою.

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

Крок 10. Формування отворів свердлінням або штампуванням.

Крок 11. Тестування на наявність короткого замикання і обривів.

Швидкість конвеєра автоматизованих ліній друку і травлення – від 10 до 15 м/хв. Деякі лінії обладнані оперативної оптичної перевіркою, яка дозволяє виключити електричне тестування на наявність короткого замикання і обривів.

Після створення малюнка провідників на лінії друку та травлення на заготовці формуються отвори для вставки висновків компонентів - або груповими складальними штампами, якщо заготовка виготовлена з гетинаксу, або свердлінням, якщо заготовка виготовлена з склоепоксидні підкладки.

#### Додаткові процеси

У деяких випадках поверхню провідників друкованих плат покривають ізолюючим шаром, залишаючи відкритими тільки контактні площадки. А потім трафаретною печаткою наноситься проводить паста для формування додаткових провідників, тим самим формується другий провідний шар на цій же стороні.

Більшість друкованих плат з металевою серцевиною, призначених для широкого вжитку, виготовляються на алюмінієвому підставі, яке надходить в виробництво в вигляді фольгованого міддю матеріалу. Друковані плати на металевому підставі не можуть мати наскрізних металізованих отворів, а всі компоненти зазвичай монтується на них за технологією поверхневого монтажу. Ці схеми часто формуються в тривимірні структури.

#### Двосторонні плати (ДПП)

За визначенням, двосторонні плати мають схеми, розташовані на двох сторонах друкованих плат. Існує дві категорії ДПП:

без металізації наскрізних отворів;

з металізацією наскрізних отворів.

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

Категорія з наскрізними металізованими отворами може бути розбита на два типи:

металізовані наскрізні отвори;

наскрізні отвори, заповнені токопровідною пастою (з сріблом).

Технологія металізації наскрізних отворів

Металізація отворів осадженням міді практикується з середини 1950-х років. Оскільки підстава друкованої плати є ізолюючим матеріалом і тому непровідні, то отвори повинні покриватися шаром до того, як буде виконуватися електрохімічне осадження міді. Зазвичай процес попередньої металізації полягає в каталізації отворів паладієм з подальшим хімічним осадженням тонкого шару міді. Потім виконується товсте гальванічне осадження міді. Альтернативним методом є металізація до необхідної товщини з використанням товстошарового хімічного осадження міді, яке називають адитивним осадженням.

Найбільшим зміною процесу виробництва двосторонніх плат з металізованими отворами, а також багатошарових плат стало застосування технології прямого металізації. Простіше кажучи, це усуває необхідність процесу хімічного осадження міді. Стінка отвори стає провідною за рахунок осадження паладієвого каталізатора, вуглецю або полімерної провідної плівки, після чого шар міді потрібної товщини осідає гальванічно. Усунення хімічного міднення, в свою чергу, дозволяє позбутися від використання шкідливих для навколишнього середовища хімікатів, таких як формальдегід і EDTA - двох основних компонентів розчинів хімічного міднення.

Технологія сріблення наскрізного отвору

Плати з посрібленими отворами зазвичай виготовляються з гетинаксу або з композиції - просоченої епоксидною смолою паперу і стекломата, такий як СЕ -1 або СЕ -3. Після того як фольговані з двох сторін діелектрики протравлені для формування струмопровідного малюнка на обох сторонах, просверлюються отвори. Потім на заготовку трафаретного

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

печаткою наноситься проводит паста з срібним наповнювачем. Замість срібною можна використовувати мідну пасту, що явно гірше.

Оскільки плати з сріблення мають відносно високий електричний опір в порівнянні з металізацією наскрізних отворів, то область застосування плат з сріблення отворів обмежена. Однак завдяки їх економічним перевагам (вартість плат з сріблення зазвичай становить від однієї до двох третин функціонально еквівалентних їм плат з металізацією наскрізних отворів) їх використання поширилося на дрібносерійні, недорогі вироби, такі як макети плат для перевірки проектних рішень, для апаратури, яка не має масового застосування, і т. п.

#### Багатошарові плати (МПП)

За визначенням МПП мають три або більше шарів провідників (рис.1.28) Основне використання багатошарових плат обмежується складної промислової електронної продукцією. Тепер, однак, вони є панівними в усіх електронних пристроях, включаючи товари широкого споживання, такі як портативні відеокамери, стільникові телефони, програвачі аудіодисків і ін.

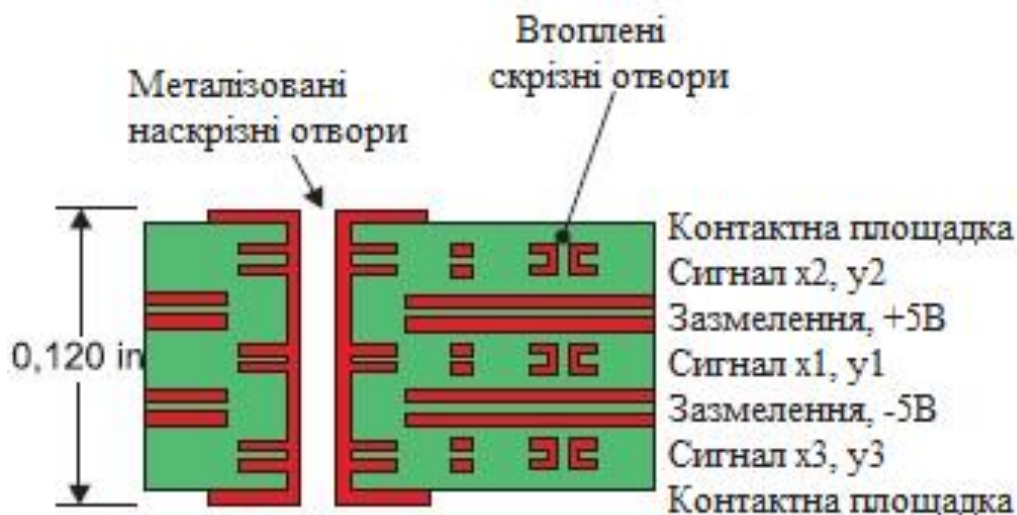


Рисунок 1.28 - Поперечний перетин багатошарової плати з внутрішніми і глухими отворами

## Перехідні отвори і їх технології

Оскільки, обговорюючи випуск друкованих плат, ми не можемо не зачіпати проблеми більш високої продуктивності і щільності монтажу і появи компонентів поверхневого монтажу, які розміщують на обох сторонах плати, то змушені визнати, що потреба в збільшенні щільності між'єднань між шарами різко зросла. В той же час простір, доступне для наскрізних отворів, зменшилася, що призвело до використання все більш тонких отворів, більшого їх числа і до зменшення наскрізних отворів через марної трати простору на всіх шарах. В результаті застосування внутрішніх і глухих отворів стало стандартною частиною технології виготовлення багат шарових плат, зумовленої потребою підвищення щільності монтажу (рис. 4).

Однією з нагальних проблем, що виникають згідно з цими тенденціями, є проблема свердління і пов'язана з нею вартість цього кроку виробництва. Друковані плати, які колись можна було свердлити в пакеті з трьох заготовок, а кількість отворів на платі зросла. Це створює серйозну проблему для виробників, які виявили, що нестача коштів для свердління отворів створює велику потребу в фондах для придбання додаткових верстатів, тоді як вартість свердління продовжує різко зростати. За цієї причини розробляються альтернативні методи створення наскрізних отворів. Ця тенденція розвивається, а тому процес, описаний тут, або певний його еквівалент, без сумніву, буде набувати все більш важливе значення в міру продовження мініатюризації, а свердління окремих отворів ставати все менш ефективним.

### Плати з шарами пошарового нарощування

Найвідоміша технологія МПП, розвинена для формування перехідних отворів в поверхневих шарах, виконується без операцій пресування. Процес виготовлення плат з поверхневими шарами складається в наступному (рис. 1.29):

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

- Виготовляється підставу з внутрішніми шарами «землі» і живлення.
- Заготовка піддається обробці для поліпшення адгезії - оксидації.
- Заготовка покривається ізоляційним шаром фоточутливого полімеру на установці трафаретного друку або завісою.
- Отвори формуються методами фотолітографії.
- Заготовка металізується звичайним методом активації і хімічного осадження або прямим процесом металізації.
- Потім осідає більше товстий шар міді, що є продовженням хімічного міднення методом гальванічного металізації.
- Малюнок схеми формується з використанням тентінг-процесу.

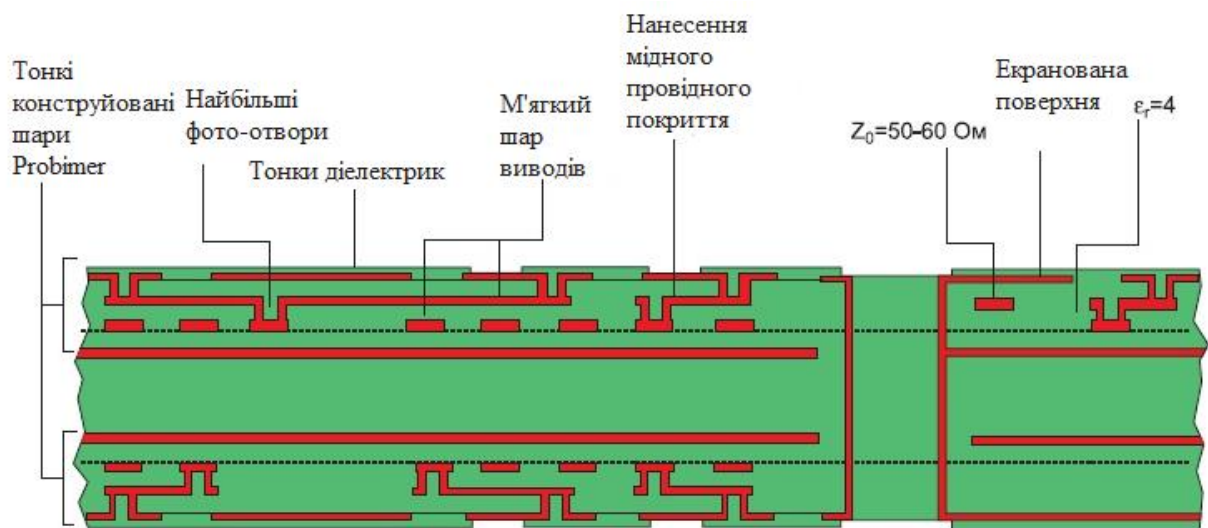


Рисунок 1.29 - Плати з пошаровим нарощуванням процес DYCOstrate

Оригінальний процес виконання тонких отворів був використаний фірмою Dycorex AG зі Швейцарії. За цього процесу після того, як виготовлено підстава зі шарами «землі» і живлення, заготовка оксидується і покривається фольгованим поліамідом. Далі виконуються отвори в мідній фользі: поліамід витравлюється з допомогою плазми. Друковані плати, зроблені таким способом, називають DYCOstrate.

В іншій, подібній технології використовуються різні діелектричні матеріали з травленням в міцних лугах. Інша частина процесу подібна

попереднього процесу, то є заготовка з отворами металізуються і малюнок схеми виконується тентінг-методом (рис. 5).

#### Свердління глухих отворів

Як в пошаровому нарощуванні, так і в процесі DYCOstrate, наскрізні отвори можуть бути виконані традиційним свердлінням з подальшим нанесенням металевих покриттів.

#### Технології металізації наскрізних отворів (МСО)

У 1953 році корпорація Motorola розробила оригінальний процес з'єднань з внутрішніми шарами МПП через металізацію наскрізних отворів. Поверхня діелектрика і стінки отворів, які не мають проводять покриттів, сенсibilізуються з допомогою SnCl<sub>2</sub> і металізуються розпиленням срібла з соплового розпилювача. Потім на заготовку трафаретного печаткою наноситься малюнок, який є негативом по відношенню до схеми між'єднань; використовують для цього стійкі до травленню фарби, залишаючи майбутні доріжки провідника незафарбованими. Потім на заготовку методом гальванічного осадження наноситься мідь. В завершення стійку до травленню фарбу і срібний підшар видаляють і отримують друковану плату з металізованими отворами. Одна з проблем, пов'язана з використанням срібла, - це міграція залишків срібла між мідними провідниками. Цей метод металізації плат був передвісником напівадитивного процесу.

Потім стали набувати популярності фольговані діелектрики. Виробники друкованих плат використовували цей двоетапний каталітичний процес для металізації наскрізних отворів з допомогою фольгованих діелектриків. Цей процес, однак, виявився несумісним з мідною поверхнею. Безліч чорних частинок паладію, розкидані при каталізації, осідають між фольгою і гальванічної міддю, що призводить до поганої адгезії між ними. Всі ці частинки паладію і хімічно обложеною мідь необхідно відчистити з допомогою абразивних матеріалів, перед тим як починати виконання

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

другого процесу - гальванічного осадження. Для подолання проблеми, викликані паладієвих частинками, приблизно з 1960 р дослідники стали розробляти поліпшений каталітичний процес; результатом їх дослідження стали попередники сучасного каталітичного методу на основі паладію.

#### Комбінований позитивний метод (Pattern Plating )

У методі металізації малюнка провідників відразу після процесу хімічного осадження міді виконується процес нанесення металорезиста на малюнок, який є негативом по відношенню до малюнку провідників. Малюнок наноситься трафаретним друком стійкою до травленню фарбою з обох сторін заготовки. У більшості плат з вузькими провідниками замість фарби використовується фоточутлива суха плівка. У методі гальванічної металізації малюнка провідників існують невеликі варіації.

Каталізація (підготовка непровідної поверхні для стимулювання хімічного відновлення міді з розчину).

Тонке хімічне осадження міді товщиною 0,25 мкм, за яким слід гальванічна затягування міддю або середньої товщини хімічне міднення товщиною 2,5 мкм.

Формування малюнка провідників (використання фоторезиста в негативі по відношенню до необхідної закінченою схемою).

Остаточне електролітичне осадження міді товщиною 25 мкм.

Осадження гальванічного припою (в якості стійкого до травленню металорезиста) товщиною 5 або 15 мкм.

Видалення фоторезиста.

Травлення міді фольги (+ гальванічної затяжки).

Видалення припою травленням для товщини 5 мкм або розплавлення металорезиста для товщини 15 мкм.

Нанесення паяльної маски, за якою слід гаряче лудіння зануренням в припой з вирівнюванням припою гарячими повітряними ножами, якщо до цього використовувався процес видалення припою.

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



Заключні операції і тестування.

З переваг комбінованого позитивного методу (металізація малюнка) перед тентінг-методом (загальна металізація) складається в товщині травлення. При металізації малюнка необхідно травити тільки мідь фольги. Використання ультратонкої мідної фольги, яка зазвичай має товщину 4 або 8 мкм, створює великі переваги. Однак поки використовується електролітична (гальванічна) металізація, метод металізації малюнка не може уникнути проблеми розподілу струму по заготовці, незалежно від товщини фольги. Метод загальної металізації поверхні заготовки страждає від тієї ж проблеми, але в меншому ступені. Домогтися гарного розподілу струму дуже важко, коли плати не одного розміру або типу, а особливо якщо деякі з них мають великі металеві площі на зовнішньої лицьової поверхні, на якій виконується електроосадження.

Інша перевага методу металізації малюнка полягає в його здатності металізувати мікроотвори без контактних площадок діаметром 0,3-0,4 мм. Мікроотвори дозволяють краще використовувати канали трас, тим самим збільшуються можливості для поліпшення трасування здатності плат.

### 1.7 Висновки до розділу 1

У розділі проаналізовано завдання на розробку імпульсного блоку живлення та аналізу відомих блоків, що дало підстави щодо розроблення нового блоку.

Описано етапи процесу проектування імпульсного блоку живлення, а саме розроблення структурної схеми, яка забезпечила розроблення схеми електричної принципової. Здійснено процес вибирання елементної бази з урахування результатів розрахунку вузлів схеми електричної принципової та технічних режимів роботи блоку.

Здійснено опис технологію виготовлення друкованого вузла приладу та приведено розрахунки надійності.

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

## 2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

### 2.1 Засоби протипожежного захисту

Засоби протипожежного захисту — технічні засоби, призначені для запобігання, локалізації та ліквідації пожеж, захисту людей, матеріальних цінностей та довкілля від впливу небезпечних факторів пожежі.

До засобів протипожежного захисту відносяться:

- пожежна сигналізація та засоби пожежогасіння,
- системи оповіщення людей про пожежу і керування евакуацією,
- системи протидимного захисту,
- системи пожежного спостереження,
- блискавкозахист,
- вогнезахист конструкцій,
- протипожежні перешкоди.

Апарати пожежегасінні. Апарати пожежегасіння підрозділяють на пересувних (пожежні автомашини) стаціонарні пристрої і вогнегасники (ручні до 10 л., пересувні і стаціонарні об'ємом вище 25 л.). Пожежні автомашини ділять на автоцистерни, що доставляють на пожежу воду і розчин піноутворювача, які обладнані стовбурами для подачі води або легко-механічної піни різної кратності, і спеціальні, призначені для інших пожежегасних засобів або для певних об'єктів. Стаціонарні пристрої призначені для гасіння пожеж в початковій стадії їх виникнення без участі людей. Їх вмонтовують у будівлі і споруди. Їх підрозділяють на водяні, пінні, газові, порошкові і парові. Стаціонарні пристрої можуть бути автоматичними і ручними з дистанційним пуском.

Пожежна сигналізація. Застосування автоматичних засобів виявлення пожеж є одним з основних умов забезпечення пожежної безпеки в машинобудуванні, оскільки дозволяє оповістити черговий персонал про

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

пожежу і місце її виникнення. Пожежні засоби сповіщення перетворюють неелектричні фізичні величини (випромінювання теплової і світлової енергії, рух частинок диму) у електричні, які у вигляді сигналу певної форми прямують по проводам на приймальну станцію.

Засоби пожежної сигналізації поділяються на прилади ручної дії, призначені для видачі дискретного сигналу при натисненні відповідної пускової кнопки, і автоматичної дії для видачі дискретного сигналу при досягненні заданого значення фізичного параметра (температури, спектра світлового випромінювання, диму і ін.).

Залежно від того, який з параметрів газоповітряного середовища викликає спрацьовування цього засобу, вони бувають: теплові, світлові, димові, комбіновані, ультразвукові.

Протипожежні розриви. Для попередження розповсюдження пожежі з однієї будівлі на іншу між ними влаштовують протипожежні розриви. При визначенні протипожежних розривів виходять з того, що найбільшу небезпеку відносно можливого займання сусідніх будівель і споруд представляє теплове випромінювання від вогнища пожежі. Кількість теплоти, що приймається сусіднім об'єктом залежить від властивостей горючих матеріалів і температури полум'я, величини випромінюючої поверхні, площі світлових отворів, групи займистості конструкцій, що захищають, наявності протипожежних перешкод, метеорологічних умов.

Протипожежні перешкоди. До них відносять стіни, перегородки, перекриття, двері, ворота, люки, тамбур-шлюзи і вікна. Протипожежні стіни повинні бути виконані з матеріалів, які не можуть сполохнути і мають межу вогнестійкості не менше 2.5 годин. Протипожежні двері, вікна і ворота в протипожежних стінах повинні мати межу вогнестійкості не менше 1.2 години, а протипожежні перекриття не менше 1 години. Такі перекриття не повинні мати отворів, через які можуть проникати продукти горіння при пожежі.

					<i>ЛДА 2.087.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

Шляхи евакуації. При проектуванні будівель необхідно передбачити евакуацію людей на випадок виникнення пожежі. При виникненні пожежі люди повинні покинути будівлю протягом мінімального часу, який визначається найкоротшою відстанню від місця їх знаходження до виходу назовні. Число евакуаційних виходів з будівель, приміщень і з кожного поверху будівель визначається розрахунком, але повинно складати не менше двох. При цьому ліфти та інші механічні засоби транспортування людей при розрахунках не враховують. Ширина ділянок шляхів евакуації повинна бути не менше 1 м, а дверей на шляхах евакуації не менше 0.8м. Висота проходу на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м.

## 2.2 Нормування електромагнітних полів та засоби захисту від них

Дослідженнями встановлено, що біологічна дія того самого по частоті електромагнітного поля залежить від напруженості його складових (електричної і магнітний) чи щільності потоку потужності для діапазону більш 300 МГц. Це є критерієм для визначення біологічної активності електромагнітних випромінювань. Для цього електромагнітні випромінювання з частотою до 300 МГц розбиті на діапазони, для яких установлені гранично припустимі рівні напруженості електричної, У/м, і магнітної, А/м, що складають поля. Для населення ще враховують їхнє місцезнаходження в зоні чи забудови житлових приміщень.

Відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 12.1.006-84, нормованими параметрами в діапазоні частот 60 кГц - 300 МГц є напруженості  $E$  і  $H$  електромагнітного поля. На робочих місцях і в місцях можливого перебування персоналу, професійно зв'язаного з впливом електромагнітного поля, гранично припустима напруженість цього поля протягом усього робочого дня не повинна перевищувати нормативних значень.

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

Ефект впливу електромагнітного поля на біологічний об'єкт прийнято оцінювати кількістю електромагнітної енергії, що поглинається цим об'єктом при перебуванні його в поле Вт:

$$W_{\text{ПОГЛ}} = \sigma S_{\text{ЕФ}}, \quad (4.2)$$

де  $\sigma$  - щільність потоку потужності випромінювання електромагнітної енергії Вт/м<sup>2</sup>,  $S_{\text{еф}}$  - ефективна поглинаюча поверхня тіла людини, м<sup>2</sup>.

В табл. 3.1 приведені гранично припустимі щільності потоку енергії електромагнітних полів (ЕМП) в діапазоні частот 300 МГц - 300000 ГГц і час перебування на робочих місцях і в місцях можливого перебування персоналу, професійно зв'язаного з дією ЕМП.

Таблиця 2.1 – Норми опромінення УВЧ і ПВЧ

Щільність потоку потужності енергії $\sigma$ , Вт/м	Припустимий час перебування в зоні впливу ЕМП
До 0,1	Робітник день
0,1-1	Не більш 2 г
1-10	Не більш 10 хв

*Примітка:* В інший робочий час щільність потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 Вт/м<sup>2</sup> За умови користування захисними окулярами. В інший робочий час щільність потоку енергій не повинна перевищувати 0,1 Вт/м<sup>2</sup>

У табл. 2.2 приведений припустимий час перебування людини в електричному полі промислової частоти надвисокої напруги (400 кВ і вище).

Таблиця 2.2 – Гранично припустимий час с напругою 400 кВ і вище

Електрична напруженість E, кВ/м	Припустимий час перебування, хв
<5	Віз обмежень (робітник день) <180 <90 <10 <5
5-10 10-15	Віз обмежень (робітник день) <180 <90 <10 <5
15-20 20-25	Віз обмежень (робітник день) <180 <90 <10 <5

*Примітка:* Інший час робочого дня людина знаходиться в місцях, де напруженість електричного поля чи менше дорівнює 5 кВ/м.

Обмеження часу перебування людини в електромагнітному полі являє собою так названу "захист часом".

Якщо напруженість поля на робочому місці перевищує 25 кВ/м, або якщо потрібно більше часу на перебування людини в полі, чим вказано в таблиці 3.2, роботи повинні проводитися з застосуванням захисних засобів - пристроїв, що екранують, чи костюмів, що екранують.

Простір, у якому напруженість електричного поля дорівнює 5 кВ/м і більше, прийнято називати небезпечною чи зоною впливу. Приблизно можна вважати, що ця зона лежить у межах кола з центром у точці розташування найближчої струмоведучої частини, що знаходиться під напругою, і радіусом  $R=20\text{м}$  для електрообладнання 400-500 кВ і  $R=30\text{м}$  для електрообладнання 750 кВ (рис. 2.1). На перетинаннях ліній електропередачі надвисокої (400 - 750 кВ) і ультрависокої (1150 кВ) напруги з залізними й автомобільними дорогами встановлюються спеціальні знаки безпеки, що обмежують зони впливу цих повітряних ліній.

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

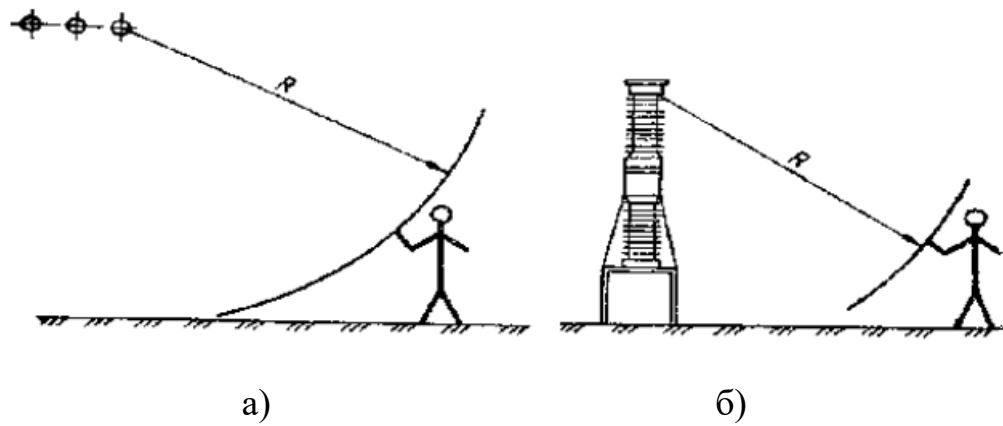


Рисунок 2.1 – Радіуси небезпечних зон (зон впливу):

а) джерело впливу - відкритий розподільний пристрій або проводи повітряної лінії електропередачі; б) джерело впливу - струмоведучі частини апаратів.

Допустимі значення струму, що довгостроково проходить через людину й обумовленого впливом електричного поля електроустановок надвисокої напруги, складає приблизно 50-60 мкА, що відповідає напруженості електричного поля на висоті росту людини приблизно 5 кВ/м. Якщо при електричних розрядах, що виникають у момент дотику людини до металевої конструкції, що має інший, чим людина, потенціал, то струм що встановився не перевищує 50-60 мкА, то людина, як правило, не відчуває болючих відчуттів. Тому це значення струму прийняте в якості нормативного (допустимого).

Основні міри захисту від впливу електромагнітних випромінювань:

- зменшення випромінювання безпосередньо з джерела (досягається збільшенням відстані між джерелом спрямованої дії і робітником місцем, зменшенням потужності випромінювання генератора);
- раціональне розміщення ПВЧ і НВЧ обладнань (діючі обладнання потужністю більш 10 Вт варто розміщати в приміщеннях з капітальними стінами і перекриттями, покритими матеріалами, що радіопоглинають -

цеглою, шлакобетоном, а також матеріалами, що володіють здатністю, що відбиває, масляними фарбами й ін.);

- дистанційний контроль і керування передавачами в екранованому приміщенні (для візуального спостереження за передавачами обладнаються оглядові вікна, захищені металевою сіткою);

- екранування джерел випромінювання і робітників місць (застосування заземлених екранів, що відбивають, у виді листа чи сітки з металу, що володіє високою електропровідністю - алюмінію, міді, латуні, сталі);

- організаційні міри (проведення дозиметричного контролю інтенсивності електромагнітних випромінювань - не рідше одного разу в 6 місяців; медогляд - не рідше одного разу в рік; додаткова відпустка, скорочення робочого дня, допуск облич не молодших 18 років і не мають захворювань центральної нервової системи, серця, око);

- застосування засобів індивідуального захисту (спецодяг, захисні окуляри й ін.).

В індукційних плавильних печах і нагрівальних індукторах (високої частоти) допускається напруженість поля до 20 В/м. Межа для магнітної складової напруженості поля повинна бути 5 А/м. Напруженість ультрависокочастотних електромагнітних полів (середні і довгі хвилі) на робочих місцях не повинна перевищувати 5 В/м.

Кожна промислова установка забезпечується технічним паспортом, у якому зазначені електрична схема, захисні пристосування, місце застосування, діапазон хвиль, припустима потужність і т.д. По кожному обладнанні ведуть експлуатаційний журнал, в якому фіксують стан обладнання, режим роботи, виправлення, заміну деталей, зміни напруженості поля. Перебування персоналу в зоні впливу електромагнітних полів обмежується мінімально необхідним для проведення операцій часом.

					<i>ЛДА 2.087.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



Нові обладнання вводять в експлуатацію після їхнього приймання, при якій встановлюють виконання вимог і норм охорони праці, норм по обмеженню полів і радіоперешкод, а також їхньої реєстрації у державних контролюючих органах..

Генератори струмів високої частоти встановлюють в окремих вогнестійких приміщеннях, машинні генератори - у звуконепроникних кабінах. Для обладнання потужністю до 30 кВт відводять площу не меншу 40 м<sup>2</sup>, більшої потужності - не меншу 70 м<sup>2</sup>. Відстань між обладнаннями повинна бути не меншою 2м, приміщення екранують, у загальних приміщеннях, обладнання розміщують в екранованих боксах. Обов'язкова загальна вентиляція приміщень, а при наявності шкідливих виділень - і місцева. Приміщення високочастотних обладнань забороняється захищувати металевими предметами. Найбільш простим і ефективним методом захисту від електромагнітних полів є "захист відстанню".

Екранування - найбільш ефективний спосіб захисту. Електромагнітне поле послабляється екраном внаслідок створення в товщі його поля протилежного напрямку. Ступінь послаблення електромагнітного поля залежить від глибини проникнення високочастотного струму в товщу екрана. Чим більше магнітна проникність екрана і вища частота екрануючого поля, тим менша глибина проникнення і необхідна товщина екрана. Екранують джерело випромінювань, або робоче місце. Екрани бувають відбиваючі і поглинаючі.

Для захисту працюючих від електромагнітних випромінювань застосовують заземлені екрани, кожухи, захисні козирки, встановленні на шляху випромінювання. Засобу захисту (екрани, кожухи) з радіопоглинаючих матеріалів виконують у виді тонких гумових ковриків, гнучких чи твердих аркушів поролону, феромагнітних пластин.

Для захисту від електричних полів надвисокої напруги (50 Гц) необхідно збільшувати висоту підвісу фазних проводів ЛЕП. Для

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відкритих розподільних пристроїв рекомендуються заземлені екрани (стаціонарні чи тимчасові) у виді козирків, навісів і перегородок з металеві сітки біля комутаційних апаратів, шаф керування і контролю. До засобів індивідуального захисту від електромагнітних випромінювань відносять переносні парасолі, комбінезони і халати з металізованої тканини, що здійснюють захист організму людини за принципом заземленого сітчастого екрана.

### 2.3 Висновки до розділу 2

У розділі проаналізовано питання засоби протипожежного захисту та шляхи нормування електромагнітних полів та засоби захисту від них

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

## Висновки

У роботі описано етапи проектування імпульсного блоку живлення.

Проаналізовано технічне завдання на розроблення блоку живлення імпульсного та аналізу відомих блоків, що дало підстави щодо розроблення нового блоку.

Описано етапи процедури проектування імпульсного блоку живлення, а саме розроблення структурної схеми електричної, що забезпечило розроблення схеми електричної принципової. Реалізовано процес вибирання елементів електронних схеми з урахування результатів розрахунків вузлів схеми електричної принципової та технічних параметрів блоку.

Здійснено опис технологію виготовлення друкованого вузла приладу та приведено розрахунки надійності.

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

## Список використаних джерел

1. 300 схем источников питания; Выпрямители. Импульсные источники питания. Линейные стабилизаторы и преобразователи: Пер. с англ. / Г. Шрайбер.-М.: ДМК, 2000.-224 с.
2. Активная коррекция коэффициента мощности в импульсных источниках питания / А. Ремнев, В. Смердов // Схемотехника: Научно-технический журнал.-М.-2003.-№ 6.-С. 6-11.
3. Безик Д. Сетевой (импульсный) блок питания // Радио. 1998. – №11.
4. Двухтактный импульсный источник питания / С. Горшенин // Схемотехника: Научно-технический журнал.-М.-2003.-№ 5.-С. 23-24.
5. Импульсные блоки питания бытовых радиоустройств / В. Носов // Схемотехника: Научно-технический журнал.-М.-2003.-№ 6.-С. 13-14.
6. Импульсные блоки питания бытовых радиоустройств / В. Носов // Схемотехника: Научно-технический журнал.-М.-2003.-№ 7.-С. 11-12.
7. Импульсные блоки питания бытовых радиоустройств / В. Носов // Схемотехника: Научно-технический журнал.-М.-2003.-№ 8.-С. 6-7.
8. Импульсные блоки питания бытовых радиоустройств / В. Носов // Схемотехника: Научно-технический журнал.-М.-2003.-№ 9.-С. 9-10.- (Источники питания).-Окончание. Начало: 2003, №5.
9. Источники питания для импульсных электротехнологических процессов: Монография / А. В. Лоос, А. В. Лукутин, Ю. Н. Сараев.-Томск: Изд-во ТПУ, 1998.-158 с.
10. Источники питания: Пер. с англ. / И. М. Готтлиб.-М.: Постмаркет, 2000.-552 с.
11. Источники питания; Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы: Пер. с англ. / И. М. Готтлиб; Пер. А. Л. Ларина; Под ред. С. А. Лужанского.-М.: Постмаркет, 2002.-544 с.

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

12. Источники питания ПК и периферии / Д. П. Кучеров; Под ред. С. Л. Корякина-Черняка.-СПб.: Наука и техника, 2002.-384 с.
13. Микросхемы для импульсных источников питания и их применение: Справочник.-2-е изд., испр. и доп.-М.: Додэка, 2000.-608 с.
14. Микросхемы для современных импульсных источников питания.-М.: Додэка, 1999.-287 с.
15. Микросхемы для современных импульсных источников питания- 2.- М.: Додэка, 1999.-288 с.
16. Онищук В. Блок питания компьютера АТ 200W // [http://www.qrz.ru/schemes/contribute/power/bp\\_at200.shtml](http://www.qrz.ru/schemes/contribute/power/bp_at200.shtml)
17. Поликарпов А. Г., Сергиенко Е. Ф. Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА. - М.: Радио и связь, 1989.
18. Сергеев Б. С. Схемотехника функциональных узлов источников вторичного электропитания. - М: Радио и связь, 1992.
19. 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.

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

					ЛДА 2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

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: «Імпульсний блок живлення»

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

“ВИКОНАВЕЦЬ”  
Студент групи РАС-41  
Легай Д.А. \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021р.

# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Імпульсний блок живлення”

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 Легай Д.А. групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка імпульсного блоку живлення, що включає в себе:

- розробка схемотехнічного рішення для імпульсного блоку живлення;
- вибір компонентної бази розроблювальної імпульсного блоку живлення;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи імпульсного блоку живлення;

## 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Блок повинен відповідати наступним вимогам:

4.1 Номінальна двополярна напруга живлення – 50 В;

4.2 Пульсації вихідної напруги – не більше 10 мВ;

4.3 Мінімальна вихідна напруга при максимальній споживаній потужності ПНЧ – до 49,5 В;

4.4 Максимальна вихідна потужність – 400Вт;

4.5 Прилад працює від живлення змінного струму частотою  $(50 \pm 0,5)$  Гц з номінальною напругою 220 В при відхиленні напруги живлення  $\pm 10\%$  від номінального;

4.6 Кліматичні умови при експлуатації повинні бути наступними: температура навколишнього середовища від +10 до +35 °С (при нормальному значенні відносної вологості 80% при температурі 25 °С) атмосферний тиск 96.3 – 105.3 кПа (730 – 790 мм.рт.ст.).

4.7 Час встановлення робочого режиму повинен не перевищує 3 сек;

4.8 Вимоги до умов експлуатації повинні бути:

- Кліматичні умови за ГОСТ 15150-69, УХЛ 4,1;
- Температура навколишнього середовища від +10°C до + 35°C
- Відносна вологість повітря 80 % при  $t=25^\circ\text{C}$

4.9 Вимоги до надійності повинні бути:

- виріб повинен відповідати вимогам ГОСТ 23256-86;
- час напрацювання на відмову повинен бути не менше 2000 годин.



**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 імпульсного блоку живлення;
- електрична принципова схема імпульсного блоку живлення;
- друкована плата імпульсного блоку живлення;
- друкований вузол імпульсного блоку живлення.

## 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 імпульсного блоку живлення	
5	Вибір компонентної бази для розроблюваного імпульсного блоку живлення	
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 ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

7.1 Під час виконання дипломного проекту в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка		
	<b>Конденсатори</b>							
	ЕСАР-GS «Сар Хон»							
	0805 «Phicom»							
C1,C3	0805 100нФ±5% 50В NPO				2			
C2	0805 470нФ±5% 50В NPO				1			
C4,C5,C7	ЕСАР-GS-220мкФ±20%-50В				3			
C6,C8	0805 1нФ±5% 50В NPO				2			
C9	0805 680нФ±5% 50В NPO				1			
C10	ЕСАР-GS-330мкФ±20%-50В				1			
C11,C12	0805 1мкФ±5% 50В NPO				2			
C13-C18	ЕСАР-GS-100нФ±20%-50В				1			
	<b>Мікросхеми</b>							
DD1	IR2153				1	IOR		
	<b>Запобіжник</b>							
F1	3А				2	ESKA		
	<b>Реле</b>							
P1	F1CA024V				1	Fujitsu		
	<b>Світлодіод</b>							
H1	АЛ307Б (червоний) аА0.336.076ТУ/04				1			
	<b>Трансформатори</b>							
T1	ТП 121-1 ОЮО.472.026 ТУ				1			
					<b>ЛДА 2.087.001 ЕЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Імпцльсний блок живлення  Перелік елементів	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб</i>	Легай Д.А.						1	2
<i>Перевір.</i>	Яськів А.В.							
<i>Н. Контр.</i>	Марценюк А.							
<i>Затверд.</i>	Дунець В.Л.							
<i>Рецензент</i>								
						ТНТУ, гр. РАс-41		

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>				<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
	<b>Резистори</b>					
	MF-12 «TOKEN»					
	KLS4-3296					
R1	MF-12-0.125-8,2кОм±1%				1	
R2	MF-12-0.125-18кОм±1%				1	
R3	MF-12-0.125-100Ом±1%				1	
R4,R7	MF-12-0.125-15кОм±1%				2	
R5	MF-12-0.125-47кОм±1%				1	
R6	MF-12-0.125-22Ом±1%				1	
R8,R9	MF-12-0.125-33Ом±1%				2	
R10	KLS4-3296W-0.5-330Ом±10%				1	
R11	MF-12-0.125-0,1Ом±1%				1	
	<b>Стабілітрон</b>					
VD1	BZX79-C5V6				1	EIC
	<b>Діод</b>					
VD2,VD4	HER108				2	FCI
VD3	1N4148				1	FCI
VD5,VD6	MBR20100				2	MCC
	<b>Діодний міст</b>					
VD1,VD2	КЦ407 0.336.006 ТУ				2	
	<b>Транзистор</b>					
VT1	2N5401				1	ONsemi
VT2	2N5551				1	ONsemi
VT3	BC517				1	ONsemi
VT4,VT5	IRF740				2	VISHAY
	<b>Роз'єми</b>					
X1,X2	TBG-5-KB-2P/GN				2	TME
					<b>ЛДА 2.087.001 ЕЗ</b>	
<i>Змн.</i>	<i>Арк..</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

			Позначення		Назва		Кіл.	Примітка	
					<b><u>Документація</u></b>				
A1			ЛДА 2.087.001 ПЗ		Пояснювальна записка		1		
					<b><u>Деталі</u></b>				
A1	1		ЛДА 7.103.001		Плата друкована		1		
					<b><u>Стандартні вироби</u></b>				
					<b><u>Інші вироби</u></b>				
					<b>Конденсатори</b>				
					0805 «Phicom»				
					ЕСАР-GS «Сар Хон»				
		2			0805 100нФ±5% 50В		2	C1,C3	
		3			0805 470нФ±5% 50В		1	C2	
		4			ЕСАР-GS- 220мкФ±20%-50В		3	C4,C5,C7	
		5			0805 1нФ±5% 50В		2	C6,C8	
		6			0805 680нФ±5% 50В		1	C9	
		7			ЕСАР-GS-330мкФ±20%-50В		1	C10	
		8			0805 1мкФ±5% 50В		2	C11,C12	
		9			ЕСАР-GS-100нФ±20%-50В		1	C13-C18	
					<b>Мікросхеми</b>				
		10			IR2153 «ІОР»		1	DD1	
					<b>ЛДА 2.087.001</b>				
			<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		
			<i>Розроб</i>		Легай Д.А.				
			<i>Перевір.</i>		Яськів А.В.				
			<i>Н. Контр.</i>		Марценюк А.				
			<i>Затверд.</i>		Дунець В.Л.				
			<i>Рецензент</i>						
			<i>Друкований вузол імпульсного блоку живлення</i>				<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
			<i>Специфікація</i>					1	3
			ТНТУ, гр. РАс-41						



