

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

бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Високоєфективний перетворювач напруги

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Маліновський А.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Яськів В.І.

(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 2022

Факультет *прикладних інформаційних технологій та електроінженерії*
(повна назва факультету)

Кафедра *радіотехнічних систем*
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) _____
(прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

6. Консультанти розділів роботи
на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

172 Телекомунікація та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Маліновському Андрію Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Високоєфективний перетворювач напруги

Керівник роботи

Яськів Володимир Іванович

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

Затверджені наказом ректора від «__» _____ 20__ року № _____.

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи *Діапазон вхідних напруг 3-24 В, діапазон вихідних напруг 1-30 В, максимальний вихідний струм 3 А, ККД не менше 60 %, робоча температура 0 - +50, маса 300 г.*

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

Вступ, основна частина, аналіз технічного завдання, обґрунтування технічного завдання, технічні характеристики перетворювача, розробка структурної схеми перетворювача розробка схеми електричної принципової, проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми перетворювача, вибір елементної бази, спеціальна частина САПР, безпека життєдіяльності, основи охорони праці, висновки.

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

Схема структурна, функціональна схема електрична принципова, перелік елементів, креслення друкованої плати, креслення друкованого вузла, специфікація друкованого вузла.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Барановський В.М д.т.н. професор, кафедра МТ</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розробка та затвердження технічного завдання</i>		
2	<i>Аналіз технічного завдання, аналіз існуючих рішень на ринку</i>		
3	<i>Створення структурної схеми</i>		
4	<i>Створення та розрахунок схеми електричної принципової</i>		
5	<i>Вибір елементної бази</i>		
6	<i>Компонування вузла</i>		
7	<i>Автоматичне трасування за допомогою Altium Designer</i>		
8	<i>Створення друкованого вузла</i>		
9	<i>Опис спеціальної частини пояснювальної записки</i>		
10	<i>Написання розділу безпеки життєдіяльності та основи охорони праці</i>		
11	<i>Огляд рецензента</i>		
12	<i>Попередній захист роботи</i>		
13	<i>Захист КР</i>		

Студент

_____ (підпис)

Маліновський А.І

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Яськів В.І.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Високоєфективний перетворювач напруги». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2022р. //с.-60, рис.-33 табл.-27, бібліог. – 0, додат.-7.

Ключові слова: ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ, ШІМ, САПР, ЗВОРОТНІЙ ЗВ'ЯЗОК, СХЕМА СТРУКТУРНА, ПРИНЦИПОВА СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА, ДРУКОВАНИЙ ВУЗОЛ.

У кваліфікаційній роботі розроблено високоєфективний DC-DC перетворювач з вольтметром, що має широкий спектр застосування. Розроблено конструкторську документацію для цього перетворювача. Здійснено розрахунки основних компонентів перетворювача та підбір елементної бази.

В додатках подано структурну сему, функціональну схему, електричну принципову схему, перелік елементів до неї, специфікацію на складальне креслення друкованого вузла пристрою, креслення друкованого вузла.

ANNOTATION

Theme of qualification work: "High-efficiency voltage converter ".
Qualifying work of the bachelor // Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAs-41. // Ternopil, 2022 //p.-60, fig.-33, table-27, bibliog. - 0, appendix-7.

Keywords: POWER CONVERTER, PWM, CAD, FEEDBACK, STRUCTURAL SCHEME, ELECTRICAL SCHEME, PRINTED ASSEMBLY.

In the qualification work, has been developed a high-efficiency DC-DC converter which has a wide range of applications. Has been developed documentation for this converter. Performed the calculations of the main components of the converter and the selection of the element base.

The appendices provide the structural scheme, functional diagram, electrical schematic diagram, list of elements to it, the specification for the assembly drawing of the printing unit of the device, the drawing of the printing unit.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	7
Вступ.....	8
1 Основна частина	10
1.1 Аналіз технічного завдання	10
1.2 Розробка структурної та функціональної схеми перетворювача.....	12
1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми перетворювача..	14
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази.....	22
1.5 Компоновка друкованого вузла перетворювача.....	39
1.6 Розрахунок надійності перетворювача.....	42
1.7 Висновки до розділу 1	45
2 Спеціальна частина (САПР).....	46
2.1 Обґрунтування застосування САПР.....	46
2.2 Приклади використання САПР при розробці проекту перетворювача.	46
2.3 Висновки до розділу 2.....	49
3 Охорона праці та безпека життєдіяльності.....	50
3.1 Долікарська допомога при опіках.....	50
3.2 Заходи щодо автоматизації виробничих процесів, які сприяють покращенню умов праці.	52
3.3 Висновок до розділу 3	55
Висновки	57
Список використаних джерел	58
ДОДАТКИ.....	60

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Маліновський А.І.</i>			<i>Високоєфективний перетворювач напруги</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яськів В.І.</i>					6	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, ФПТ, каф. РТ гр. РАС-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								
<i>Пояснювальна записка</i>								

Перелік скорочень

- ЕРЕ – електро-радіо елемент;
- ККД – коефіцієнт корисної дії;
- ПЗ – пояснювальна записка;
- САПР – система автоматизації проектування;
- ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.
- DC – DC – (direct current – direct current) постійний струм – постійний струм;

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вступ

DC-DC перетворювач — виріб для перетворення постійної наруги одного номіналу у вихідну наругу іншого, що задається вибираючи параметри перетворювача. Перетворювачі цього типу застосовуються в переносних електронних виробах, серед яких мобільні телефони, підсилювачі звуку, павербанки, як прилад для відлагодження. Ці вироби в основному використовуються у тих випадках коли є стабілізована наруга і потрібно змінити її величину, щоб не використовувати блок живлення. Вони дуже швидко розвиваються та набувають популярності за рахунок впровадження цифрових інтегральних мікросхем в силові пристрої, та бортову апаратуру, адже для мікросхем потрібно менше значення наруги ніж двигунам або силовим агрегатам.

Перетворювачі бувають понижувальні та підвищуючі в залежності від того що вони роблять з наругою. Цей пристрій відноситься до третього типу перетворювачів, який може як збільшувати величину вхідної наруги так і знижувати її. Більшість конверторів побудовані по імпульсній топології. Коефіцієнт закривання силового ключа, якого регулює контролер, а ключ керує протіканням струму через дросель, або трансформатор після цього струм випрямляється та згладжується, щоб уникнути пульсацій на виході.

Імпульсні пристрої володіють вищим ККД та меншими розмірами ніж аналогічні пристрої побудовані за допомогою лінійної топологією, але вони можуть генерувати високочастотні завади, що звужує сферу їхнього використання. Вид до якого належить цей перетворювач називається SEPIC, це одна з імпульсних топологій в основі якої є наявність двох котушок замість однієї, що дозволяє як збільшувати так і зменшувати вихідну наругу.

Наявність у складі виробу вольтметра розширює його сферу застосування та збільшує комфорт користувача при налагодженні роботи приладу.

					<i>MAI 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливість вимірювання напруги від іншого джерела дозволяє збільшити функціональність та зробити прилад хорошим рішенням для живлення тестових схем, а також використовувати його, як один з пристроїв для налаштування іншої апаратури. Завдяки спеціалізованій мікросхемі вольтметра вимірювання мають досить не велику похибку.

На відміну від аналогічних схем, які представлені на ринку друкований вузол володіє хорошим потенціалом для вдосконалення вихідних характеристик, тому можливо виготовлення перетворювачів розрахованих на різну вихідну потужність.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Високоєфективний перетворювач напруги з вольтметром – прилад, що виконує дві функції перетворення вхідної напруги одного номіналу у вихідну напругу іншого з можливістю регулювання вихідного струму і індикація вихідної напруги. Виріб може використовуватися, як самостійний прилад, так і у складі більш складного пристрою.

Високоєфективний перетворювач напруги з вольтметром виконує функції:

- підвищення та пониження вхідної напруги;
- регулювання вихідного струму;
- підтримувати величину вихідної напруги при великих коливаннях вхідної;
- не перевищувати допустимий рівень пульсацій, пристрою що живиться від цього перетворювача;
- володіти певним набором захисних функцій, зокрема захистом від короткого замикання.
- коректно відображати вихідну напругу на індикаторі.

Для забезпечення цих всіх функцій був створений цей пристрій, що дозволяє легко отримати потрібну величину вихідної напруги і струму при широкому діапазоні вхідних напруг, а також забезпечити допустимий рівень пульсацій на виході конвертора для підтримання стабільної роботи приладу, що живиться від цього виробу, а наявність вольтметра дозволить це зробити без підключення додаткових вимірювальних пристроїв.

Цей прилад відноситься до DC-DC перетворювачів, це означає що він конвертує одне значення постійної напруги в інше значення постійної напруги.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Область застосування цього пристрою надзвичайно широка, адже він може застосовуватися, майже, всюди де необхідно отримати потрібне значення вихідної напруги. Його можна використовувати у приладах, що живляться від акумуляторів для підтримання потрібного рівня напруги. У пристроях, що мають у своєму складі декілька блоків котрим потрібні напруги різних значень (наприклад: силова частина 12 В, блок управління 5 В), він дозволить використати лише одне джерело живлення, а напругу що необхідна для живлення іншого блоку отримати за допомогою перетворювача.

Наявність вимірювача напруги є ще однією особливістю даного приладу, адже дає змогу використовувати його у якості вольтметра, не кажучи про те, що це дуже зручно при налаштуванні вихідних параметрів.

Умови експлуатації виробу є стандартними, тому його не слід використовувати у місцях з підвищеною вологістю, та де температура змінюється у дуже широких межах (близьких до критичних). Вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу не є високими достатньо мати базові знання електротехніки, адже налаштування приладу зводиться до регулювання вихідної напруги і струму за допомогою змінних резисторів та слідкуванням за показами вольтметра.

Основні технічні параметри пристрою див. Таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики перетворювача напруги

Діапазон вхідних напруг	3-24 В
Діапазон вихідних напруг	1-30 В
Максимальний вихідний струм (з радіатором)	3 А.
Максимальний вихідний струм (без радіатора)	1 А
Мінімальний ККД	60%
Діапазон вимірюваних напруг	1-99 В
Можливість вимірювати напругу з інших джерел	Так
Тип топології	Імпульсний

того щоб керувати станом необхідний драйвер) яким в свою чергу керує ШІМ контролер. Живлення ШІМ контролера відбувається за допомогою подачі напруги на підвищуючий перетворювач. Він необхідний, щоб забезпечити ШІМ контролер напругою живлення, якщо вхідна менше 12 Вольт. Далі напруга випрямляється за допомогою випрямляча і для того щоб зменшити пульсації напруги на виході використовується згладжуючий фільтр.

Контур зворотнього зв'язку складається з двох елементів – подільника напруги (для вимірювання напруги) і давача струму (для вимірювання вихідного струму), завдяки цьому контуру стає можливим стабілізація вихідних параметрів перетворювача.

За допомогою блоку регулювання напруги і струму, сигнали з якого зчитує ШІМ контролер, можливо забезпечити змінення вихідних параметрів.

Використовуючи функціональну схему (див. Рисунок 1.2), стає зрозуміліше деякі блоки функціонування пристрою, а саме основні компоненти, що виконують головну роль у процесі перетворення напруги та її регулюванні.

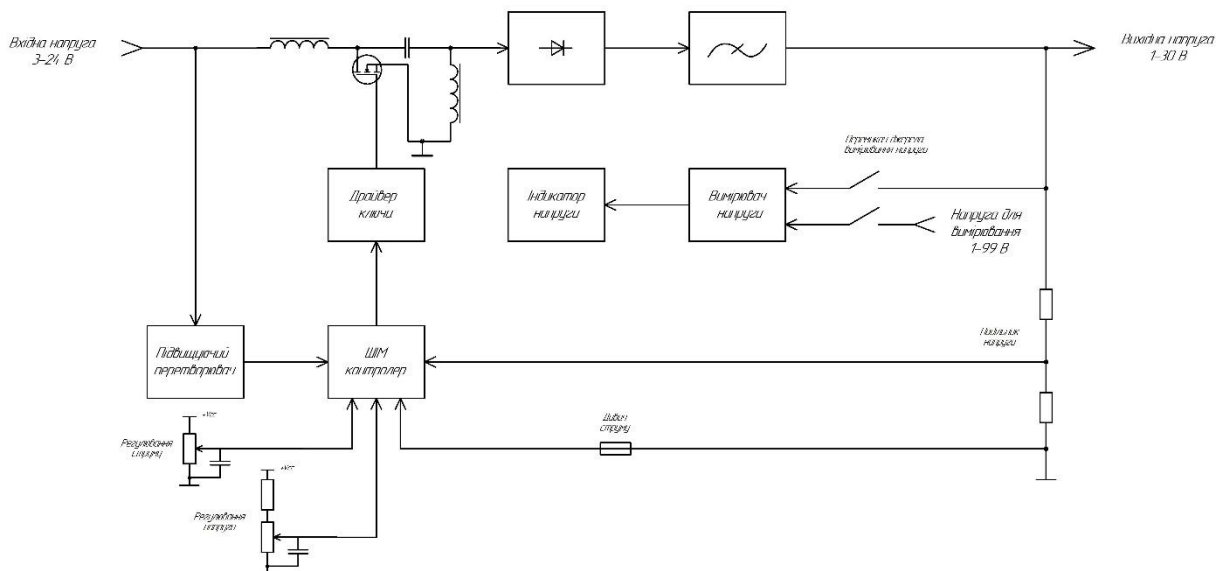


Рисунок 1.2 – Функціональна схема перетворювача напруги з вольтметром

1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми перетворювача

Принципова електрична схема існує задля відображення всіх компонентів схеми, що входять у склад приладу та на ній встановлено усі зв'язки між ними. У цій схемі відображено усе з чого складається електрична частина виробу.

Коли транзистор VT4 закритий струм тече через L2, C19, VD2 і на навантаження, коли транзистор VT4 відкритий струм тече через L2 і в ній накопичується енергія, C19 заряджає L3, а вихідна напруга підтримується конденсаторами C20, C21, закривається VT4 і напруга самоіндукції L2 додається до вхідної напруги і на вихід йде підвищена напруга, якщо коефіцієнт заповнення зменшується напруга зменшується.

Вимірювання напруги відбувається за рахунок використання АЦП мікросхеми CA3162A, що вимірює вихідну напругу перетворювача, або напругу, що подана на роз'єм X3. CA3161A дешифратор для семисегментного індикатора, що приймає сигнали з CA3162A і виводить відповідну цифру на вибраний індикатор.

R4, R5 встановлюють діапазон вимірювання напруги, для діапазону напруги 1-99 вольт це R4 10 МОм, R5 100 кОм.

Резистор R16 регулює вихідний струм регулюючи величину напруги на одному з входів компаратора, відслідковування значення струму здійснюється шляхом зняття значення спаду напруги на шунті R26, що подається на позитивний вхід компаратора. Коли спад напруги на шунті збільшується довжина імпульсу зменшується і навпаки.

Резистор R13 регулює вихідну напругу змінюючи значення величину напруги на від'ємному вході першого компаратора, підтримання напруги відбувається через відслідковування напруги

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

дільника R24, R25, що подається на позитивний вхід першого компаратора.

Вивід 9, 10 мікросхеми DD2 це емітери комплементарної пари транзисторів, що знаходяться в середині мікросхеми, а вивід 8, 11 колектори цих транзисторів.

R3 потрібний для обмеження струму через світлодіод HL1. HL1 виконує роль індикатора роботи перетворювача.

Дільник R7, R8 встановлює відсоток мертвого часу для компаратора, який обмежує ширину імпульсу на рівні 90% від загальної тривалості такту. Конденсатор C8 і резистор R9 встановлюють частоту перетворення для мікросхеми, в цій схемі частота перетворення 100 кГц.

R10 використовується для знаходження «0» при відображенні на індикаторах, R11 для калібрування результатів вимірювання по температурі.

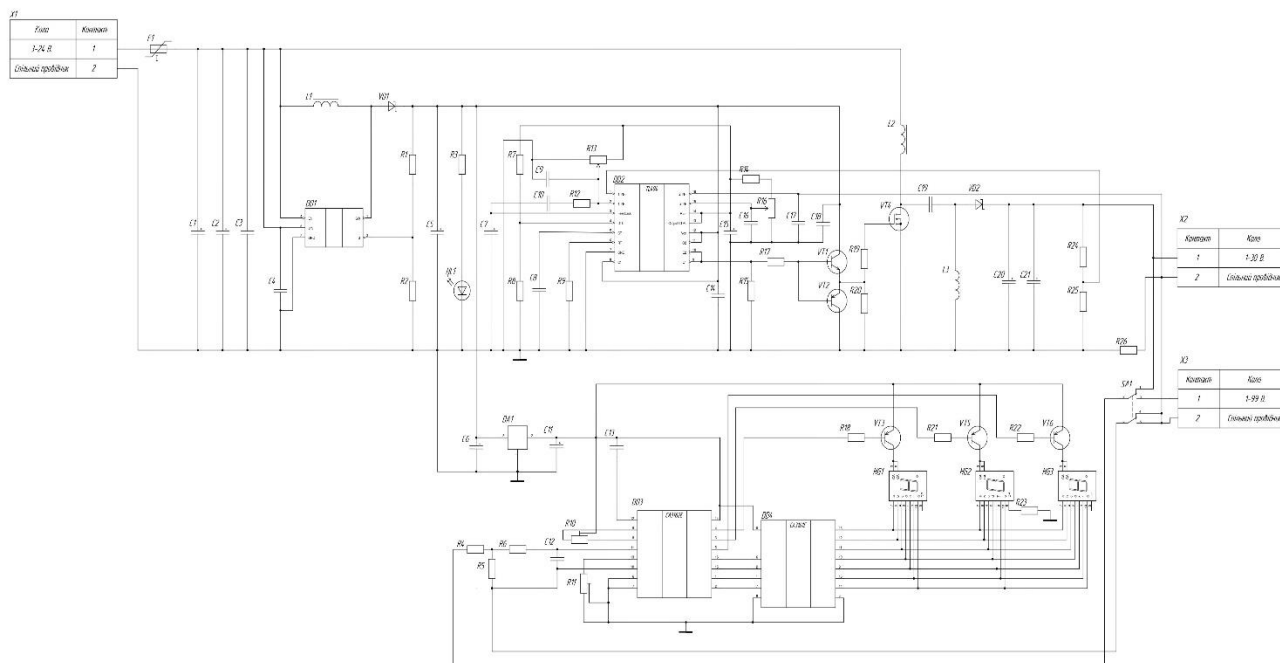


Рисунок 1.3 – Принципова електрична схема перетворювача напруги з вольтметром

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

15

Електричний розрахунок Seric перетворювача

Для побудови перетворювача, який би задовольняв вимоги технічного завдання, необхідно розрахувати певні електричні параметри, що дозволяють підібрати елементи потрібних номіналів, та отримати передбачувані вихідні параметри пристрою.

Щоб провести ці розрахунки можна скористатися спеціалізованими методиками, що мають у своєму складі набір формул для правильного підбору номіналів елементів каскаду.

У процесі проектування пристрою для розрахунку елементів каскаду використовувалась методика, що описана в додаткових відомостях (application notes) компанії National Semiconductor, що описує розрахунок Seric перетворювача,. Схема каскаду (див. Рис. 1.4).

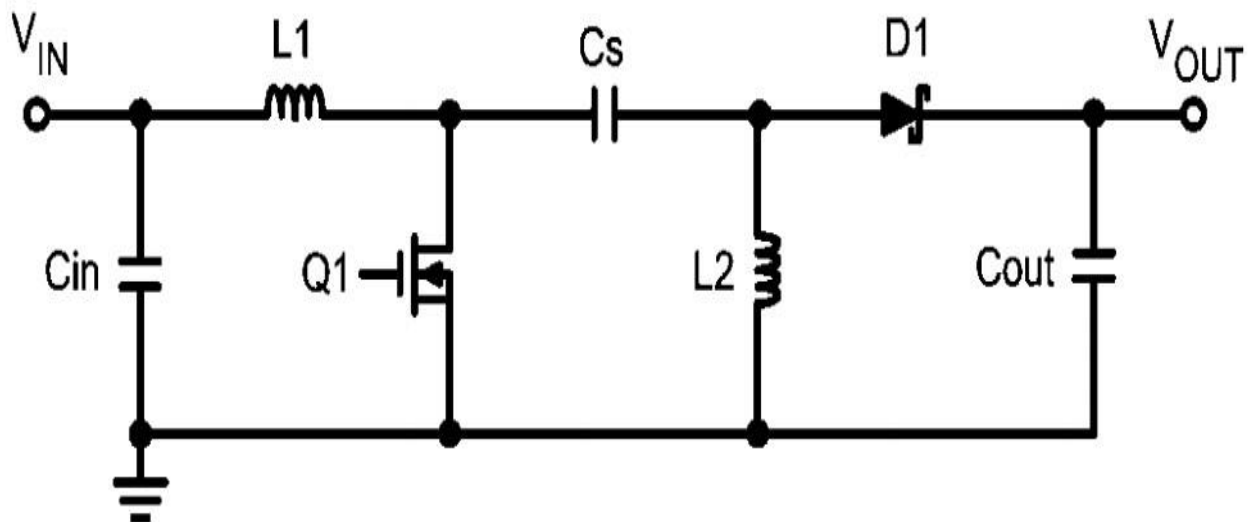


Рисунок 1.4 – Схема Seric каскаду

Вхідні дані для розрахунку каскаду:

- вхідна напруга (V_{in}), (В).....12;
- максимальна вхідна напруга ($V_{in(max)}$), (В).....24;
- мінімальна вхідна напруга ($V_{in(min)}$), (В).....3;
- вихідна напруга (V_{out}), (В).....30;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MAI 2.008.001 ПЗ

Арк.

16

- вихідний струм (I_{out}), (А).....3;
- частота перетворення (f), (кГц).....100;
- напруга пульсацій (V_{ripple} (pp)), (мВ).....50;
- падіння напруги на діоді (V_D), (В).....0,2;
- опір каналу транзистора у відкритому стані ($R_{ds(on)}$), (мОм).....0,077;
- максимальний заряд затвор-стік (Q_{gd}), (нК).....72 нК;
- ємність прохідного конденсатора (C_s), (мкФ).....2 мкФ.

Розрахунок величини робочого циклу ШІМ:

$$D = (V_{OUT} + V_D) / (V_{IN} + V_{OUT} + V_D), \quad (1.1)$$

$$D_{MAX} = (V_{OUT} + V_D) / (V_{IN MIN} + V_{OUT} + V_D),$$

де: V_{OUT} – вихідна напруга, V_{IN} – вхідна напруга, $V_{IN MIN}$ – мінімальна вхідна напруга, V_D – падіння напруги на діоді D1.

$$D = (30 + 0.2) / (12 + 30 + 0.2) = 0.715,$$

$$D_{MAX} = (30 + 0.2) / (3 + 30 + 0.2) = 0.91.$$

Розрахунок параметрів котушки індуктивності:

$$L1 = L2 = V_{IN MIN} * D_{MAX} / (\Delta I_L * f_{SW}), \quad (1.2)$$

де ΔI_L – розмах пульсацій струму в котушках

$$\Delta I_L = 0,4 * I_{OUT} * V_{OUT} / V_{IN MIN},$$

f_{SW} – робоча частота ШІМ контролера.

$$L1_{min} = L2_{min} = (3 * 0.91) / (9,6 * 100000) = 2.84 \text{ (мкГн)}.$$

					<i>MAI 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пікові значення струмів в котушках визначаються за формулами:

$$I_{L1 (PEAK)} = I_{OUT} * (V_{OUT} + V_D) / V_{IN MIN} * (1 + 0,4 / 2),$$

$$I_{L2 (PEAK)} = I_{OUT} * (1 + 0,4 / 2),$$

$$I_{L1 (PEAK)} = 3*(30+0.2)/(3*(1 + 0,4 / 2)) = 25.16 (A),$$

$$I_{L2 (PEAK)} = 4 * (1 + 0,4 / 2) = 3,6 (A).$$

Отже, виходячи з результатів цих обчислень розрахував необхідні параметри дроселя у програмі DrosselRing (див. Рис. 1.5).

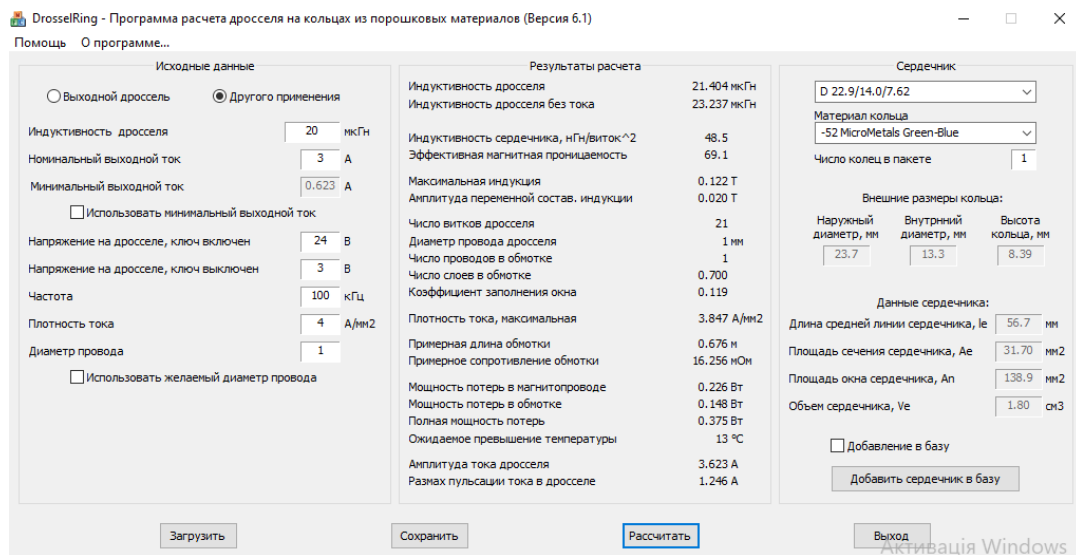


Рисунок 1.5 – Параметры дроселів L1, L2

Розрахунок параметрів транзистора MOSFET:

$$P = (I_{RMS})^2 * R_{DS(ON)} * D_{MAX} + (V_{IN(MIN)} + V_{OUT}) * I_{PEAK} * Q_{GD} * F_{SW} / I_G, \quad (1.3)$$

Де $(I_{RMS})^2 = (I_{OUT})^2 * (V_{OUT} + V_{IN(MIN)} + V_D) * (V_{OUT} + V_D) / (V_{IN(MIN)})^2$ – квадрат середньоквадратичного значення струму через відкритий транзистор.

$R_{DS(ON)}$ – опір каналу у відкритому стані.

$I_{PEAK} = I_{L1(PEAK)} + I_{L2(PEAK)}$ – піковий струм переключення.

Q_{GD} – максимальний заряд затвор-стік.

I_G – струм, який видає керуюча мікросхема для того, щоб зарядити ємність затвора.

$$(I_{RMS})^2 = (3)^2 * (30+3+0.2) * (30+0.2) / (3)^2 = 1003 \text{ (A)},$$

$$P_{min} = 1003 * 0,00007 * 0.1 + (3+30) * 25.16 * 72 * 10^{-9} * 100000 / 0.8 = 7.5 \text{ (Вт)}.$$

Розрахунок параметрів діода D1:

Номінальний струм повинен бути більший 3 А. Зворотна напруга діода $V_{ЗВ}$, повинна задовільняти такі параметри:

$$V_{ЗВ} > V_{IN(MAX)} + V_{OUT}, \quad (1.4)$$

$$V_{ЗВ} > 54 \text{ (В)}.$$

Піковий струм діода, що повинен витримувати діод має задовільняти такі параметри:

$$I_{peak} > I_{L1(PEAK)} + I_{L2(PEAK)}, \quad (1.5)$$

$$I_{peak} > 28.76 \text{ (А)}.$$

Розрахунок параметрів прохідного конденсатора:

Ємність прохідного конденсатора визначається з умови, що пульсації напруги на конденсаторі не можуть бути більше мінімальної вхідної напруги:

$$\Delta V_{Cs} = I_{OUT} * D_{MAX} / (Cs * f_{SW}) < V_{IN(MIN)}, \quad (1.6)$$

$$\Delta V_{Cs} = 0.546 < 3 \text{ (В)}.$$

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прохідний конденсатор повинен бути розрахований на відповідний середньоквадратичний (RMS) струм:

$$I_{Cs(RMS)} = I_{OUT} * \sqrt{(V_{out} + V_d) / V_{in(min)}}, \quad (1.7)$$

$$I_{Cs(RMS)} = 3 * \sqrt{(30 + 0.2) / 3} = 9.5 \text{ (A)}.$$

Розрахунок параметрів конденсатора вихідного фільтра:

Конденсатор вихідного фільтра, по-перше, повинен бути здатний витримати такий RMS струм, як і прохідний конденсатор: $I_{Cout(RMS)} = 9.5 \text{ A}$, і, по-друге, він визначає величину вихідних пульсацій напруги, тому повинен відповідати таким вимогам:

$$ESR < 0.5 * V_{RIPPLE} / I_{PEAK}, \quad (1.8)$$

$$C_{OUT} > I_{OUT} * D_{MAX} / (0.5 * V_{RIPPLE} * f_{SW}), \quad (1.9)$$

$$ESR < 0,86 \text{ (МОм)},$$

$$C_{OUT} > 1092 \text{ (мкФ)}.$$

Відповідно в результаті розрахунку ми отримали основні параметри головних елементів каскаду перетворювача частоти. Ці параметри важливі для коректної роботи приладу та забезпечення вихідних параметрів зазначених у завданні.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок резистивних дільників.

Для того, щоб сконфігурувати параметри приладу, потрібно провести розрахунки дільників, які вказують на значення параметрів перетворювача напруги.

Розрахунок дільника для обмеження вихідного струму.

Визначаємо яка напруга впаде на давачі струму при протіканні через нього 3А:

$$U_r = I * R \quad (1.10)$$

$$U_r = 0.3 \text{ (В)}$$

Тепер, коли відомо яка напруга спадає на давачі струму необхідно розрахувати дільник напруги, так щоб в середній точці між постійним резистором і змінним (той, що регулює струм), було 0.3 В.

$$U_{out} = R2 * U_{in} / R1 + R2 \quad (1.11)$$

$$0.3125 = 10\ 000 * 5 / 10\ 000 + 150\ 000$$

В результаті розрахунку отримано номінал постійного резистора 150 кОм (R14), а номінал змінного резистора, яким регулюється вихідний струм дорівнює 10 кОм. Номінали резисторів є стандартними тому, їх можна легко купити на ринку.

Аналогічним чином розраховується дільник для визначення меж вихідної напруги. Потрібно підібрати номінали резисторів, щоб у середній точці при максимальній вихідній напрузі було 5 Вольт.

$$4.895 = 3900 * 30 / 20\ 000 + 3900$$

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті визначено номінали резисторів (R24) 20 кОм і (R25) 3.9 кОм.

1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

Для проєктованого виробу використовується елементна база, яка вибрана за такими критеріями:

- хороша якість за оптимальну ціну;
- наявність деталей на ринку;
- допустиме відхилення в параметрах;
- випробувані у багатьох схемах (хороша репутація).

Виходячи із цих умов, вибираю наступні радіоелементи:

В даному приладі використовується ШІМ контролер (DD1) МТ3608 фірми «Aerosemi» (див. Рис. 1.6). Електричні параметри МТ3608 (див. Таблиця 1.2). Контролер який має великий функціонал, дає хороші можливості за невелику ціну, виконаний в корпусі SOT23-6. Це компактна мікросхема, що володіє високим ККД.

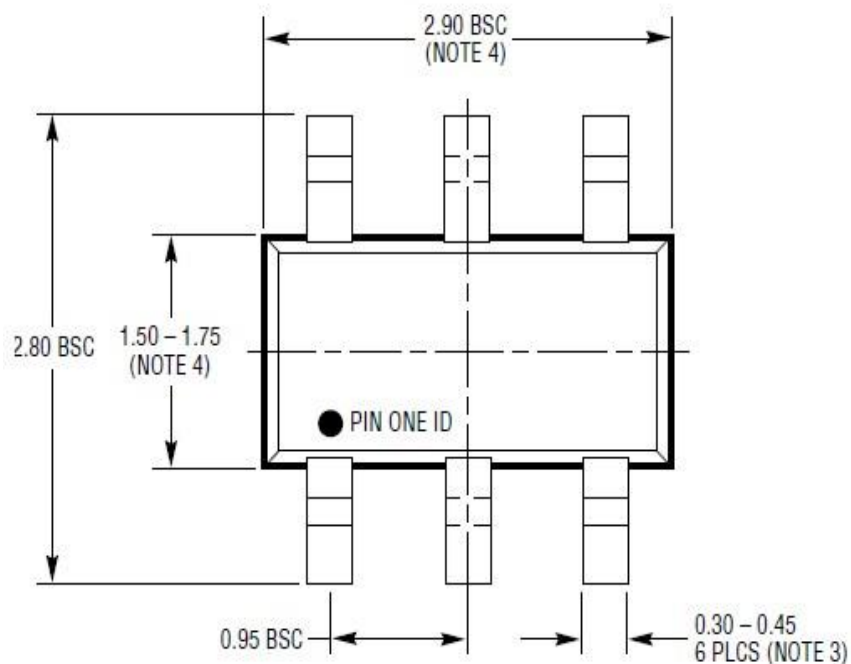


Рисунок 1.6 – Габаритні розміри контролера МТ3608

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

22

Таблиця 1.2 – Електричні параметри МТ3608

Діапазон вхідних напруг	2-24 В
Діапазон вихідних напруг	2-28 В
Частота перетворення	1.2 МГц
Максимальна потужність розсіювання	0.6 Вт
ККД	до 93%
Діапазон температур	Від -40 до +85°C

В даному приладі роль головного контролера виконує (DD2) фірми «Texas Instruments» (див. Рис. 1.7). Електричні параметри TL494L (див. Таблиця 1.3). Надійний ШІМ контролер випробуваний у багатьох, гнучке налаштування під потрібне завдання, володіє великим функціоналом, та хорошими електричними параметрами.

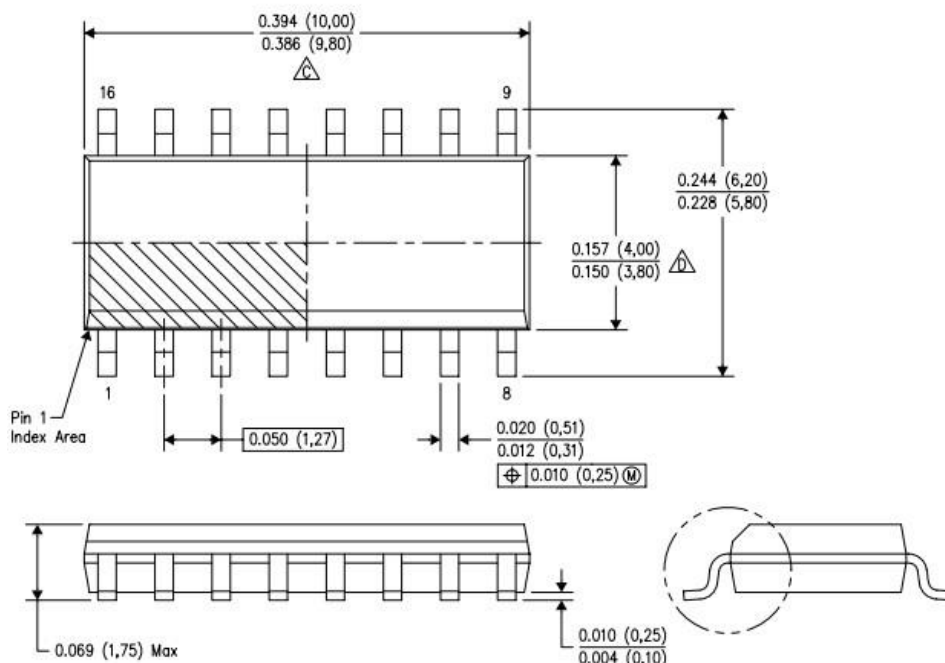


Рисунок 1.7 – Габаритні розміри транзистора TL494L

Таблиця 1.3 – Електричні параметри TL494L

Напруга живлення	Від 7 до 41 В
напруга на вході підсилювача	-0.3 – V _{cc} -0.2 В
Вихідний струм колектора	До 200 mA
Загальна потужність розсіювання в безперервному режимі	1 Вт
Максимальна частота	300 кГц
Робочі температури	Від -25 до +75°C

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

23

Мікросхема АЦП перетворювача СА3162 (DD3) та дешифратора СА3161 (DD4) виконані у корпусі DIP16 (див. Рис. 1.8). АЦП разом з дешифратором використовуються разом та утворюють вольтметр. Мікросхеми володіють хорошими характеристиками і мають багато функцій, та доповнюють один одного. Виробник мікросхем компанія «Intersil Corporation». Електричні параметри СА3162 (див. Таблиця 1.4), СА3161 (див. Таблиця 1.5).

Таблиця 1.4 – Електричні параметри СА3162

Діапазон вхідних напруг	4.5-5.5 В
Кількість перетворень за секунду	4
Вхідний опір	100 МОм
Струм споживання	17 мА

Таблиця 1.5 – Електричні параметри СА3161

Діапазон вхідних напруг	4.5-5.5 В
Вихідний струм сегмента	25 мА
Робочі температури	Від 0 до 70 °С
Максимальний струм споживання	8 мА

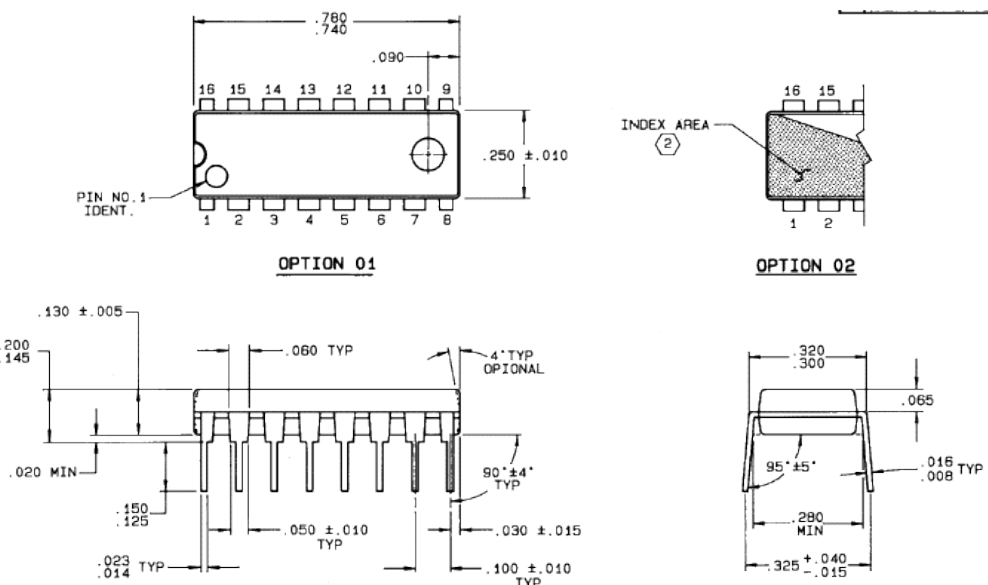


Рисунок 1.8 – Габаритні розміри мікросхем СА3162, СА3161

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

24

Лінійний понижуючий перетворювач напруги AMS1117 (DA1) фірми «Advanced Monolithic Systems» (див. Рисунок 1.9). Електричні параметри AMS1117 5V (див. Таблиця 1.6). Стабілізатор напруги, з номінальною напругою стабілізації 5 Вольт, прекрасно підходить для зниження напруги для живлення цифрових мікросхем. Характеристики стабілізатора (див. Таблиця 1.6).

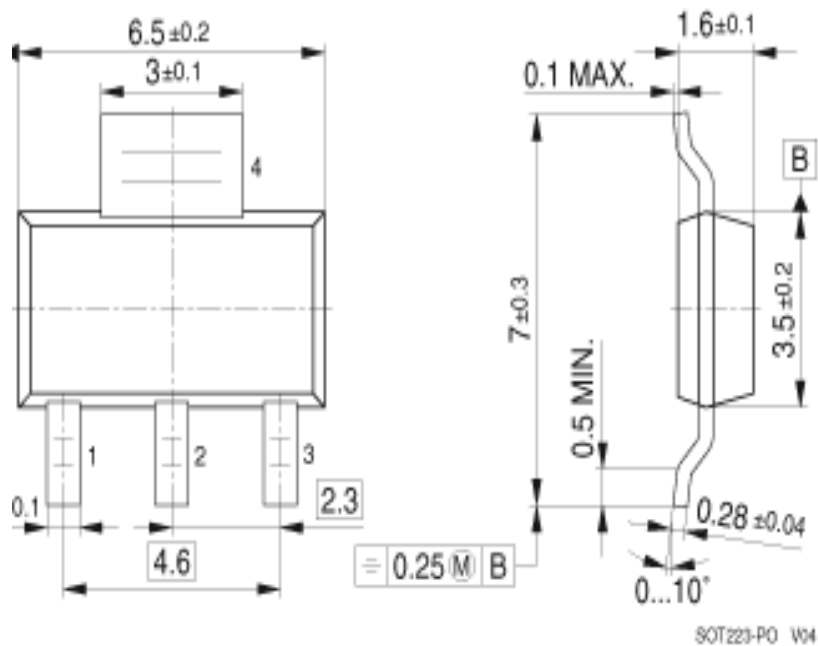


Рисунок 1.9 – Габаритні розміри стабілізатора AMS1117

Таблиця 1.6 – Електричні параметри AMS1117 5V.

Вхідна напруга	7-15В
Вихідна напруга	5 В
Максимальний струм	0.8 А
Робочі температури	Від -40 до +125°C

В даному приладі використовується комплементарна пара транзисторів (VT1-VT2), фірми «ST Microelectronics» (див. Рис. 1.10). Електричні параметри BD139 (див. Таблиця 1.7), BD140 (див. Таблиця 1.8). Біполярні транзистори середньої потужності, які використовується як драйвер для керування більш потужного польового транзистора. Габаритні розміри та поширення на ринку, робить ці елементи хорошим вибором для

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MAI 2.008.001 ПЗ

Арк.

25

виконання покладених на них функцій. Вони не потребують радіатора, адже потужність розсіювання при роботі цих транзисторів не є великою і тепловідвід не потрібно використовувати.

Таблиця 1.7 – Електричні параметри BD139

Тип	NPN
Матеріал	Кремній
Напруга колектор-емітер	< 80 В
Напруга емітер-база	< 5 В
Струм колектора	< 1.5 А
Потужність розсіювання колектора	< 12.5 Вт

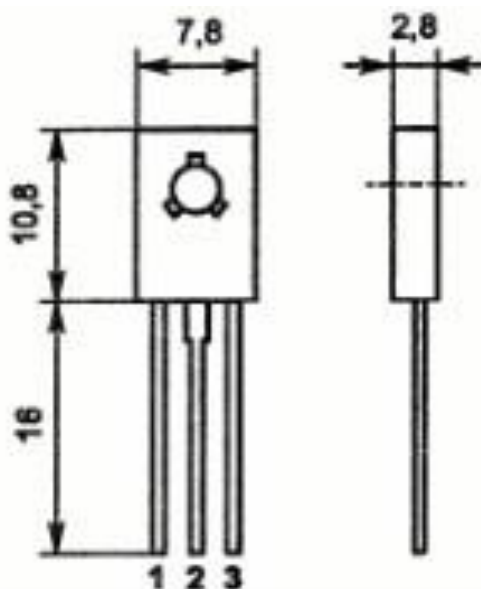


Рисунок 1.10 — Габаритні розміри транзистора BD140 та BD139

Таблиця 1.8– Електричні параметри BD140

Полярність	PNP
Матеріал	Кремній
Напруга колектор-емітер	< 80 В
Напруга емітер-база	< 5 В
Струм колектора	< 1.5 А
Потужність розсіювання колектора	< 12.5 Вт

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

26

Для комутування семисегментних індикаторів застосовано транзистори малої потужності (VT3, VT5, VT6) ММВТ3906 компанії «On Semiconductor» (див. Рис. 1.11). Характеристики ММВТ3906 (див. Таблиця 1.9). Ці транзистори завдяки своїм малим розмірам, та надійності добре виконують покладені на них функції.

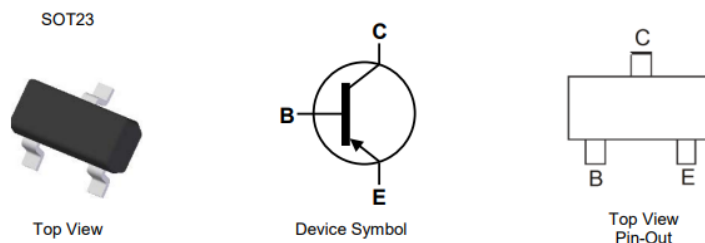


Рисунок 1.11 – Зовнішній вигляд транзистора ММВТ3906

Таблиця 1.9– Електричні параметри ММВТ3906

Полярність	PNP
Матеріал	Кремній
Напруга колектор-емітер	< 40 В
Напруга емітер-база	< 5 В
Струм колектора	< 0.2 А
Потужність розсіювання колектора	< 0.35 Вт

В цьому виробі у якості випрямляча підвищуючого перетворювача використовується діод Шоттки (VD1) SS34 фірми «Fairchild Semiconductor» (див. Рис. 1.12). Електричні параметри SS34 (див. Таблиця 1.10). Надійний діод, що використовується у багатьох схемах, та володіє хорошими параметрами, для роботи у складі перетворювачів малої потужності.

Таблиця 1.10 – Електричні параметри діод SS34.

Максимальна зворотна напруга	40В
Максимальний струм	3 А
Максимальна пряма напруга при $T_j = 25^\circ \text{C}$	V_f при I_f 500 мВ при 3 А
Робочі температури	Від -55 до +155°C

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

27

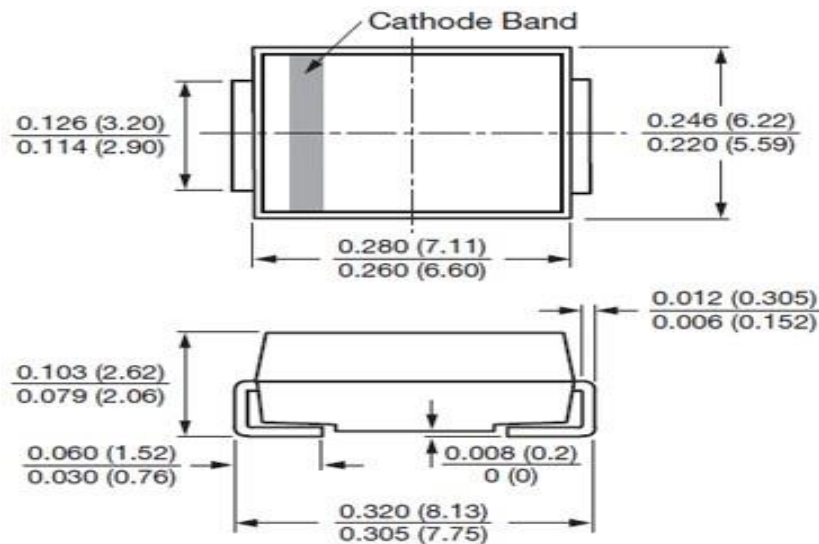


Рисунок 1.12 – Габаритні розміри діода SS34

Головним випрямлячем перетворювача є діод Шоттки (VD2) фірми «ON Semiconductor» (див. Рис. 1.13). Електричні параметри MBR20100 (див. Таблиця 1.11). Потужний діод, що здатний випрямляти струм великого номіналу, завдяки малому падінню напруги на переході використовується у схемах де потрібний максимальний ККД.

Найважливішим транзистором у виробі є силовий польовий транзистор IRF540 (VT4) фірми «Vishay Siliconix» (див. Рис. 1.13). Електричні характеристики IRF540 (див. Таблиця 1.12). Потужний силовий транзистор, який призначений для комутації струму великого номіналу. Такий транзистор повинен забезпечити задані характеристики перетворювача і залишити запас для вдосконалення його в майбутньому.

Таблиця 1.11 – Електричні параметри діода MBR20100

Максимальна зворотна напруга	100В
Максимальний струм	20 А
Максимальне пряме падіння напруги при $T_c = 125^\circ\text{C}$	750 мВ, при $I_f 10\text{ А}$
Робочі температури	Від -65 до $+175^\circ\text{C}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

28

Таблиця 1.12 – Електричні параметри IRF540

Напруга пробою стік-витік	100 В
Тип матеріалу	Кремній
Статичний опір стік-витік	0.077 МОм
Струм стоку	28.0 А
Потужність розсіювання колектора	не більше 150 Вт

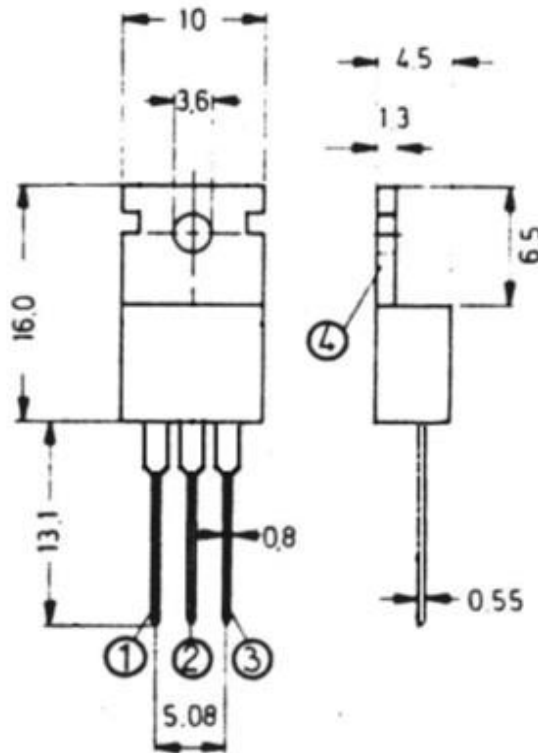


Рисунок 1.13 – Габаритні розміри діода MBR20100

В даному приладі використовується резистори (R1-R9, R12, R14-R15, R17-R25) в корпусі 0805 фірми «Faithful Link» (див. Рис. 1.14). Електричні параметри цього типу резистора (див. Таблиця 1.13). Ці резистори є у складі різних виробів та виконують різні цілі, а малий корпус і стабільність опору дозволяє застосувати його у цьому пристрої.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

29

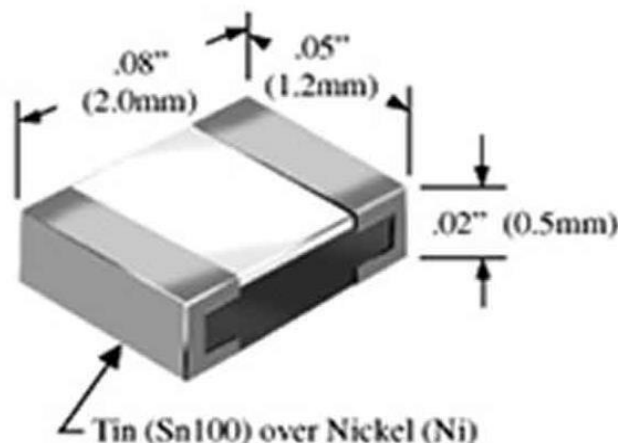


Рисунок 1.14 – Габаритні розміри і вигляд резистора RC0805

Таблиця 1.13 – Електричні параметри резистора

Похибка	5 %
Максимальна потужність	0,125 Вт
Максимальна напруга	200 В
Робочі температури	Від -55 до +125°C

Для змінення параметрів напруги та струму перетворювача використовуються змінні резистори WH148-1A-2 (R13, R16) виробника «Handson Technology» (див. Рис. 1.15). Параметри резистора (див. Таблиця 1.14). Резистор довго знаходиться на ринку та володіє стабільними характеристиками та зручним форм-фактором.

Таблиця 1.14 – Електричні параметри змінного резистора

Похибка	20 %
Максимальна потужність	0,125 Вт
Кут повороту	300°
Ротаційний шум	Не більше 47 мВ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

30

WH148-1A-2

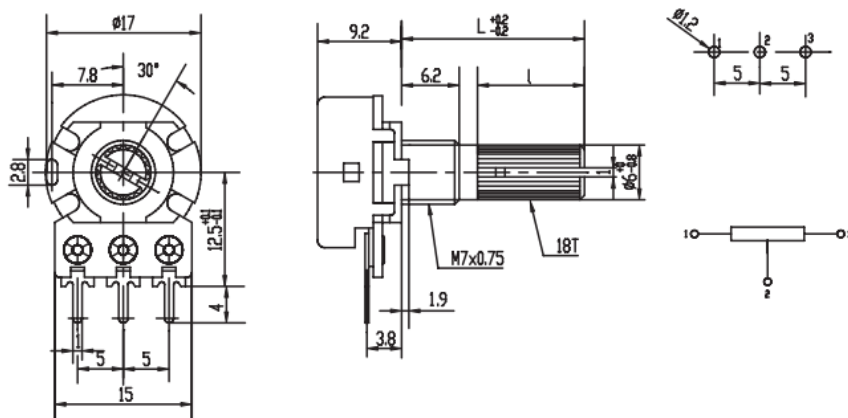


Рисунок 1.15 – Габаритні розміри і вигляд WH148

Для змінення параметрів індикатора вольтметра застосовується підстроювальні резистори РП1-75 (R10, R11) (див. Рис. 1.16). Параметри резистора (див. Таблиця 1.15). Резистори застосовуються для точного налаштування параметрів мікросхеми СА3161.

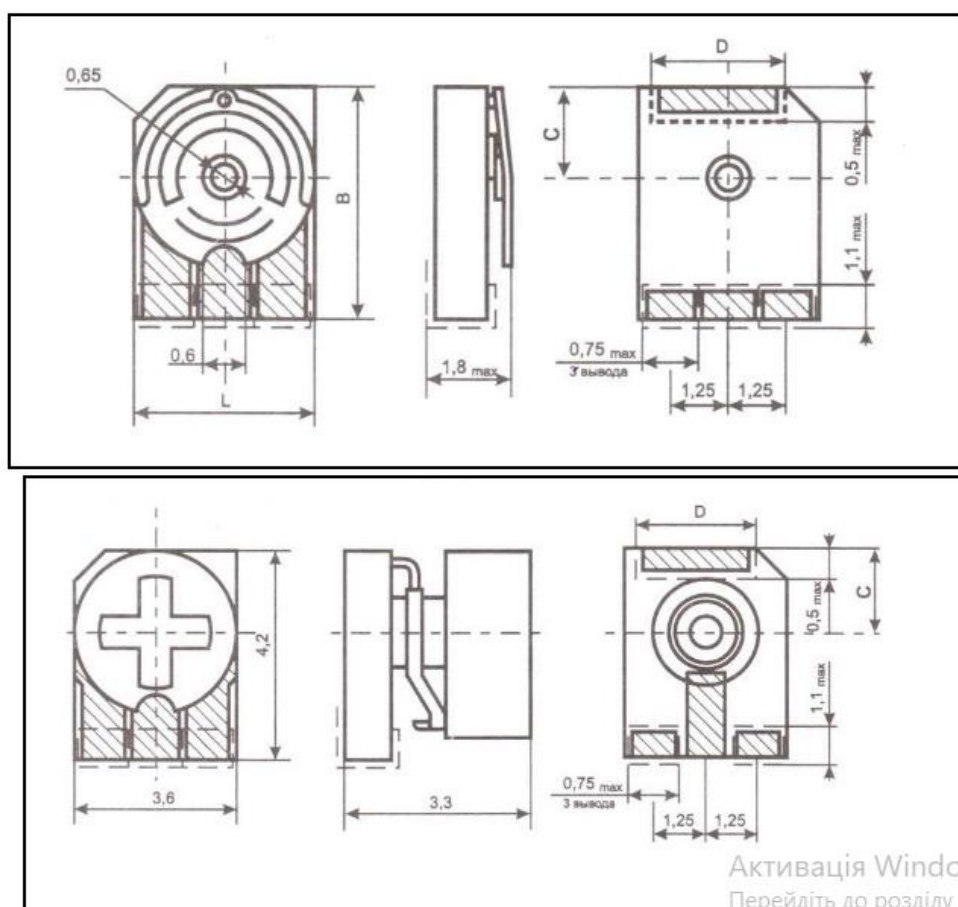


Рисунок 1.16 – Габаритні розміри і вигляд РП1-75

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

31

Таблиця 1.15 – Електричні параметри підстроювального резистора

Похибка	10 %
Максимальна потужність	0,125 Вт
Функціональна характеристика	Лінійна
Ротаційний шум	Від -60 до +125°C

В даному приладі використовуються керамічні конденсатори (С3-С4, С8-С10 С12-С14, С16-С18) в корпусі 0805 фірми «Faithful Link» (див. Рис. 1.17). Електричні параметри цих конденсаторів (див. Таблиця. 1.16). Ці конденсатори використовуються для різних цілей, а компактний корпус і стабільність ємності при змінні температури дозволяє використовувати їх у платах малих розмірів, вони вважаються одним із найнадійніших елементів у схемі.

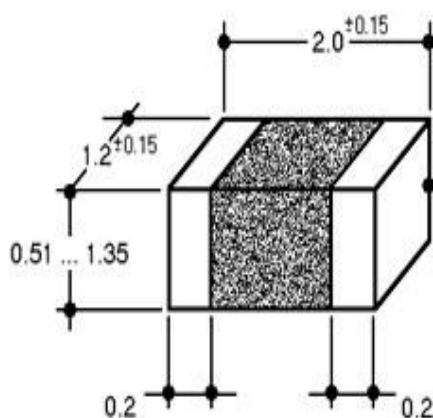


Рисунок 1.17 – Габаритні розміри керамічного конденсатора

Таблиця 1.16 – Електричні параметри керамічного конденсатора

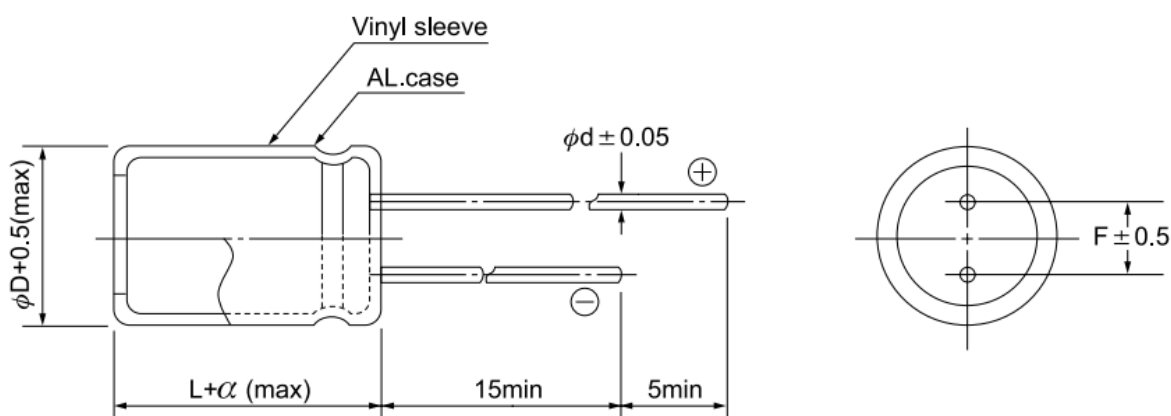
Максимальна напруга	50 В
Тип ТКЕ	Y5V
Монтаж	SMD
Робочі температури	Від -20 до +80°C

В цьому пристрої застосовується електролітичні конденсатори фірми Jamicon серії ТК (С1-С2, С5-С7, С11, С15, С20-С21) (див. Рис. 1.17).

Стандартні розміри конденсаторів серії «ТК» фірми «JAMICON» (див. Рис. 1.18). Електричні параметри цього конденсатора (див. Таблиця. 1.17). Це електролітичні конденсатори, що широко використовуються у схемах різної складності та давно зарекомендували себе, як надійні елементи.

Таблиця 1.17 – Електричні параметри конденсаторів Jamicon серії ТК

Похибка	$\pm 20\%$ при 120 Гц, 20°C
Діапазон напруг	6.3 – 450 В
Діапазон ємностей	0.1 – 22000 μF
Робочі температури	Від -55 до +105°C



ϕD	5	6.3	8	10	12.5	16	18	20	22	25
F	2.0	2.5	3.5	5.0	5.0	7.5	7.5	10.0	10.0	12.5
d	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0
α	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0

Рисунок 1.18 – Габаритні розміри і таблиця розмірів електролітичного конденсатора серії ТК

В даному приладі в якості індикатора роботи приладу слугує світлодіод KP-2012SGC (HL1) форм-фактору 0805, фірма-виробник «Kingbright» (див. Рис. 1.19). Електричні параметри цього світлодіода (див. Таблиця. 1.18).

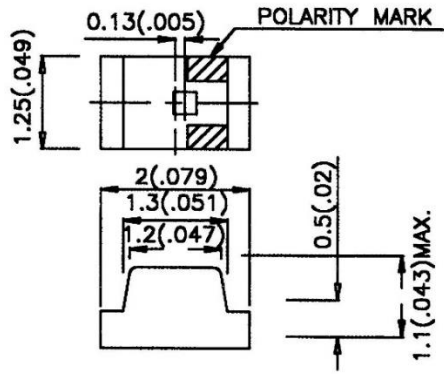


Рисунок 1.19 – Габаритні розміри світлодіода KP-2012SGC

Таблиця 1.18 – Електричні параметри світлодіода

Прямий струм	25 мА
Типорозмір	0805
Кут свічення	160 °
Колір свічення	зелений

Для відображення значення результатів роботи вольтметра у виробі є семисегментний індикатор 5161ВН з спільним анодом (HG1-HG3) від «XLITX TECHNOLOGY» (див. Рис. 1.20).

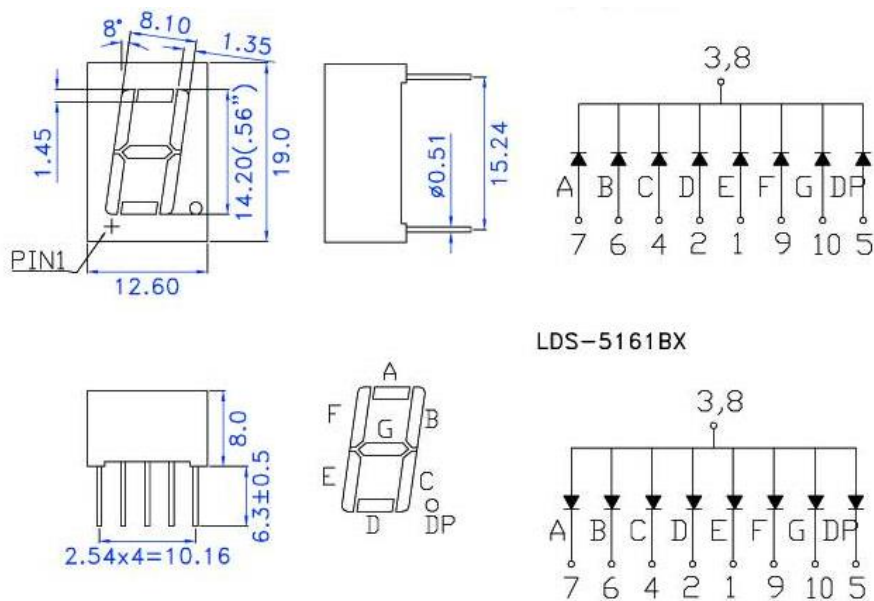


Рисунок 1.20 – Габаритні розміри індикатора 5161ВН

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

34

Для вимірювання вихідного струму використовується R26, типу KNP200 (див. Рис. 1.21). Електричні параметри резистора KNP-200 фірми Yageo (див. Таблиця. 1.20). За допомогою цього резистора здійснюється зворотній зв'язок, що необхідний для регулювання вихідного струму.

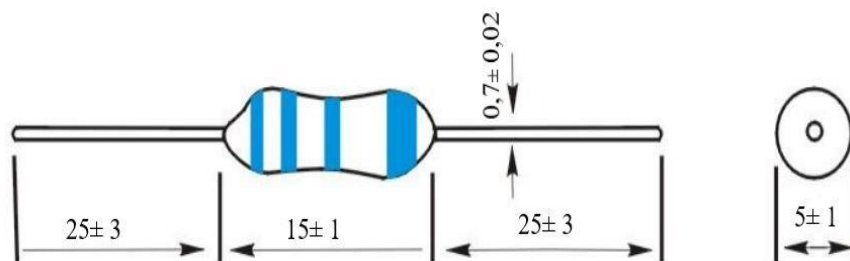


Рисунок 1.21 – Габаритні розміри резистора KNP-200

Таблиця 1.20 – Електричні параметри резистора KNP-200

Точність	$\pm 5 \%$
Номінальна потужність	2 Вт
Монтаж	в отв.
Робочі температури	Від -55 до +155°C

Щоб запобігти короткому замиканню у схемі використовується самовідновлювальний запобіжник (F1) фірми «LITTELFUSE» (див. Рис. 1.22). Розміри запобіжника RUEF300 (див. Таблиця. 1.21). Компактне та надійне рішення, що дозволяє захистити пристрій від наслідків короткого замикання, не потрібно змінювати його після спрацьовування. Електричні параметри запобіжника RUEF300 (див. Таблиця. 1.22).

Таблиця 1.21 – Розміри запобіжника RUEF300

A	11.4 мм
B	16.5 мм
C	5 мм
D	8 мм
E	3 мм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

35

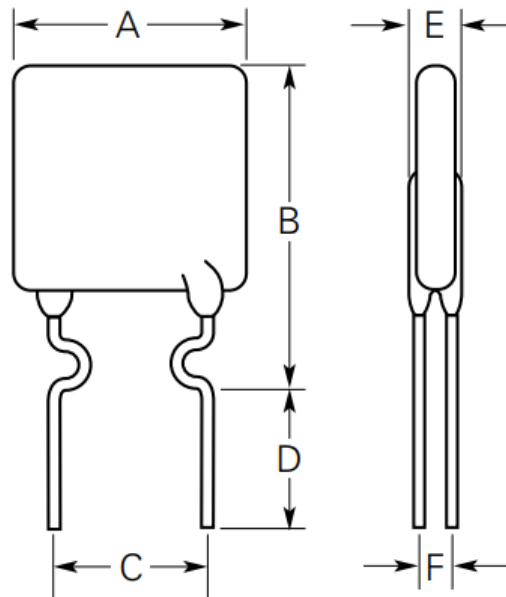


Рисунок 1.22 – Габаритні розміри резистора RUEF300

Таблиця 1.22 – Електричні параметри запобіжника RUEF300

Номінальний струм	3 А
Комутуючий струм	6 А
Максимальна напруга	30 В
Максимальна потужність	2 Вт

До складу цього пристрою входить дросель (L1), що виконаний в корпусі CDRH127-220М (див. Рис. 1.23). Електричні параметри дроселя (див. Таблиця. 1.23). Цей елемент володіє хорошими параметрами та відносно невеликими розмірами і добре підходить для даного пристрою.

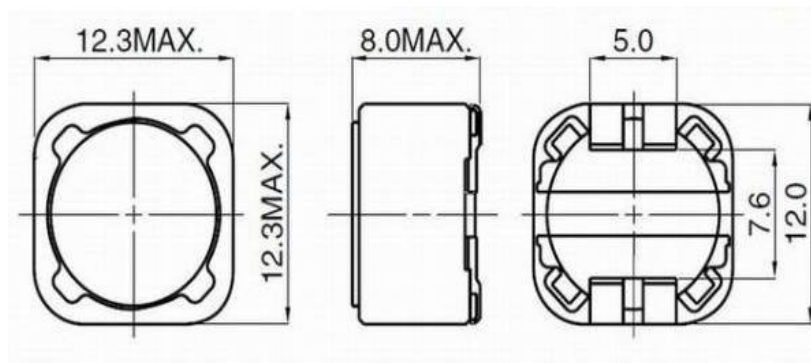


Рисунок 1.23 – Габаритні розміри дроселя CDRH127-220М

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

36

Таблиця 1.23 – Електричні параметри дроселя CDRH127-220M

Наявність екранування	так
Максимальний струм	4.7 А
Монтаж	SMD/SMT
Робочі температури	Від -40 до +100°C

У приладі використовуються клемники DG130-5.0-02р (X1-X3) (див. Рис. 1.24). Для надійного контакту потрібні якісні з'єднання, які забезпечують ці клемники. Електричні параметри клемників DG130-5.0-02р (див. Таблиця. 1.24).

Таблиця 1.24 – Електричні параметри клемників DG130-5.0-02р

Крок	5 мм
Максимальна напруга	300 В
Максимальний струм	20 А
Робочі температури	Від -40 до +105°C

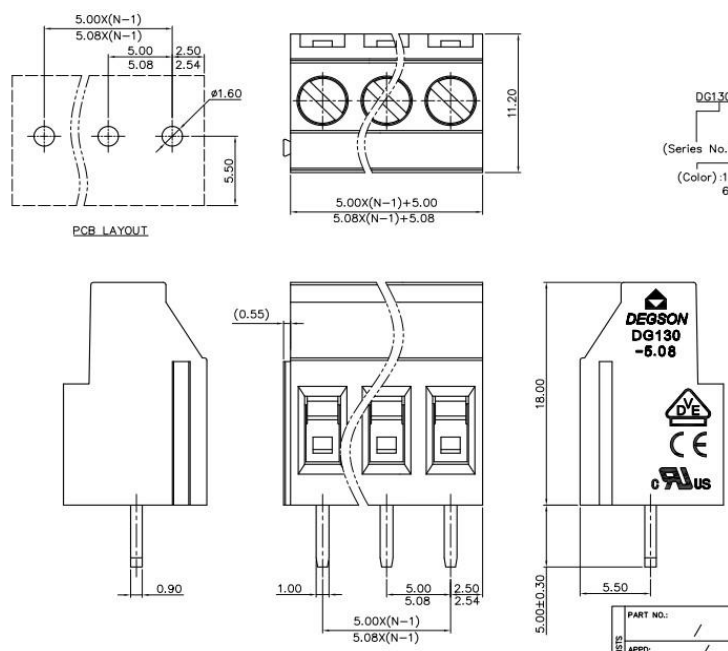


Рисунок 1.24 – Габаритні розміри клемників DG130-5.0-02р

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

37

Перемикач застосовується для зміни джерела напруги для вимірювання вольтметром PS5801 (SA1) від виробника «Switronic» (див. Рис. 1.25). Надійна кнопка з фіксацією, компактних розмірів та потрібного форм-фактору для виконання покладених на цей елемент функцій. Електричні параметри кнопки PS5801 (див. Таблиця. 1.25).

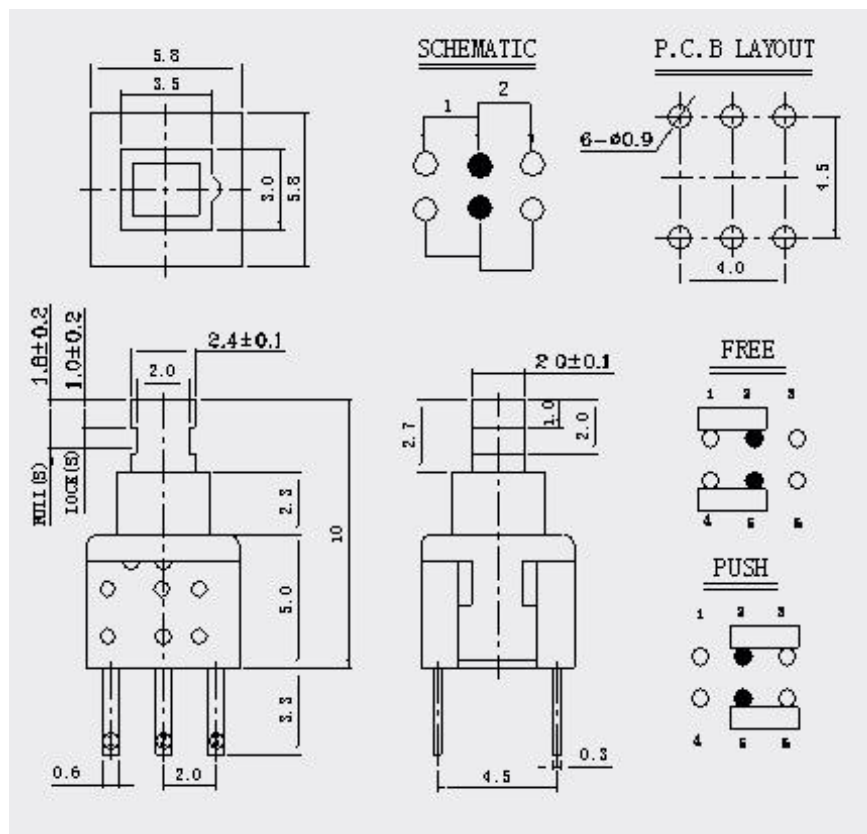


Рисунок 1.25 – Габаритні розміри кнопки PS5801

Таблиця 1.25 – Електричні параметри кнопки PS5801

Електричний ресурс	>10 000 натискань
Механічний ресурс	>100 000 натискань
Опір контактів	<100 мОм
Робочі температури	Від -25 до +65°C

Як прохідний конденсатор в схемі перетворювача застосовано плівковий конденсатор серії CL21 (C19) (див. Рис. 1.26). Електричні характеристики конденсатора CL21 (див. Таблиця. 1.26). Хороший конденсатор з прекрасними параметрами.



Рисунок 1.26 – Вигляд конденсатора серії CL21

Таблиця 1.26 – Електричні параметри конденсатора CL21

Тип конденсатора	Плівковий
Похибка	$\pm 5 \%$
Робочі температури	Від -40 до $+85^{\circ}\text{C}$

1.5 Компонівка друкованого вузла перетворювача

Основним елементом цього приладу є друкована плата та вмонтовані на ній компоненти, що виготовлені зі склотекстоліту СФ-2-35Г-1 мм, що володіє хорошими діелектричними та механічними властивостями. Плата виготовлена за допомогою комбінованого методу, що дозволяє зробити металізацію отворів для створення перехідних отворів, що з'єднують два шари плати верхній і нижній. Використання комбінованого методу зменшує технологічність, адже потребує більше часу та ресурсів для виготовлення плати, але використовуючи його можна суттєво зменшити габарити плати.

У друкованому вузлі використовуються два типи монтажу поверхневий та в отвори на платі. Елементи, що монтується на плату за допомогою поверхневого способу, паяють паяльною пастою МЕCHANIC серії ХG-50,

яка володіє хорошими характеристиками і добре зарекомендувала себе на ринку. Нанесення на плату пасти відбувається автоматичними методом, що дозволяє зменшити час виготовлення виводу. Після нанесення елементів поверхневого монтажу, за допомогою спеціальних автоматів, їх ставлять на посадочні місця. Процес запаювання на плату відбувається у інфрачервоній печі де завдяки високій температурі паста перетворюється в припій. Для забезпечення високої якості пайки необхідно дотримуватися певних температурних профілів припою, що залежать від температури плавлення та складу припою. До недоліків пайки в інфрачервоної печі відносять великий тепловий удар і відносно високу вартість, так як у цьому приладі використовуються елементи, які здатні витримати тепловий удар, обрано саме цей спосіб пайки.

Компоненти, що володіють штировими виводами потрібно паяти паяльником, а ті елементи, що не можливо запаяти автоматичним методом потрібно запаяти вручну за допомогою паяльника, з використанням припою ПОС-61 (ГОСТ 21931 – 76) і флюсу (10 – 30% каніфолі ГОСТ 19113 – 73, спирту 70 – 90% ГОСТ 18300 – 72). Перед пайкою виводи цих компонентів лудять в тигелі з розплавленим припоєм, для кращої пайки на плату. Головною причиною вибору саме цього методу є те, що силові елементи потрібно запаяти за допомогою великої кількості припою, а також що корпус клемників може плавитися під дією високих температур.

Плату після пайки необхідно помити від залишків флюсу, використовуючи бензин калоша нефрас с2-80/120, при малих об'ємах виготовлення, або ультразвукову ванну при великих.

Всі елементи, що є у приладі монтуються на одну плату і є складовими одного друкованого вузла, що безумовно збільшує технологічність та простоту конструкції, відсутність навісних елементів також збільшує технологічність.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Елементи, які використовуються для зміни параметрів перетворювача (напругу та струм перетворення) розміщені на краю плати (R13, R16), для зручного регулювання найважливіших вихідних параметрів.

Елементи індикації такі, як семисегментні індикатори вихідної напруги, для зручного налаштування на потрібну напругу, розташовані в одній площині зі змінними резисторами, щоб користувач міг без зайвих рухів проводити регулювання виробу.

Перемикач SA1 розташований біля клем, щоб зменшити довжину провідника від клеми до виводу мікросхеми АЦП, які перетворюють прикладену напругу на цифрові сигнали.

Резистор R26 виконує роль давача струму, потужність розсіювання цього резистора 2 Вт, він володіє великими розмірами, саме тому він розташований на краю друкованої плати.

Клемні контакти (X1-X3) також розташовані не в середині друкованого вузла, а виходячи з міркувань комфорту експлуатації виробу.

Завдяки використанню самовідновлювального запобіжника (F1) стало можливо розташувати цей компонент керуючись мінімалізацією довжини провідника, адже запобіжники цього типу не потрібно замінювати після спрацювання і відповідно не має потреби передбачати місця для цього і відповідні тримачі.

При компонуванні вузла було враховано особливості імпульсних перетворювачів напруги, а саме мінімалізація (на скільки це можливо) довжини друкованих провідників і відповідно відстані між основними компонентами перетворювача. Головні елементи перетворювача: ШІМ контролер, ключ, дроселі та випрямляч.

В цьому пристрої існує дві групи елементів ті що монтуються поверхневим способом, та ті що монтуються в отвори на платі. До першої групи відносяться елементи що виконують допоміжні функції та мікросхеми керування, а до іншої силові елементи що можуть витримувати великі

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струми. Саме елементи другої групи визначають компоновання елементів, адже ці компоненти володіють великими габаритами.

При компонованні пристрою потрібно розташувати елементи цих двох груп таким чином, щоб монтаж одних не створював перешкод для монтування інших. Тому елементи першої групи розташовано з краю плати для зручного монтажу та збільшення ремонтоздатності друкованого вузла.

Силові елементи необхідно охолоджувати тому вони розташовані з краю плати для зручного встановлення радіатора, таким чином забезпечується мінімальний тепловий вплив на інші компоненти схеми, задля забезпечення нормального теплового режиму усього пристрою.

Друкований вузол встановлюється до нижньої кришки корпусу за допомогою чотирьох самонарізних гвинтів, що зменшує час на складання виробу. Використання самонарізних гвинтів дозволило не нарізати різьбу у корпусі, що також збільшило технологічність.

1.6 Розрахунок надійності перетворювача

Надійність – це здатність приладу зберігати свої характеристики протягом часу і за відповідних умов експлуатації. Надійність можна підрахувати багатьма методами в тому числі за допомогою спеціалізованих програм таких як NAD-Release. Після введення в програму необхідних значень, що характеризують елементи пристрою, вона проводить розрахунок надійності результатом, якого є кількість годин яку прилад може теоретично пропрацювати без суттєвих поломок.

Для розрахунку надійності потрібно мати додаткові поправочні коефіцієнти, які допомагають більш точно визначити час роботи в тих чи інших умовах. Ці коефіцієнти залежать від умов і місця експлуатації приладу, чим складніші умови експлуатації тим менший час безвідмовної роботи.

					<i>MAI 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожний елемент у виробі володіє певними коефіцієнтами (див. Таблиця 1.27), які характеризують надійність елемента і його довговічність. Ці коефіцієнти залежить також від складності компонента. Головним показником у розрахунку надійності є кількість годин напрацювання на відмову, чим цей показник більший тим більше має «прослужити» виріб.

Розрахунок надійності дає змогу, приблизно, зрозуміти наскільки часто буде відбуватися відмова виробу і відповідно, з якою частотою його потрібно ремонтувати, або замінювати на робочий. Ці дані необхідні для розуміння надійності усього виробу та окремих його елементів.

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1.5

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1.32

Коефіцієнт атмосферних впливів: 1

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 0.000135394 1/год

Середня наробка до відмови: 7385.8 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.998647$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.986552$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.873371$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.258220$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.000001$

В результаті проведення розрахунків надійності отримано час імовірної роботи цього приладу (див. Рис. 1.27). 7385.8 годин це хороший результат для пристрою з такою кількістю елементів та такого типу.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.27 – Вхідні дані для розрахунку надійності.

№	Назва групи елементів	К-сть шт	К попр 1/год	I відм Іе- 06	К-сть*Кнав *Івід Іе-06
1	Напівпровідникові ІМС	4	1	0,03	0,12
2	Конденсатори керамічні	12	0,1	1,4	1,68
3	Резистори постійні 0.125 – 0.5 Вт	21	0.42	0.8	7,056
4	Транзистори кремнієві	6	0.35	4	8,4
5	Діоди великої потужності	1	0,35	6,0	2,1
6	Діоди малої потужності	1	0,35	0,7	0,245
7	Світлодіоди	1	1	4	4
8	Перемикач	1	0,5	0,5	0,5
9	Пайки	227	1	0.02	4,54
10	Дроселі	3	0,1	1	0,3
11	Запобіжники	1	1	0,5	0,5
12	Конденсатори електролітичний	9	0,4	2,4	8,64
13	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
14	Клемники на 2 контактів	3	1	0,1	0,3
15	Резистори змінні	4	0,42	5	8,4
16	Резистори постійні 1 – 2 Вт	1	0,42	2	0,84
17	Стабілізатор лінійний	1	1	6,2	6,2
18	Індикатор	3	1	5	15

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Арк.

44

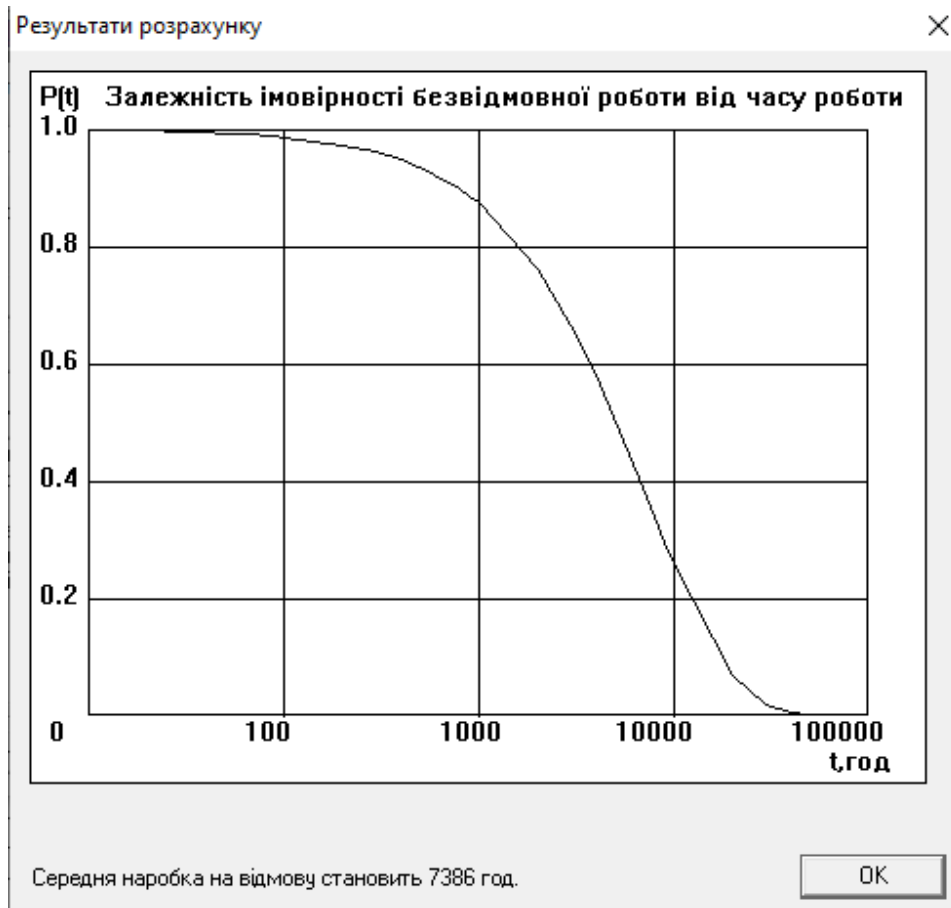


Рисунок 1.27 – Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу

1.7 Висновки до розділу 1

В розділі проведено, основні розрахунки параметрів виробу, а також підібрано елементну базу, що відповідає критеріям якості. Описано процес розробки структурної схеми, електричної принципової схеми а також друкованого вузла.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Спеціальна частина (САПР)

2.1 Обґрунтування застосування САПР.

Завдання САПР – це полегшити, розроблення та автоматизацію процесу проектування виробу. САПР виконує кілька функцій, що дозволяють автоматизувати і відповідно пришвидшити розробку виробу.

Використовуваний інженерами, архітекторами та керівниками будівництва, САПР замінив ручне креслення. Це допомагає користувачам створювати проекти у 2D або 3D, щоб вони могли візуалізувати конструкцію та полегшити сприйняття приладу та його будови.

САПР дозволяє розробляти, модифікувати та оптимізувати процес проектування. Завдяки САПР інженери можуть робити більш точні уявлення та легко змінювати їх, щоб покращити якість проектування. Програмне забезпечення також враховує взаємодію різних матеріалів: це особливо актуально, оскільки субпідрядники додають до креслень більше деталей.

Сьогодні креслення можна зберігати в хмарі, тому підрядники отримали доступ до креслень на основі САПР на робочому місці. Цілі команди можуть легко перевірити зміни розробки пристрою, включаючи підрядника та субпідрядників. Таким чином, відповідні сторони можуть усвідомити можливий вплив змін на кінцевий прилад та його електричні характеристики. Такий доступ до планів покращує комунікацію та ефективність розробки.

2.2 Приклади використання САПР при розробці проекту перетворювача.

Для виконання графічної частини було використано такі спеціалізовані САПР, як Altium Designer та Компас 3Д. Завдяки Altium Designer було

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

розроблено електричну схему та друковану плату, адже ця програма має великий функціонал для проектування електричних пристроїв.

Процес розробки документації у програмі Altium Designer починається з створення бібліотеки елементів (див. Рисунок 2.1), які в подальшому будуть використовуватися для побудови кінцевого приладу.

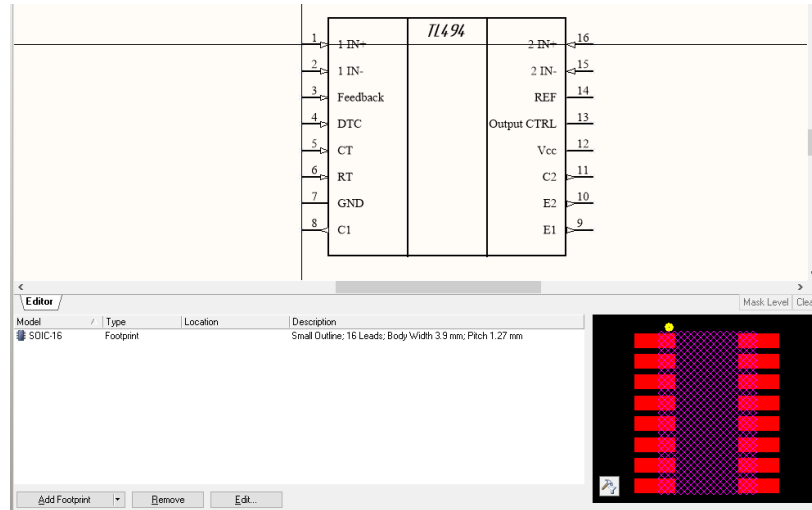


Рисунок 2.1 – Один з елементів бібліотеки Altium Designer

Після формування всіх наявних компонентів схеми було розроблено електричну принципову схему та друковану плату для приладу, що розробляється (див. Рисунок 2.2).

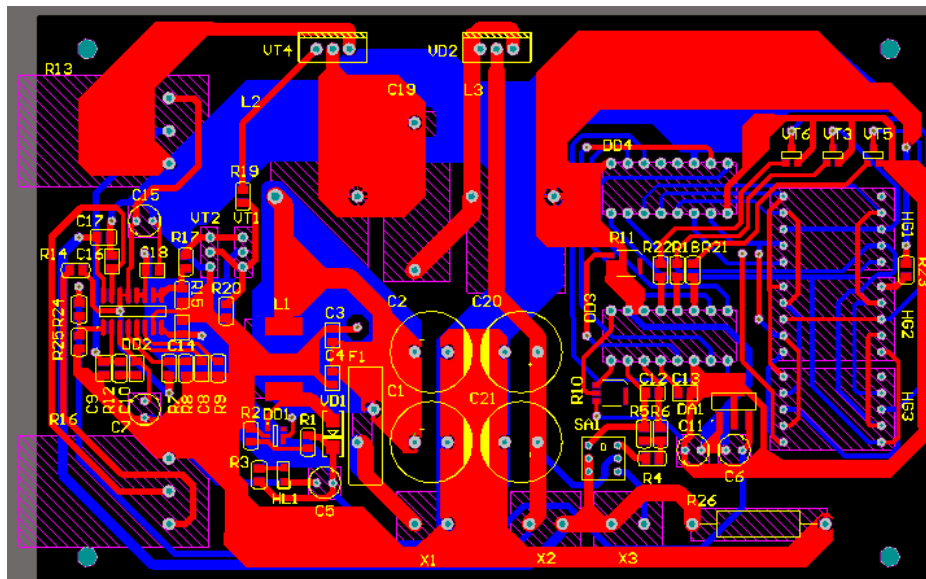


Рисунок 2.2 – Друкована плата проектованого виробу у вікні САПР

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАІ 2.008.001 ПЗ

Завдяки використанню 3Д моделей елементів під час створення бібліотеки елементів, стає можливим отримання реалістичного ескізу майбутнього друкованого вузла (див. Рисунок 2.3). Застосування можливостей 3Д значно спрощує процес компоновання елементів на друкованій платі, а також дає змогу наглядно оцінити результати проведених робіт.

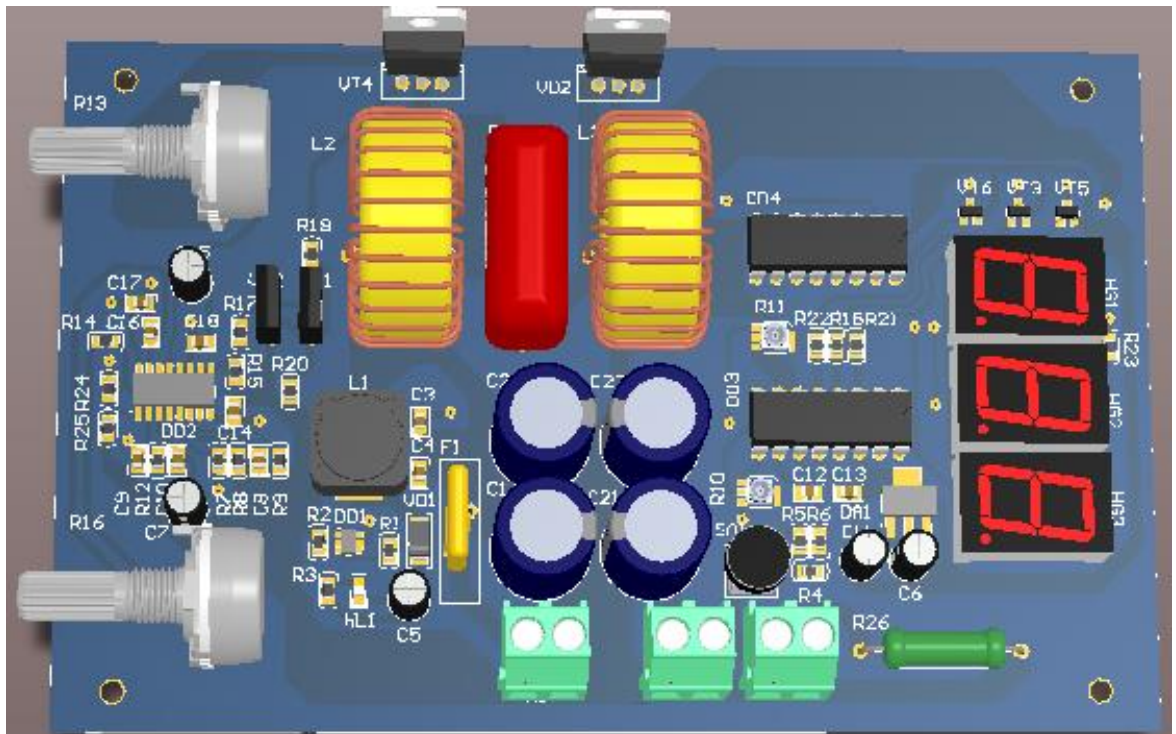


Рисунок 2.3 – Вигляд друкованого вузла у 3Д форматі

Використання САПР дозволяє систематизувати та полегшити розробку, адже завдяки підтримці багатьох форматів їх можна легко комбінувати, для того щоб отримати все найкраще від використання кількох САПР у процесі проектування виробу. В кожній програмі є свої недоліки тому застосування декількох програм у розробці є хорошим рішенням що дозволяє отримати максимальний результат.

Компас 3Д є спеціалізованою програмою для оформлення конструкторської документації, тому саме його було обрано для оформлення графічної частини згідно стандартів. Використовуючи можливість імпорту деталей та збірок з інших САПР (див. Рисунок 2.4), було створено креслення друкованого вузла та друкованої плати.

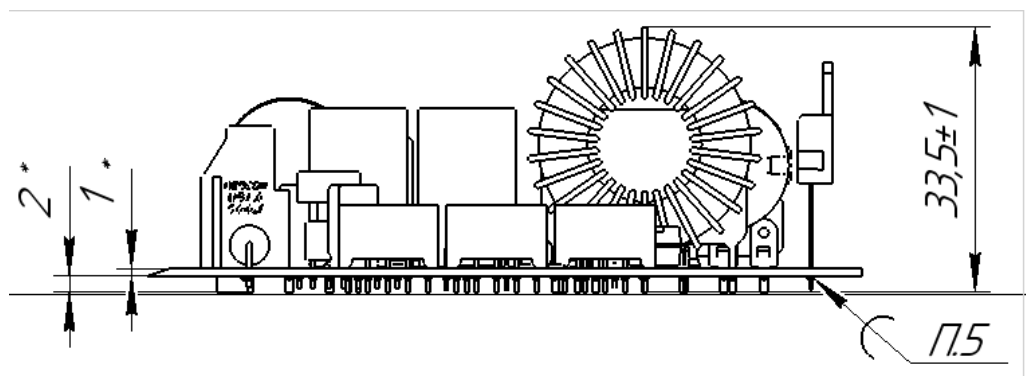


Рисунок 2.4 – Вигляд друкованого вузла у Компас 3Д

2.3 Висновки до розділу 2

В цьому розділі описано процес використання САПР для виконання завдань по розробці радіотехнічних пристроїв. Наведено приклади роботи та методи які застосовувалися під час створення документації до цього виробу.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Охорона праці та безпека життєдіяльності

3.1 Долікарська допомога при опіках

Опіки – це ушкодження, які викликані дією високої температури (полум'я, пара, окріп) або їдких хімічних сполук.

Розпізнають опіки наступних ступенів (див. Рисунок 3.1):

I – на місці опіку є почервоніння і відчувається біль.

II – на місці опіку з'явилися пухирі.

III – омертвіння всіх шарів шкіри.

IV – уражена не тільки шкіра, а і тканини: сухожилля, м'язи, кістки.

При значних опіках після зняття одягу потерпілого краще всього загорнути в чисте простирадло, прийняти міри проти шоку і направити в лікувальний заклад.

При опіках окремих частин тіла шкіру навколо опіку необхідно протерти спиртом, одеколоном, водою, а на місце опіку накласти суху стерильну пов'язку. Змашувати поверхню опіку жиром або будь-яким кремом не потрібно.

При невеликих опіках I ступеня на почервонілу шкіру необхідно накласти марлеву салфетку, змочену спиртом. Спочатку печіння і болісність трохи підвищується, але невдовзі біль стихне, а почервоніння зменшиться.

При опіках II, а тим паче III-IV ступеня, потерпілого, після надання йому першої допомоги, необхідно терміново переправити у лікувальний заклад.

Перша допомога при опіках:

- постраждалого посадити або положити;
- обливати місця опіків великою кількістю води (15 хв. і більше), разом з тим бути обережним, щоб уникнути переохолодження, особливо взимку;

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- якщо є можливість, зняти з уражених місць каблучки, годинники, ремінці, взуття до того, поки ці місця не почали набрякати;
- знімати предмети одягу, які згоріли або ще тліють, можна лише в тому випадку, якщо вони не прилипли до уражених місць постраждалого;
- всі опіки необхідно захистити, прикриваючи їх чистою тканиною без ворсу (простирадло, наволочка);
- не чіпати нічого, що прилипло до місця опіку;
- не змащувати опіки ніякими кремами, лосьйонами, оліями або маслами! Не проколювати пухирі!

При значних опіках часто розвивається шок. У цьому випадку обов'язково проводяться протишоківі заходи. Потім для боротьби з інфекціями застосовують антибіотики. Усім потерпілим необхідно у великій кількості давати пити – по 4-5 літрів у перші дві доби. Для цього застосовують підсолену воду (0,5-1 чайної ложки солі і стільки ж харчової соди на 1 л води), дають її теплою або гарячою невеликими порціями.



Рисунок 3.1 – Відображення ступенів опіків на тілі

3.2 Заходи щодо автоматизації виробничих процесів, які сприяють покращенню умов праці.

Автоматизація виробництва - застосування та впровадження автоматичних засобів, що дає змогу звільнити людину від безпосередньої участі в технічному процесі. Сучасна теорія автоматизації є міждисциплінарною й об'єднує досягнення різних областей знань — математики, електроніки, фізики, хімії, кібернетики, біоніки. Виокремлюють три етапи розвитку автоматизації. На першому етапі основна увага приділялась створенню автоматів і напівавтоматів, що стало наслідком розвитку та поліпшення конструкції робочих машин і верстатів. Автоматизація виробничих процесів охоплює лише частину операцій оброблення, у той час як збирання, контролювання тощо здійснюється вручну або засобами механізації. Другим етапом автоматизації є створення автоматичних машин, які поєднують виконання операцій оброблення, контролю, збирання, пакування тощо. Автоматичні машини утворюють автоматичну лінію, яка виконує весь комплекс операцій, окрім налагодження. Третій етап автоматизації пов'язаний з електронною автоматизацією матеріального виробництва й обігу, науково-технічної та інформаційно-комп'ютерної революції. Характеризується створенням промислових «інтелектуальних» роботів, які здатні сприймати навколишню інформацію, обробляти її та приймати рішення. Це створює передумови для формування комплексних «безлюдних» виробництв, на яких найповніше діятиме закон зменшення живої та збільшення уречевленої праці.

Автоматизація допомагає зменшити травматичність та збільшує охорону праці. Адже людина виконує роль оператора а не виконує повний цикл роботи і відповідно імовірність пошкодження працівника зменшується. Автоматизація дозволяє попередити та запобігти виникненню аварійних ситуацій, а також використання елементів автоматизації дозволяє збирати та

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зберігати причини виникнення аварійних ситуацій, а отже зберегти життя людей.

Автоматична сигналізація призначена для повідомлення обслуговуючого персоналу про граничні чи аварійні значення яких-небудь фізичних параметрів, про місце і характер порушень технологічного процесу. Сигнальними пристроями служать лампи, дзвоники, сирени, спеціальні мнемонічні покажчики й ін.

Автоматичний вимір дозволяє вимірювати і передавати на спеціальні вказівні прилади значення, що реєструються, чи фізичні величин, що характеризують технологічний процес чи роботу машин. Обслуговуючий персонал за показниками приладів судить про якість технологічного процесу чи про режим роботи машин і агрегатів.

Автоматичне сортування здійснює контроль і поділ продукції по розміру, вазі, твердості, в'язкості й іншим показникам (наприклад, сортування зерна, яєць, фруктів, картоплі і т.п.).

Автоматичний збір інформації призначений для одержання інформації про хід технологічного процесу, про якість і кількість продукції, що випускається, і для подальшої обробки, збереження і видачі інформації обслуговуючому персоналу.

Автоматичний захист являє собою сукупність технічних засобів, що при виникненні ненормальних і аварійних режимів або припиняють контрольований виробничий процес (наприклад, відключають визначені ділянки електроустановки при виникненні на них коротких замикань), або автоматично усувають ненормальні режими. Автоматичний захист тісно зв'язаний з автоматичним керуванням і сигналізацією. Вона впливає на органи керування й оповіщає обслуговуючий персонал про здійснену операцію.

Релейний захист, виконаний на основі реле, широко застосовується на електричних станціях, підстанціях, у мережах і різних електроустановках.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Пристрої автоблокування, що входять в автоматичний захист, в основному призначені для запобігання неправильних вмикань і вимикань і помилкових дій обслуговуючого персоналу; вони попереджають можливі несправності й аварії.

Керування – процес здійснення сукупності впливів, спрямованих на підтримку керованого параметра відповідно до заданого алгоритму функціонування.

Керованим об'єктом називають пристрій, що безпосередньо здійснює технологічний процес, і потребує в наданні спеціально організованих впливів ззовні для виконання його алгоритму.

Дистанційне керування поєднує методи і технічні засоби керування установками і зосередженими об'єктами на відстані. Імпульси на керування (команди) подаються обслуговуючим персоналом по електричних сполучних проводах за допомогою відповідних кнопок, ключів і іншої командної апаратури.

Автоматичне керування містить у собі комплекс технічних засобів і методів по керуванню об'єктами без участі обслуговуючого персоналу: пуск і зупинку основних установок, вмикання і вимикання допоміжних пристроїв, забезпечення безаварійної роботи, дотримання необхідних значень параметрів відповідно до оптимального ходу технологічного процесу і т.д.

Сполучення комплексу технічних пристроїв з об'єктом керування називають системою автоматичного керування (САК). Застосовуючи САК людина стає оператором системи та виконує роль наглядача-керівника за технологічним процесом, при цьому зменшується травматичність на робочому місці.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращення умов праці. Загалом автоматизація виробництва має позитивний ефект на покращення умов праці, відкриваючи вакансії для кваліфікованих працівників та зменшення ризику виникнення аварійної ситуації ціною за яке може бути людське життя.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Висновки

При виконанні цієї кваліфікаційної роботи здійснено розробку конструкції високоефективного перетворювача напруги з вольтметром. Використання SMT елементів для компонування друкованого вузла, дозволило зменшити габаритні розміри приладу і підвищити надійність, великий діапазон вхідних і вихідних напруг дозволяє розширити сферу використання приладу. Наявність вольтметра підвищує комфорт експлуатації.

В процесі проектування приладу було проведено розроблення схеми електричної принципової і друкованої плати, була використана спеціалізована програма Altium Designer, для зменшення тривалості проектування та зменшення можливих помилок. Для оформлення документації використано Компас 3Д.

В результаті отримано двосторонню друковану плату малих розмірів.

Комбінований метод вибрано для виготовлення друкованої плати. ЕРЕ розміщені на друкованому вузлі досить компактно. Матеріалом для виготовлення було обрано склотекстоліт.

Здійснено розрахунок основних вузлів виробу, визначивши параметри головних елементів, що мають великий вплив на вихідні параметри перетворювача. Показник надійності становить 7385.8 годин, що є достатнім для такого виробу .

При розробці даного пристрою враховано стандарти створення документації а також підбору елементної бази. Якісні і недорогі елементи продовжують термін експлуатації даного виробу, а при поломці можна буде без проблем їх замінити.

Прилад спроектовано таким чином, щоб на його виробництво потрібно було якомога менше грошей. Тим самим збільшується попит на цей товар і можливість виробляти при не великому стартовому капіталі.

					<i>MAI 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Список використаних джерел

1. Атутор ТНТУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://dl.tntu.edu.ua/mods/_standard/file_storage/index.php – Дата доступу: 10.03.2022 – методичка_диплом_бакалавр(1).pdf .
2. Youtube [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.youtube.com/watch?v=my5yJORnTEM> – Дата доступу: 11.03.2022 – Підвищуючий / понижуючий DC-DC перетворювач. Сепік. Своїми руками.
3. Атутор ТНТУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php> – Дата доступу: 14.03.2022 – Електроживлення радіоелектронної апаратури.
4. Radiohlam [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://radiohlam.ru/sepic_raschet/ – Дата доступу: 20.03.2022 – Методика розрахунку перетворювача, зібраного по топології sepic + online-калькулятор.
5. DatasheetPDF [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://datasheetspdf.com/pdf/909246/AEROSEMI/MT3608/1> – Дата доступу: 1.04.2022 – Документації на компоненти.
6. Farnell [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.farnell.com/datasheets/2303855.pdf> – Дата доступу: 1.04.2020 – SS34 Datasheet.
7. Alldatasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alldatasheet.com/> – Дата доступу: 5.04.2022 – Документації на компоненти.
8. library.tntu.edu.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/24318> – Дата доступу: 5.04.2022 – Модульні перетворювачі електроенергії на основі високочастотних магнітних підсилювачів.

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

9. library.tntu.edu.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/1163> – Дата доступу: 6.04.2022 – Основні аспекти побудови високочастотних напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високим рівнем струму навантаження

10. Chipdip [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://static.chipdip.ru/lib/121/DOC004121984.pdf> – Дата доступу: 7.04.2022 – KNP-200 Datasheet.

11. Altium Designer [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.altium.com/altium-designer/ru> – Дата доступу: 16.04.2022 – Altium Designer.

12. 3dcontentcentral [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.3dcontentcentral.com/Default.aspx> – Дата доступу: 21.04.2022 – 3Д моделі радіоелементів.

13. Компас [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kompas.ru/> – Дата доступу: 26.04.2020 – Компас 3Д.

14. learn.ztu.edu.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/139930/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0-11-1.pdf – Дата доступу: 26.04.2020 – Технологія виготовлення друкованих плат.

15. if.gov.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/uploaded-files/uns-pp-dopomoga-pri-orikakh.pdf> – Дата доступу: 1.06.2020 – Допомога при опіках.

16. ВУЕ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://vue.gov.ua/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%B0 – Дата доступу: 2.06.2020 – Автоматизація виробництва виробництва

					<i>МАІ 2.008.001 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“ ____ ” _____ 20__р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: «Високоєфективний перетворювач напруги»

Узгоджено:
Керівник дипломного проекту
Яськів В.І. _____
“ ____ ” _____ 20__р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”
Студент групи РАС-41
Маліновський А.І. _____
“ ____ ” _____ 20__р.

Тернопіль, 2022

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Високоєфективний перетворювач напруги”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № _____ від “___” _____ 20 р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Маліновський А.І групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка високоєфективного перетворювача напруги, що включає в себе:

- розробка схемотехнічного рішення для даного перетворювача;
- вибір компонентної бази розроблювального перетворювача;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи перетворювача;

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1. Основні параметри

4.1.1. Вхідна напруга, що може подаватися на вхід перетворювача повинна бути в межах від 3 до 24 Вольт .

4.1.2. Вихідну напругу перетворювача можна встановити в межах від 1 до 30 В, максимальний вхідний струм не більше 6 А, максимальний вихідний струм не більше 3А.

4.1.3. Похибка установки вихідної напруги не повинна бути більше $\pm 2\%$.

4.1.4. Похибка індикації напруги не повинна бути більше $\pm 1\%$.

4.2. Технічні вимоги

4.2.1. Перетворювач повинен забезпечувати з'явленні вихідні параметри.

4.2.2. Перетворювач повинен працювати при нормальних кліматичних умовах.

4.2.3. За механічними і кліматичними умовами експлуатаційні перетворювачі повинні відповідати ГОСТ 22261 (група 3).

Граничні умови транспортування та зберігання - 5 по ГОСТ 15150. Час витримки в нормальних умовах - 24 год.

4.2.4. У комплект високоєфективного перетворювача напруги повинен входити: високоєфективний перетворювач напруги. До комплекту докладають паспорт.

4.2.5. Напрацювання на відмову повинне бути не менше 5000 год.

4.2.6. Середній термін служби повинен бути не менше 1 року. Випробування на термін служби не проводять.

4.3. Правила приймання.

4.3.1. Перетворювач повинен піддаватися приймально-здавальним та періодичним випробуванням.

4.3.2. При приймально-здавальних випробуваннях високоефективний перетворювач напруги з вольтметром повинен піддаватися контролю, на відповідність заданим параметрам. При невідповідності вимогам його повертають для усунення дефектів. Після усунення дефектів перетворювач висувають на повторні випробування. Результати повторних випробувань є остаточними.

4.3.3. Періодичним випробуванням піддають не менше чотирьох перетворювачів кожного типу, що пройшли приймально-здавальні випробування. Періодичні випробування на відповідність всім пунктам даного стандарту проводять при випуску настановних партій і періодично один раз на два роки. При отриманні незадовільних результатів випробувань з'ясовують причини браку, усувають їх і проводять повторні періодичні випробування на подвоєному числі перетворювачів. Якщо при повторних періодичних випробуваннях виявлено невідповідність хоча б одного виробу вимогам цього стандарту, приймання і відвантаження перетворювачів припиняють. Рішення про подальше виготовленні виробів та їх приймання беруть замовник та підприємство-виробник.

4.3.4. Випробування на надійність проводять не рідше одного разу на три роки. Вихідні дані при проведенні випробувань:

- Приймальний рівень $P\alpha = 0.95$;
- Бракувальний рівень $P\mu = 0.8$;
- Ризик виробника $\alpha = 0.1$;
- Ризик споживача $\beta = 0.2$.

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 перетворювача;
- функціональна схема перетворювача;
- електрична принципова схема перетворювача;
- друкована плата перетворювача;
- друкований вузол.

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 та функціональної схеми	
4	Розрахунок основних вузлів у схемі вискоефективного перетворювача напруги.	
5	Вибір компонентної бази для розроблюваного вискоефективного перетворювача напруги;	
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.

КОМПАС-3D v20 Чудьная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Поз. познач.	Наименования	Кол.	Примітка		
<u>Конденсатори</u>					
CAPO805 «Faithful Link»					
CL21B "Samsung Electro-Mechanics"					
C1-C2	JAMICON TK-35B-1000мкФ+-20%	2			
C3-C4	CAPO805-50B-100нФ+-10%	2			
C5	JAMICON TK-35B-330мкФ+-20%	1			
C6-C7	JAMICON TK-35B-10мкФ+-20%	2			
C8	CAPO805-50B-1нФ+-10%	1			
C9	CAPO805-50B-1мкФ+-10%	1			
C10	CAPO805-50B-10нФ+-10%	1			
C11	JAMICON TK-35B-100мкФ+-20%	1			
C12	CAPO805-50B-10нФ+-10%	1			
C13	CAPO805-50B-220нФ+-10%	1			
C14	CAPO805-50B-100нФ+-10%	1			
C15	JAMICON TK-35B-1мкФ+-20%	1			
C16	CAPO805-50B-1мкФ+-10%	1			
C17-C18	CAPO805-50B-100нФ+-10%	2			
C19	CL21-100B-2.2мкФ+-10%	1			
C20-C21	JAMICON TK-50B-1000мкФ+-20%	2			
DA1	Стабілізатор напруги AMS1117 "Advanced Monolithic Systems"	1			
<u>Мікросхеми</u>					
DD1	ШИМ контролер MT3608 "Aerosemi"	1			
DD2	ШИМ контролер TL494 "Texas Instruments"	1			
DD3	CA3162E "Intersil Corporation"	1			
DD4	CA3161E "Intersil Corporation"	1			
МАІ 2.008.001 ПЕ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Малиновський А. І.				
Пров.	Яськів В.І.				
Н.контр.					
Утв.					
Високоєфективний перетворювач напруги			Лит.	Лист	Листов
Перелік елементів			Н	1	4
Копіював			ТНТУ, ФПТ, каф. РТ гр. РАС-41		
Не для коммерческого использования			Формат А4		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Поз. познач.	Наименования	Кол.	Примітка
F1	Запобіжник RUEF300 "Littelfuse"	1	
HG1-HG3	5161BH "XLITX TECHNOLOGY"	3	
HL1	KP-2012SGC "Kingbright"	1	
	<i>Катушки індуктивності</i>		
L1	CDRH127-220M "Sumida"	1	
L2-L3	MAI 2.117.002 СК	2	
	<i>Резистори</i>		
	<i>RC0805 "Faithful Link"</i>		
R1	RC0805-62kOM +-5%	1	
R2	RC0805-3.3kOM +-5%	1	
R3	RC0805-1.2kOM +-5%	1	
R4	RC0805-10MOM +-5%	1	
R5	RC0805-100kOM +-5%	1	
R6	RC0805-1MOM +-5%	1	
R7	RC0805-100kOM +-5%	1	
R8	RC0805-6.2kOM +-5%	1	
R9	RC0805-10kOM +-5%	1	
R10	PP1-75-50kOM +-10%	1	Підстороювальний
R11	PP1-75-10kOM +-10%	1	Підстороювальний
R12	RC0805-18kOM +-5%	1	
R13	WH148-10kOM+-20% "Handson Technology"	1	Змінний
R14	RC0805-150kOM +-5%	1	
R15	RC0805-4.70 OM +-5%	1	
R16	WH148-10kOM+-20% "Handson Technology"	1	Змінний
R17	RC0805-330 OM +-5%	1	
R18	RC0805-1 kOM +-5%	1	
R19	RC0805-22 OM +-5%	1	
R20	RC0805-3.9 kOM +-5%	1	
R21-R22	RC0805-1 kOM +-5%	2	
R23	RC0805-270 OM +-5%	1	
R24	RC0805-20 kOM +-5%	1	
R25	RC0805-3.9 kOM +-5%	1	

Інв. № ориг.	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	MAI 2.008.001 ПЕ	Арк.
						2

КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Поз. познач.	Наименования	Кол.	Примітка
R26	KNP-200 - 0.1 Ом "Yageo"	1	
SA1	Кнопка PS580L "Switronic"	1	
<u>Діоди</u>			
VD1	SS34 "Fairchild Semiconductor"	1	
VD2	MBR20100 "On Semiconductor"	1	
<u>Транзистори</u>			
VT1	BD139 "STMicroelectronics"	1	
VT2	BD140 "STMicroelectronics"	1	
VT3	MMBT3906 "On Semiconductor"	1	
VT4	IRF540 "Vishay Siliconix"	1	
VT5-VT6	MMBT3906 "On Semiconductor"	2	
<u>Клеммники</u>			
X1-X3	DG130-5.0-02P-14-00AH	3	

Інв. № ориг.	Підп. і дата
Зам. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	МАІ 2.008.001 ПЕ	Арк.
						3

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1			MAI 2.008.001 E3	Схема електрична принципова	1	
A4			MAI 2.008.001 PE	Перелік елементів	1	
A3			MAI 2.117.001 СК	Вузол друкований	1	
				<u>Деталі</u>		
A2	1		MAI 2.103.001	Плата друкована	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				<u>Конденсатори</u>		
				САР0805 «Faithful Link»		
				CL21B "Samsung Electro-Mechanics"		
				JAMICON TK		
		2		JAMICON TK-35B-1000мкФ+-20%	2	С1-С2
		3		САР0805-50В-100нФ+-10%	2	С3-С4
		4		JAMICON TK-35B-330мкФ+-20%	1	С5
		5		JAMICON TK-35B-10мкФ+-20%	2	С6-С7
		6		САР0805-50В-1нФ+-10%	1	С8
		7		САР0805-50В-1мкФ+-10%	1	С9
		8		САР0805-50В-10нФ+-10%	2	С10
		9		JAMICON TK-35B-100мкФ+-20%	1	С11
		10		САР0805-50В-10нФ+-10%	1	С12
		11		САР0805-50В-220нФ+-10%	1	С13
		12		САР0805-50В-100нФ+-10%	1	С14
		13		JAMICON TK-35B-1мкФ+-20%	1	С15
		14		САР0805-50В-1мкФ+-10%	1	С16
MAI 2.117.001 СП						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Разроб.		Малиновський АІ				
Перевір.		Яськів В. І.				
Н Контр.						
Затверд.						
Високоєфективний перетворювач напруги Специфікація					Літ.	Аркцш
					н	Аркцшів
						1 3
					ТНТУ, ФПТ, каф. РТ гр. РАс-41	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.	
		15		CAPO805-50B-100нФ+-10%	2	С17-С18	
		16		CL21-100B-2.2мкФ+-10%	1	С19	
		17		JAMICON TK-50B-1000мкФ+-20%	2	С20-С21	
				<u>Стабілізатор напруги</u>			
		18		AMS1117 "Advanced Monolithic Systems"	1	DA1	
				<u>Мікросхеми</u>			
		19		MT3608 "Aerosemi"	1	DD1	
		20		TL494 "Texas Instruments"	1	DD2	
		21		CA3162E "Intersil Corporation"	1	DD3	
		22		CA3161E "Intersil Corporation"	1	DD4	
		23		Запобіжник RUEF300 "Littelfuse"	1	F1	
		24		5161BH "XLITX TECHNOLOGY"	3	HG1-HG3	
		25		KP-2012SGC "Kingbright"	1	HL1	
				<u>Котушки індуктивності</u>			
		26		CDRH127-220M "Sumida"	1	L1	
		27		MAI 2.117.002 СК	1	L2-L3	
				<u>Резистори</u>			
				RC0805 "Faithful Link"			
		28		RC0805-62кОм +-5%	1	R1	
		29		RC0805-3.3кОм +-5%	1	R2	
		30		RC0805-1.2кОм +-5%	1	R3	
		31		RC0805-10МОм +-5%	1	R4	
		32		RC0805-100кОм +-5%	1	R5	
		33		RC0805-1МОм +-5%	1	R6	
		34		RC0805-100кОм +-5%	1	R7	
				MAI 2.117.001 СП			Арк.
							2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.	
		35		RC0805-6.2кОм +-5%	1	R8	
		36		RC0805-10кОм +-5%	1	R9	
		37		РП1-75-50кОм +-10%	1	R10	
		38		РП1-75-10кОм +-10%	1	R11	
		39		RC0805-18кОм +-5%	1	R12	
		40		WH148-10кОм+-20% "Handson Technology"	1	R13	
		41		RC0805-150кОм +-5%	1	R14	
		42		RC0805-4.70 Ом +-5%	1	R15	
		43		WH148-10кОм+-20% "Handson Technology"	1	R16	
		44		RC0805-330 Ом +-5%	1	R17	
		45		RC0805-1 кОм +-5%	1	R18	
		46		RC0805-22 Ом +-5%	1	R19	
		47		RC0805-3.9 кОм +-5%	1	R20	
		48		RC0805-1 кОм +-5%	1	R21-R22	
		49		RC0805-270 Ом +-5%	1	R23	
		50		RC0805-20 кОм +-5%	1	R24	
		51		RC0805-3.9 кОм +-5%	1	R25	
		52		KNP-200 - 0.1 Ом "Yageo"	1	R26	
		53		Кнопка PS580L "Switronic"	1	SA1	
				<u>Діоди</u>			
		54		SS34 "Fairchild Semiconductor"	1	VD1	
		55		MBR20100 "On Semiconductor"	1	VD2	
				<u>Транзистори</u>			
		56		BD139 "STMicroelectronics"	1	VT1	
		57		BD140 "STMicroelectronics"	1	VT2	
		58		MMBT3906 "On Semiconductor"	1	VT3	
		59		IRF540 "Vishay Siliconix"	1	VT4	
		60		MMBT3906 "On Semiconductor"	2	VT5-VT6	
		61		Клеммники DG130-5.0-02P-14-00AH	3	X1-X3	
				МАІ 2.117.001 СП			Арк.
							3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			