

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інформатики та радіоелектроніки, радіоелектроніки і телекомунікацій

(повне найменування інституту, факультету)

Інформаційні технології електронних засобів

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка конструкції електронного рівня на основі мікроконтролера
PIC16F876A

Виконав: студент 4 курсу, групи РТ 118 сп
Спеціальності 172 «Телекомунікації та
радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Радіоелектронні апарати та засоби

Касілов М.І.

Керівник Поспеева І.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Зеленьова І.Я.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут Інформатики та радіоелектроніки
 Факультет Радіоелектроніки і телекомунікацій
 Кафедра Інформаційні технології електронних засобів
 Ступінь вищої освіти Бакалавр
 Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Радіоелектронні апарати та засоби
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри
Огренич Є.В.

«28» 05 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Касілов Микола Ігорович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Розробка конструкції електронного рівня на основі мікроконтролера PIC16F876A»

Керівник проєкту (роботи) Поспеева Ірина Євгенівна, старший викладач
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 26» квітня 2021 року

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 7 червня 2021

3. Вихідні дані до проєкту (роботи): схема електрична принципова, типа активних елементів, кліматичне виконання УХЛ 1.1 за ДСТУ 15150-69, група експлуатації IV за ДСТУ 11478-88, тип виробництва - дрібносерійне

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Призначення і принцип роботи рівня електронного. 2 Технічні вимоги. 3 Забезпечення технічних вимог. 4 Обґрунтування вибору конструкцій. 5. Опис конструкції. 6 Конструкторські розрахунки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 21 рисуноків; 13 таблиць; презентація роботи Схема електрична принципова, складальне креслення пристрою складальне креслення плати

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймає виконавця завдання
Розділи 1-7	Поспеева І.Є., ст. викладач	05.04	
Нормоконтроль	Поспеева І.Є., ст. викладач	28.05	

7. Дата видачі завдання « _____ » _____ 20__ року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Прим.
1	Ознайомлення з завданням	1 тиждень	Викон.
2	Аналіз схеми електричної принципової	2 тиждень	Викон.
3	Аналіз технічних вимог до виробу та обґрунтування конструкції	3 тиждень	Викон.
4	Виконання розрахунків	4 тиждень	Викон.
5	Виконання конструкторської документації	5 тиждень	Викон.
6	Оформлення пояснювальної записки та презентації	6 тиждень	Викон.
7	Нормоконтроль та рецензування	7 тиждень	Викон.
8	Пошук помилок і доопрацювання проекту	8 тиждень	Викон.
9	Захист	9 тиждень	Викон.

Студент(ка)

(підпис)

Касілов М.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Поспеева І.Є.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 64 с. , 21 рис., 26 табл., 15 джерел, 1 додаток.

Об'єкт розробки - комплект конструкторської документації для конструювання пристрою рівня електронного на основі мікроконтролера PIC16F876A.

Мета роботи - розробити комплект конструкторської документації для виготовлення пристрою рівня електронного на основі мікроконтролера, відповідного 4 групі експлуатації по ДСТУ 11478-88 для дрібносерійного типу виробництва. Набути навичок з конструювання радіоелектронних пристроїв, і вибору конструктивних рішень. Прилад повинен відповідати високим вимогам технологічності, ергономіки.

Пристрій призначений для вимірювання значень кутів нахилу.

КОНСТРУКЦІЯ, КОРПУС, ІНТЕНСИВНІСТЬ ВІДМОВ, НАПРУГА, ПЛАТА, ЖИВЛЕННЯ, ремонтпридатність, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ЕРГОНОМІКА, ЕСТЕТИКА, РІВЕНЬ ЕЛЕКТРОННИЙ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ПРИНЦИП РОБОТИ РІВНЯ ЕЛЕКТРОННОГО.....	7
2 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ	17
2.1 Експлуатаційні вимоги	17
2.2 Забезпечення тепло і холодостійкості.....	19
2.3 Захист від температурних впливів.....	21
2.4 Захист від вібрацій та ударів.....	24
3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ	28
3.1 Забезпечення експлуатаційних вимог	28
3.2 Забезпечення технологічності.....	29
3.3 Забезпечення естетики і ергономіки	30
3.4 Забезпечення вимог ремонтпридатності.....	33
3.5 Забезпечення конструкторських вимог.....	34
4 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ.....	36
5 ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ	38
5.1 Класифікація друкованих плат за методом виготовлення	38
5.1.1 Особливості конструкцій друкованих плат, які виготовляють хімічним методом	38
5.1.2 Особливості конструкцій плат, що виготовляють комбінованим методом	39
5.1.3 Особливості конструкцій багат шарових друкованих плат.....	40
5.2 Класифікація друкованих плат за іншими класифікаційними ознаками	42
5.3 Конструкторські вимоги до друкованих плат	48
6 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	49
7 КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРАХУНКИ.....	51
7.1 Розрахунок надійності	51
7.2 Розрахунок коефіцієнта заповнення плати.....	53
ВИСНОВКИ	55
Перелік джерел посилань.....	56
Додаток А	58

ВСТУП

Розвиток мікроелектроніки та широке застосування її виробів в промисловому виробництві, в пристроях і системах управління найрізноманітнішими об'єктами і процесами є в даний час одним з основних напрямків науково-технічного прогресу. Розробка радіоелектронних пристроїв переходить на новий, більш високий рівень.

В даний час мікропроцесорні пристрої широко застосовуються для вирішення самих різних завдань практично у всіх областях діяльності людини. Можливі області застосування мікроконтролерів пов'язані з їх архітектурою і розрядністю:

- 8-розрядні мікроконтролери застосовуються для управління різними технологічними процесами у виробництві, випробуваннях і дослідженнях устаткування, в пристроях управління транспортом, в службовій, комерційній, торговій і побутовій апаратурі, пристроях автоматичного управління вимірювальними приладами;
- 16-розрядні МП використовуються в системах зв'язку, збору і обробки інформації, контрольно-розподільних системах, системах навігації, аналого-цифрових перетворювачах, в мікроЕОМ широккого призначення;
- 32-розрядні застосовуються в мікро і міні-ЕОМ широккого призначення, спеціалізованих процесорах, цифрових фільтрах;
- 64-розрядні – в мультимедійних, в 2D і 3D графічних системах;

Темою даного проекту є розробка конструкції електронного рівня на основі мікроконтролера PIC16F876A, який призначений для вимірювання кутів нахилу поверхонь за трьома осями.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ПРИНЦИП РОБОТИ РІВНЯ ЕЛЕКТРОННОГО

Призначення запропонованого пристрою таке ж, як у звичайного будівельного рівня - визначення кутів нахилу поверхні, на яку він встановлений, відносно горизонтальної площини. Прилад містить невелику кількість деталей, живиться від гальванічної батареї і готовий до роботи негайно після включення. Він побудований на базі мікросхеми трьохосового акселерометра SMB380, що має цифровий інтерфейс, що дозволило створити повністю цифровий пристрій без аналогових вузлів.

Рівень електронний призначений для вимірювання кутів нахилу по 3 осях.

Кути нахилу обчислюються за результатами вимірювання проекцій вектора прискорення земного тяжіння на кожну з трьох осей акселерометра: X (горизонтальну поздовжню), Y (горизонтальну поперечну) і Z (вертикальну).. Вимірювані кути можуть знаходитися в інтервалі від -180° до 180° градусів, похибка вимірювання не перевищує 1 градус.

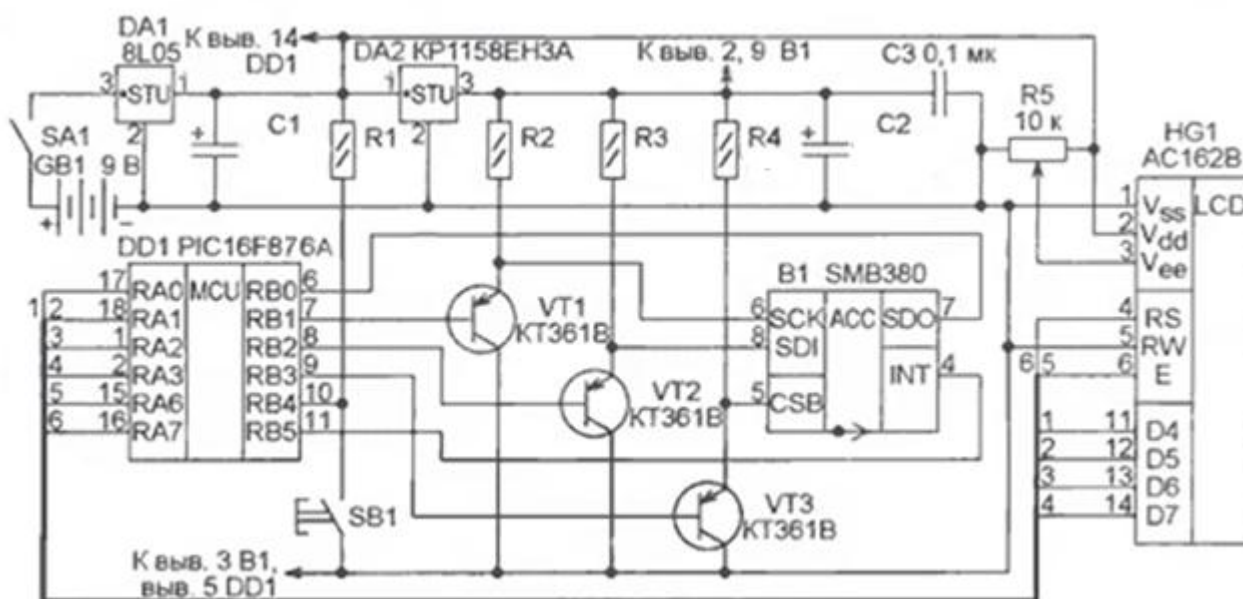


Рисунок 1.1 - Схема електрична принципова рівня електронного

Для більш повного використання наявних виводів портів мікроконтролер PIC16F876A (DD1) налаштований на роботу з внутрішнім тактовим генератором, причому частота цього генератора знижена до 37кГц. Працюючи по записаній в ній програмі, МК керує акселерометром, отримує від нього і обробляє інформацію про кути нахилу і температури, виводить результати на дисплей (HG1). Транзистори VT1-VT3 зменшують високий рівень сигналів МК до значення, необхідного для подачі на входи акселерометра.

Джерело живлення-гальванічна батарея GB1 напругою 9 В, струм споживання - 5 мА. Напруга батареї знижується до 5 В, необхідних МК і дисплею, за допомогою інтегрального стабілізатора DA1. Акселерометр живиться напругою 3 В від інтегрального стабілізатора DA2.

Відразу після включення живлення кнопкою SA1 електронний рівень працює в режимі вимірювання нахилу. Кути відхилення перпендикуляра до основи акселерометра від вектора сили тяжіння по кожній з осей вимірюються з періодом 0,25 сек. Отримані значення виводяться на дисплей.

У момент натискання кнопки SB1 прилад запам'ятовує поточні значення кутів нахилу і далі відображає на табло дисплея відхилення від цих значень.

Такий режим дозволяє контролювати паралельність площин, розташованих на віддаленні одна від одної. Повернення в подібний режим відбувається при ще одному натискання на кнопку SB1.

Всі елементи, крім дисплея, кнопок і батареї типу «Крона» монтують на друкованій платі з двосторонньо фольгованого склотекстоліту.

Конденсатори C1 та C2(приклад танталовго конденсатора наведений на рис 1.2), які ми використовуємо на схемі у нас вони є танталовими з такими характеристиками:

- тип конденсатора - танталові;
- номінальна напруга 47мкФ;
- номінальна напруга 6,3В;
- похибка $\pm 10\%$;

— корпус 3216 (Розміри L=3,2мм; W=1,6мм; H=1,6мм; D=1,2мм;)



Рисунок 1.2 - Приклади танталових конденсаторів

SMD конденсатор С3 (приклад керамічного конденсатора наведений рис. 1.3), який ми використовуємо на схемі є з такими параметрами :

- тип конденсатора керамічний;
- номінальна ємність 0.1 мкФ;
- номінальна напруга 16В;
- діелектрик X7R;
- похибка $\pm 10\%$;
- робоча температура $-55...+125^{\circ}\text{C}$;
- корпус 0402 (L=1,0мм; W=0,5мм; H=0,55мм; Типорозміри наведені на рис 1.4)



Рисунок 1.3 – SMD конденсатор

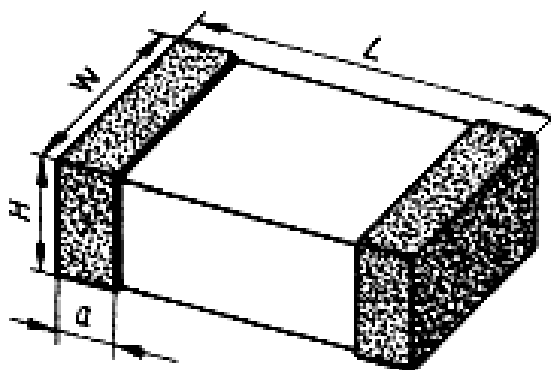


Рисунок 1.4 – Типорозмір

Конденсатор обраний відповідно до необхідними параметрами і повністю задовольняє вимоги функціонального призначення в пристрої.

Мікроконтролер PIC16F876A дозволяє реалізувати даний пристрій, МК є відносно старим, але забезпечує реалізацію рівня електронного, доступність і функціонал МК є пріоритетними у виборі даного МК, PIC16F876A також можна замінити будь-яким іншим аналогом дозволяє реалізувати пристрій. Основні характеристики і ескіз дисплея WEN001602D вказані в табл. 1.1 і рис. 1.4, виходячи з них робимо висновок, що він цілком нам підходить за всіма параметрами:

- 16 символів достатня кількість для показання нахилу поверхні, на яку він встановлений, відносно горизонтальної площини, а так само для показання температури;
- напруга живлення в 3 ... 5 В підходить, так як робоча напруга 5В;

Характеристика мікроконтролера PIC16F876A приведена в табл. 1.2

Таблиця 1.2 - Характеристика мікроконтролера PIC16F876A

Максимальна тактова частота, МГц	20
Flash пам'ять програм, слів	2048
Пам'ять даних, байт	224
EEPROM пам'ять даних, байт	128
Таймери	TMR0, TMR1, TMR2
Компараторів	2
Модулей ССР	1
Послідовний інтерфейс	USART
Програмуюче джерело опорної напруги	Є
Число джерел переривання	10
Число портів введення / виведення	16
Напруга живлення, В	3,0-5,5
Детектор зниженої напруги живлення	Є
Корпус	18-вивідний DIP, SOIC

Як джерело напруги обираємо батарею «Крона» Camelion Plus Alkaline 6LR61, яка забезпечує надійне і тривале електроживлення. Батарея застосовується для живлення пристроїв з середнім енергоспоживанням, що цілком нам підходить для нашого пристрою. Деякі її характеристики: - напруга = 9В; - розміри (ширина x висота x глибина) = 17.3 x 48.5 x 26.3 мм; - вага = 45.5 г; ємність = 580 мА • год.



Рисунок 1.5 - Батарея «Крона» Camelion Plus Alkaline 6LR61 - 9 В

Стабілізатор L7805ABV-DG перетворює напругу 9 В в необхідні 5 В для живлення МК. Його характеристики та ескіз представлені в табл. 1.3 і рис. 1.6. З основних характеристик ми бачимо, що стабілізатор влаштовує нас за геометричними параметрами, вагою, струмом і напругою.

Таблиця 1.3 - Основні характеристики стабілізатора напруги L7805ABV-DG

Характеристика	Значення
Корпус	To220
Максимальний струм навантаження А	1
Вихідний струм, А	1,5
Діапазон допустимих вхідних напруг, В	35
Вихідна напруга, В	5
Тип стабілізації напруги	нерегульований
Тип мікросхеми	стабілізатор напруги
Товщина радіатора, мм	1,23...1,32
Маса брутто, г	2,74
Кількість виводів, шт.	3

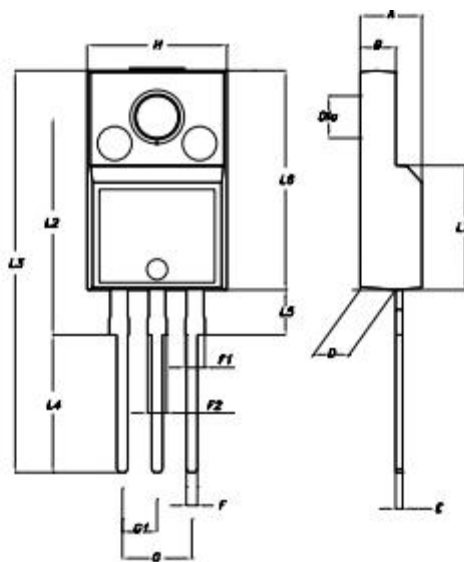


Рисунок 1.6 - Ескіз стабілізатора напруги L7805ABV-DG

За допомогою даного стабілізатора напруги КР1158ЕН12В записується датчик акселерометра з напругою живлення в 3 В, його характеристики наведені в табл. 1.4., ескіз на рис. 1.7.

Таблиця 1.4 - Основні характеристики стабілізатора напруги КР1158ЕН12В

Характеристика	Значення
Мін. вхідна напруга, В	12,6
Макс. вхідна напруга, В	26
Вихідна напруга, В	12
Полярність включення	Позитивна
Номінальний вихідний струм, мА	0,5
Падіння напруги вх/вих, В	0,6
Число регуляторів в корпусі	1
Робоча температура, °С	-40...85
Корпус	КТ-28

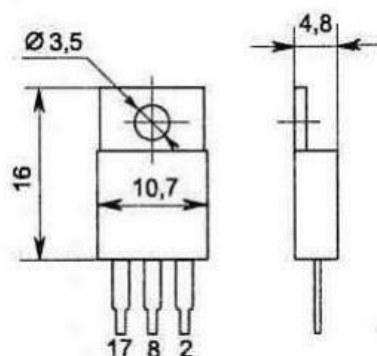


Рисунок 1.7 - Ескіз стабілізатора КР1158ЕН12В

Для перемикачів обираємо кнопки SPA-106B1, SPA-106A1 через їхню характеристику і відносну дешевизну.

Технічні характеристики:

— робоча напруга - 250 В (125 В);

- робочий струм - 1 А (3 А);
- опір контактів - не більше 20 мОм;
- опір ізоляції - 100 МОм;

Максимальне напруження - 1500 В змін. Струму протягом 1 хв.

Зовнішній вигляд та ескіз кнопки вказані на рис. 1.8.

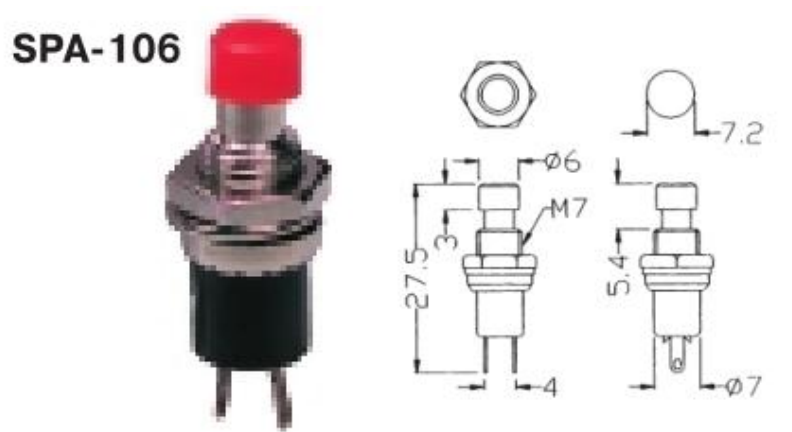


Рисунок 1.8 - Зовнішній вигляд і ескіз кнопки - SPA-106, 1 А 250 В

Виходячи з характеристик кремнієвого височастотного біполярного транзистора малої потужності КТ-361В (табл. 1.5), можна зробити висновок, що він підходить для даного пристрою. Ескіз транзистора наведений на рис. 1.9.

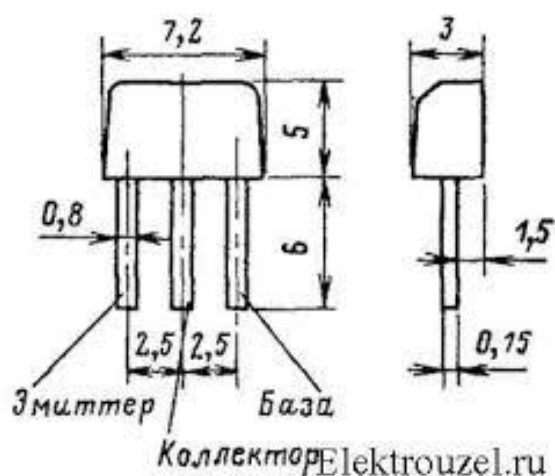


Рисунок 1.9 –Транзистор КТ-361В

Таблиця 1.5 - Характеристики транзистора КТ-361В

Параметри	Значення
Структура	р-п-р
Максимально допустима (імпульсна) напруга колектор-база, В	40
Максимально допустима (імпульсна) напруга колектор-емітер, В	40
Максимально допустимий постійний (імпульсний) струм колектора, мА	100
Максимально допустима постійна розсіювана потужність колектора без тепловідводу (з тепловідводом), Вт	0,15
Статичний коефіцієнт передачі струму біполярного транзистора в схемі із загальним емітером	40-160
Зворотний струм колектора, мкА	≤ 1
Гранична частота коефіцієнта передачі струму в схемі з загальним емітером, МГц	≥ 250

В якості резисторів було вибрано SMD резистори(рис. 1.10) 0805 опором - 10 кОм. Номінальна потужність 0,125 Вт.

Характеристики SMD резисторів 0805:

- діапазон номінальних значень: 0 Ом - 10 кОм;
- допустиме відхилення від номіналу: 1% (F); 5% (J) ;
- номінальна потужність: 0,125 Вт;
- робоча напруга: 150 В;
- максимально допустима напруга: 200 В;
- робочий діапазон температур: -55 - +125 ° С;

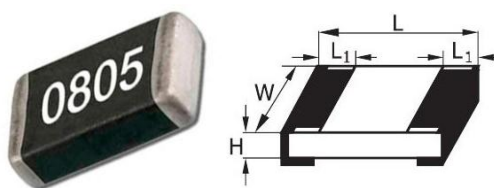


Рисунок 1.10 – SMD резистор 0805.

$L=2.0$ мм; $W=1.2$ мм; $H=0.4$ мм; $L1=0.4$ мм

2 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

2.1 Експлуатаційні вимоги

На всі види електрообладнання встановлено вимоги, що визначають кліматичне виготовлення і категорію розміщення, а також умови транспортування, зберігання й експлуатації у частині впливу кліматичних чинників. Маркування кліматичного виготовлення і категорії розміщення електрообладнання регламентовано стандартом ДСТУ-15150-69 (2006).

Порядок маркування кліматичного виготовлення і категорії місць розміщення подано в табл. 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 - Кліматичне маркування електрообладнання

Кліматичні умови експлуатації обладнання	Позначення		
	Літери		Цифри
	Кири-лиця	Латини-ця	
<i>Електрообладнання, призначене для експлуатації на суходолі, річках, озерах:</i>			
для макрокліматичного району з помірним кліматом	У	N	0
для макрокліматичних районів з помірним і холодним кліматом	УХЛ	NF	1
для макрокліматичного району з вологим тропічним кліматом	ТВ	TH	2
для макрокліматичного району із сухим тропічним кліматом	ТС	TA	3
для макрокліматичних районів як із сухим, так і з вологим тропічним кліматом	Т	T	4
для всіх макрокліматичних районів на суходолі, крім макрокліматичного району з дуже холодним кліматом (загальнокліматичне виготовлення)	О	U	5
<i>Електрообладнання, призначене для експлуатації в макрокліматичних районах з морським кліматом:</i>			
для макрокліматичного району з помірно-холодним морським кліматом	М	M	6
для макрокліматичного району із тропічним морським кліматом, у тому числі для суден каботажного плавання або інших, призначених для плавання тільки в цьому районі	ТМ	MT	7
для макрокліматичних районів як з помірно-холодним, так і тропічним морським кліматом, у тому числі для суден необмеженого району плавання	ОМ	MU	8
Вироби, призначені для експлуатації в усіх макрокліматичних районах на суходолі й на морі, крім макрокліматичного району з дуже холодним кліматом (загальнокліматичне виготовлення)	В	W	9

Таблиця 2.2 - Категорії місць розміщення електрообладнання

Основна категорія		Додаткова категорія	
Характеристика	Позн.	Характеристика	Позн.
Для експлуатації на відкритому повітрі (вплив сукупності кліматичних факторів, характерних для даного макрокліматичного району)	1	Для зберігання у процесі експлуатації у приміщеннях категорії 4 і роботи як за умов категорії 4, так і (короткочасно) за інших умов, у тому числі на відкритому повітрі	1.1
Для експлуатації під навісом або у приміщеннях (об'ємах), де коливання температури й вологості повітря несуттєво відрізняються від коливань на відкритому повітрі і є порівняно вільний доступ зовнішнього повітря, наприклад, у наметах, кузовах, причепах, металевих приміщеннях без теплоізоляції, а також в оболонці комплектного виробу категорії 1 (відсутність безпосереднього впливу сонячного випромінювання й атмосферних опадів)	2	Для експлуатації як вбудованого елементу всередині комплектних виробів категорій 1; 1.1; 2, у конструкції яких враховано можливість конденсації вологи на вбудованих елементах (наприклад, усередині радіоелектронної апаратури)	2.1
Для експлуатації в закритих приміщеннях (об'ємах) з природною вентиляцією без штучно регульованих кліматичних умов, де коливання температури й вологості повітря та вплив піску й пилу істотно менші, ніж на відкритому повітрі, наприклад, у металевих з теплоізоляцією, кам'яних, бетонних, дерев'яних приміщеннях (відсутність впливу атмосферних опадів, безпосереднього сонячного випромінювання; істотне зменшення вітру; істотне зменшення або відсутність впливу сонячного випромінювання й конденсації вологи)	3	Для експлуатації в нерегулярно опалюваних приміщеннях (об'ємах)	3.1
Для експлуатації у приміщеннях (об'ємах) зі штучно регульованими кліматичними умовами, наприклад, у закритих виробничих та інших приміщеннях (об'ємах) без опалення або охолодження і вентиляції, у тому числі підземних приміщеннях, що добре вентилуються (відсутність впливу прямого сонячного випромінювання, атмосферних опадів, вітру, піску й пилу зовнішнього повітря; відсутність або істотне зменшення впливу сонячного випромінювання й конденсації вологи)	4	Для експлуатації в приміщеннях з кондиціонованим або частково кондиціонованим повітрям	4.1
		Для експлуатації у лабораторних, капітальних житлових й інших подібного типу приміщеннях	4.2
Для експлуатації у приміщеннях (об'ємах) з підвищеною вологістю (наприклад, у підземних приміщеннях без опалення й вентиляції, у тому числі шахтах, підвалах, у ґрунті, у корабельних й інших приміщеннях, у яких можлива тривала наявність води або часта конденсація вологи на стінах і стелі, зокрема у трюмах, цехах текстильних, гідрометалургійних виробництв тощо)	5	Для експлуатації як вбудованих елементів усередині комплектних виробів категорії 5, конструкція яких унеможливає конденсацію вологи на вбудованих елементах (наприклад, всередині радіоелектронної апаратури)	5.1

За невідповідності кліматичного виготовлення та категорії розміщення апаратури реєстрації інформації фактичним умовам експлуатації термін її працездатності значно скорочується, а надійність функціонування не може бути гарантовано, електричне обладнання може спричинити пожежу.

2.2 Забезпечення тепло і холодостійкості

Теплостійкість характеризує властивість апаратури зберігати здатність функціонувати у штатному режимі за умов підвищеної температури навколишнього середовища. Для забезпечення теплостійкості необхідно в першу чергу використовувати *теплостійкі матеріали* з високою теплопровідністю. Жорсткі механічні зв'язки необхідно здійснювати однорідними матеріалами для забезпечення мінімальної різниці щодо їх температурних коефіцієнтів розширення (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Температурний коефіцієнт лінійного розширення деяких матеріалів

Матеріал	$\alpha \cdot 10^{-6}, ^\circ\text{C}^{-1}$	Матеріал	$\alpha \cdot 10^{-6}, ^\circ\text{C}^{-1}$
Інвар	0,9-1,2	Кварц	0,5
Вольфрам	3,2-3,4	Ситал	5
Хром	5,9	Кераміка	6-12
Титан	7,5-8,5	Гетинакс	20
Чавун	8,7-11,1	Текстоліт	33-40
Сталь	10,6-12	Компаунди	32-60
Залізо	11,9	Лавсан	50
Нікель	13,3	Склотекстоліт	3-11
Константан	15,2	Фторопласт	50-110
Мідь	16,6-17,1	Скло	60-120
Латунь	17,8-18,2	Полістирол	70
Срібло	19,6	Вініплекс	70
Алюміній	23,8	Скло органічне	80-140
Олово	23,8	Капрон	100
Магній	26,2	Поліетилен	100-180
Свинець	39,5	Поліуретан	130

У разі потреби забезпечити високу точність взаємного розташування елементів конструкції здійснюють *термокомпенсацію* введенням в замкнену механічну систему ланок із оберненим знаком температурного коефіцієнта для

компенсації зміни розміру основного елементу.

Холодостійкість характеризує властивість апаратури зберігати здатність функціонувати у штатному режимі за умов зниженої температури навколишнього середовища.

Якісні показники тепло або холодостійкості визначають після випробувань апаратури в навколишньому середовищі з максимальною і мінімальною температурами по черзі.

Для забезпечення холодостійкості застосовують морозостійкі матеріали (наприклад, звичайна гума, як відомо, зберігає свої властивості тільки в діапазоні температур від 233K до 328K. У разі потреби забезпечити морозостійкість апаратури вибирають спеціальну гуму, кремнійорганічного типу, таку, що не втрачає еластичності за температур до 173K.

Крім того, апаратуру обладнують засобами *повітряного підігріву*, що запобігає замерзанню елементів апаратури і попереджує обмерзання. За умов холодного клімату апаратуру необхідно розміщувати в укриттях, добре захищених від безпосередньої дії снігу, дощу та вітру.

У разі застосування в апаратурі радіoeлектронних компонентів, для нормальної роботи яких необхідно забезпечити постійну температуру навколишнього середовища (кварцові стабілізатори, контури задавальної частоти тощо), застосовують *термостабілізацію* таких елементів. В окремих випадках застосовують термостат – пристрій, що має певний внутрішній об'єм з автоматично підтримуваною заданою температурою. Цей спосіб забезпечує високу стабільність параметрів схеми. Регулювання температури усередині термостата здійснюють термоелементами, які управляють схемою підігріву внутрішнього об'єму.

2.3 Захист від температурних впливів

Мікросхеми та електро-радіоелементи функціонують в обмежених температурних діапазонах. Відхилення температури від зазначених діапазонів може призвести до *незворотних структурних змін компонентів*. Підвищена температура знижує діелектричні властивості матеріалів, прискорює корозію конструкційних і провідникових матеріалів. Із зниженням температури гумові деталі тверднуть і розтріскуються, а для більшості пластмас підвищується їх крихкість. Відмінності коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів можуть призвести до руйнування залитих компаундами конструкцій і, як наслідок, порушення електричних з'єднань, зміни характеру посадок – ослабленню кріплень тощо.

Нормальним температурним режимом є режим, за якого зміни функціональних параметрів і характеристик конструкції, компонентів, матеріалів – у межах, зазначених у технічних умовах на них. Високу надійність і тривалий термін служби виробу можна гарантувати, якщо температура середовища усередині ЕА є нормальною і дорівнює 20...25°C. У той же час слід пам'ятати, що зміна температури відносно нормальної всередині ЕА на кожні 10°C в будь-яку сторону *зменшує термін служби* апаратури приблизно вдвічі. Забезпечення нормального теплового режиму потребує ускладнення конструкції, збільшення габаритів і маси, введення додаткового обладнання, призводить до витрат електричної енергії. Для багатьох видів електронного обладнання і апаратури реєстрації зокрема завдання забезпечити працездатність за умови низьких температур вирішують нагріванням приміщення упродовж деякого часу з одночасним вмиканням апаратури для підігріву. Після досягнення всередині пристрою нормальної температури його переводять в робочий режим. У процесі експлуатації температура всередині виробу буде підвищуватися і може виникнути необхідність у його охолодженні. Нагрівання зручніше робити електричними нагрівальними елементами, які встановлюють для стаціонарної апаратури в приміщенні, а для транспортованої – вбудованої в

конструкцію. Довгий час температуру контролювали або термометрами, що розміщують в ЕА у зручних для спостереження місцях, або термореле, які автоматично вимикають нагрівачі після прогрівання апаратури. У сучасному електронному обладнанні використовують вбудовані в мікропроцесори і мікроконтролери датчики температури або спеціальні окремі мініатюрні датчики температури для вимірювання та автоматичного регулювання температури. У разі значного перепаду температури зовнішнього середовища і робочого обладнання під час інтенсивного нагрівання холодного повітря всередині приладу водяна пара конденсується на ще холодних поверхнях конструкції. Подальший нагрів призведе до нагрівання конструкції і випаровуванню вологи. Конденсація не буде відбуватись, якщо нагрівання здійснювати повільно.

Найчастіше конструктору доводиться вирішувати завдання *видалення надлишку теплоти*, що виникає в результаті функціонування електромеханічних та електронних складових апаратури. Передавання теплоти від нагрітої апаратури в навколишнє середовище здійснюється кондукцією, конвекцією і випромінюванням.

Системи охолодження класифікують за способом відведення тепла і застосовують залежно від величини питомого теплового потоку Q :

- *природно-повітряні*, якщо $Q \leq 0,2 \text{ Вт/см}^2$;
- *примусово-повітряні*, якщо $Q \leq 1 \text{ Вт/см}^2$
- *рідинні*, якщо $Q \leq 20 \text{ Вт/см}^2$

Крім зазначених способів відведення тепла конструктор має приділяти значну увагу відведенню тепла *теплопровідністю*, тобто *кондуктивному тепловідведенню*.

Попередній вибір системи охолодження здійснюють за графіками, наведеними на рис. 2.1.

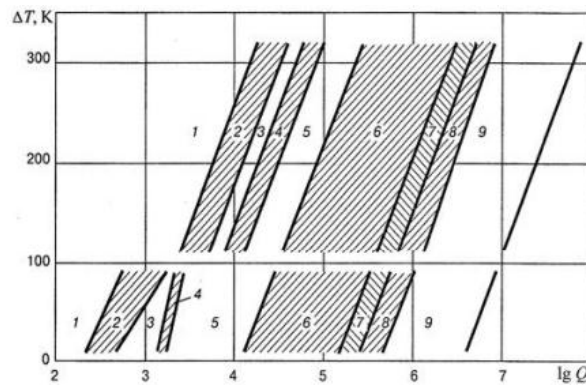


Рисунок 2.1 - Графіки для визначення способу відведення надлишкового тепла

Нижні графіки застосовують для вибору способу охолодження блоків, шаф, стійок, верхні – для окремих теплонавантажених елементів (силових напівпровідникових приладів, мікросхем, дроселів, трансформаторів тощо). У площині графіку виділено два типи областей: для перших можна однозначно вказати спосіб охолодження, для других можливі два або навіть три альтернативних способи. До першого типу належать області: 1 – природне повітряне, 3 – примусове повітряне, 5 – примусове рідинне, 9 – примусове охолодження випаровуванням. Області другого типу заштриховано. У межах цих областей можливі такі способи охолодження: 2 – природне і примусове повітряне, 4 – примусове повітряне та рідинне, 6 – примусове рідинне і природне випаровуванням, 7 – примусове рідинне, примусове і природне випаровуванням, 8 – природне і примусове випаровуванням. Для заштрихованих областей уточнення способу охолодження здійснюють за додатковими графіками.

Види охолодження в порядку *підвищення ефективності* може бути розташовано у такий спосіб: *повітряне, рідинне, випарно-конденсаційне*. Примусове охолодження *ефективніше природного*, але, як правило, складніше у конструктивній реалізації. Крім того, системи примусового охолодження створюють у процесі роботи шум від вентиляторів, насосів, руху потоків рідини чи газу.

2.4 Захист від вібрацій та ударів

Відомо, що в приладах, не захищених від вібрації і ударів, вузли, чутливі до динамічних перевантажень, виходять з ладу. Робити такі вузли настільки міцними, щоб вони безпосередньо витримували максимальні динамічні перевантаження, що виникають під час роботи, недоцільно, оскільки збільшення міцності призводить до збільшення маси, а внаслідок цього до неминучого зростання динамічних перевантажень. Тому вважають більш доцільним використовувати інші способи для зниження впливу перевантажень. Основним способом ізоляції АРІ від вібрації і ударів є розміщення її на пружні опори. Такими опорами є гумові, метало-гумові або метало-пружинні амортизатори.

Промисловість виготовляє для застосування в радіоелектронній апаратурі амортизатори різної конструкції та типорозміру. Найбільшого розповсюдження набули пластинчасті гумово-металеві амортизатори типів: АП (амортизатор з пружним елементом), АД (амортизатор з демпфіруванням), АФД (з фрикційним демпфіруванням).

Пружним елементом амортизатора АП є гумова шайба спеціальної форми. Пружним елементом амортизаторів типу АД є спіральна пружина, сконструйована так, що у разі збільшенні маси об'єкта її витки входять один в одного та осаджуються на опорну пластину й не беруть участі у подальшій роботі. Це призводить до збільшення жорсткості амортизатора, яку розраховують так, щоб частота власних коливань змінювалася незначно. Такі амортизатори називають одночастотними. Їх застосування дозволяє здійснювати амортизацію об'єктів різної маси із використанням невеликої кількості типорозмірів амортизаторів.

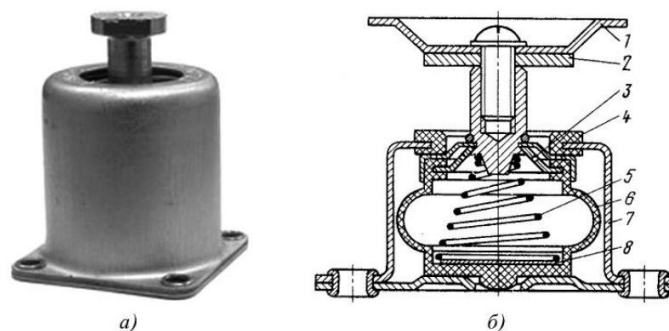
Один з недоліків амортизатора типу АД є залежність ступеня демпфірування від властивостей повітря. Цей недолік усунено в амортизаторах типу АФД використанням демпфера з сухим тертям. У цьому амортизаторі

пружними елементами є конічні пружини, нижня з яких має більшу жорсткість. Профіль пружин розраховано так, що амортизатор є одночастотним.

Приклад амортизатора типу АД наведено на рис. 2.6.

Залежно від робочої частоти, амортизатори є низькочастотні, середньочастотні та високочастотні. У низькочастотних амортизаторів частота власних коливань в навантаженому стані не перевищує 4 Гц, для середньочастотних – в межах (8...12) Гц і у високочастотних – в межах (20...30) Гц. Низькочастотні амортизатори ізолюють апаратуру від вібрацій з частотами в межах (5...600) Гц, середньочастотні – в межах (15...600) Гц і високочастотні – в межах (35...2000) Гц.

Між амортизаторами, що ізолюють апаратуру від вібрації, і амортизаторами, що ізолюють апаратуру від ударів, є істотна відмінність. Якщо перші (м'які опори) призначено для ізолювання від перевантаження коливальної системи, забезпечивши їй власну частоту нижче за частоту вимушених коливань, то другі (жорсткі опори) ізолюють систему, забезпечивши їй власну частоту вище за частоту вимушених коливань. Тому, для ізолювання від вібрації в більшості випадків використовують середньочастотні амортизатори, тоді як для ізолювання від ударів використовують високочастотні амортизатори.



1 – фрагмент корпусу пристрою; 2 – обмежувальна шайба; 3 – калібрований отвір; 4 – гумовий фланець; 5 – пружина амортизатора; 6 – гумовий балон; 7 – корпус амортизатора; 8 – опорна пластина

Рисунок 2.2 - Амортизатор типу АД: а – зовнішній вигляд, б – переріз

Проте на АРІ можуть одночасно впливати і вібрації, і удари. У таких випадках за умов порівняно слабкої вібрації і частих ударів використовують протиударні амортизатори. Якщо ж переважають вібрації з поодинокими ударами, використовують віброізолювальні амортизатори. Необхідно відзначити, що апаратура, захищена від вібрації, порівняно легко сприймає одиночні удари, тоді як захищена від ударів – не витримує вібрації. Цим пояснюється використання для амортизації переважно віброізолювальних амортизаторів.

У приладах, що мають невелику кількість вузлів (блоків), що потребують захисту від вібрації і ударів, доцільно амортизувати тільки ці вузли. В особливо складних випадках виникає необхідність амортизувати одночасно і прилади, і встановлені в них вузли.

Основними параметрами амортизаційної системи є: частоти власних і вимушених коливань; максимальні амплітуди власних і вимушених коливань; жорсткість пружних опор; коефіцієнт демпфірування, коефіцієнт віброізоляції і коефіцієнт ефективності віброізоляції.

Амортизаційні пристрої для АРІ слід конструювати з урахуванням таких вимог:

- забезпечувати можливість швидкого демонтажу АРІ з місця установки;
- додаткові конструктивні елементи, обумовлені використанням амортизаторів, не повинні призводити до істотного збільшення габаритів та маси всього пристрою АРІ.

Амортизатори може бути закріплено безпосередньо до корпусу захищеного об'єкту, а може бути закріплено до спеціальної амортизаційної рами, на якій розміщують захищений об'єкт.

В окремих випадках на амортизаційну раму покладають додаткові функції, що не мають безпосереднього стосунку до амортизації, вона виконує функції коробки кабельних з'єднань (коли на одну амортизаційну раму встановлюють кілька невеликих блоків).

Для збільшення жорсткості амортизаційні рами роблять профільованими з тонкого листового матеріалу, отвори виконують розбортовуванням. Для зменшення ваги рами виготовляють з алюмінієвих сплавів типу АМц або Д-16. У деяких випадках застосовують листову холоднокатану сталь завтовшки 1...2 мм.

Застосування амортизаторів призводить до збільшення ваги і габаритів АРІ.

Для АРІ на супутниках і ракетах амортизатори не використовують, а стійкість до механічних впливів забезпечують механічною міцністю і жорсткістю

конструкції. Такий підхід обумовлено тим, що АРІ на таких об'єктах зазнає одночасної дії великих лінійних навантажень і вібрації, а за таких умов амортизатори нормально функціонувати не можуть.

Застосуванням амортизаторів можна зменшити перевантаження на АРІ, проте не можна нейтралізувати їх повністю, тому слід пам'ятати про перевантаження, які діятимуть і на амортизовану АРІ.

3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ

3.1 Забезпечення експлуатаційних вимог

Згідно з умовами ТЗ розроблений прилад є побутовою апаратурою і належать до 4 групи експлуатації, тобто апаратура працює в приміщеннях і на відкритому повітрі.

В конструкції даного пристрою застосовується стандартна ЕРЕ, з низькою інтенсивністю відмов, яка забезпечує надійну працездатність пристрою протягом гарантованого терміну служби при впливі на нього несприятливих кліматичних факторів.

Плату рекомендується виконати двобічну з одnobічним монтажем. У якості матеріалу плати для заданих умов експлуатації слід застосовувати склотекстоліт. З урахуванням невеликих потужностей та малої ваги рекомендується марка склотекстоліту СФ-2-35-1,0 з товщиною фольги 35 мкм та загальною товщиною 1,0 мм. Щоб уникнути коротких замикань друкованих провідників на платі використовується запас відстані в максимально навантажених місцях плати.

Корпус приладу рекомендується виконати у формі паралелепіпеда. Розмір виробу повинен бути порівнянний з його функціональним призначенням. Колір приладу сірий. Корпус виготовлений з алюмінієвого сплаву АМГЗ, закривається кришкою.

Конструкція забезпечує зручність користування.

Матеріал корпусу - сплав алюмінієвий АМГЗ, який запобігає виходу з ладу приладу при падінні з невеликої висоти. Кришка з'єднується з корпусом за допомогою нарізного сполучення на гвинтах. Форма друкованої плати прямокутна, кріплення здійснюється різьбовим з'єднанням на гвинтах. ЕРЕ кріпляться на платі за допомогою пайки.

3.2 Забезпечення технологічності

До основних конструкторських методів забезпечення технологічності відносяться:

- використання найпростішої й відпрацьованої у виробництві конструкторської ієрархії (базової конструкції);
- вибір розмірів та форми компонентів, деталей і вузлів конструкції з урахуванням економічно доцільних для заданих умов виробництва способів формоутворення;
- зменшення номенклатури використовуваних матеріалів і напівфабрикатів;
- застосування обґрунтованих сортаментів і марок матеріалів, що дозволяють знизити матеріалоємність виробу.
- зменшення застосування дефіцитних чи токсичних матеріалів, дорогоцінних металів;

Для корпусу приладу обрана конструкція з алюмінієвого сплаву типу АМГЗ, який володіє великим запасом міцності, для збереження цілісності ПУ і працездатності в разі ударів, падінь пристрою.

Конструкції вузлів спроектовані таким чином, що при знятті кришки є повний доступ до всіх елементів конструкції, це полегшує заміну елементів при виході їх з ладу. Це в свою чергу забезпечує високий рівень ремонтпридатності пристрою.

До оригінальних елементів конструкції відносяться плата, субплата, корпус, кришка. Плата виготовляється за допомогою комбінованого методу, за типовим технологічним процесом.

Для з'єднання деталей і складальних одиниць використовуються різьбове з'єднання. Різьбові з'єднання характеризуються високою надійністю і підвищеною трудомісткістю, але їх використання виправдане можливістю розбирання виробу, тобто підвищує його ремонтпридатність.

У приладі застосована стандартна елементна база. Це в свою чергу дає можливість застосовувати типові технологічні процеси по установці і пайку ЕРЕ.

Формування виводів і установка елементів є стандартною по ГОСТ 29-137-91. Кількість типорозмірів елементів зведено до мінімуму.

Завдяки тому, що елементи встановлюються на одній стороні плати, і як було сказано раніше, застосована стандартна елементна база, для установки і пайки ЕРЕ використовуються автоматизовані системи. Таким чином, можна використовувати групову пайку і установку елементів здійснювати шляхом використання спеціалізованих автоматів. Це в свою чергу зменшить витрати часу, фінансові та трудові ресурси на виробництво даного виробу при дрібносерійному типі виробництва.

3.3 Забезпечення естетики і ергономіки

З широким розвитком нової техніки виникла необхідність приведення у відповідність конструкцій виробів, їх виробництва і виконуваних ними функцій з трудовими характеристиками людини. Ці питання поєднує ергономіка - прикладна наука, що вивчає людину і її діяльність із метою оптимізації знарядь, умов і процесу праці.

Питаннями реалізації вимог ергономіки художніми засобами займається технічна естетика - наука, що вивчає соціально-культурні, технічні й естетичні проблеми, формування гармонічного предметного середовища, створюваного засобами виробництва.

Сучасна ергономіка в промисловості розглядає ряд проблем, пов'язаних із системою "людина-машина". Людина, машина й середовище розглядаються як складне функціональне ціле, у якому провідна роль належить людині.

Ергономічні показники конструкції поділяються на:

- гігієнічні (освітленість, вентиляємість, температура, напруженість електричних і магнітних полів, токсичність, шум, вібрації);

- антропометричні (відповідність конструкції виробу розмірам і формі тіла людини і його частин, що входять у контакт із виробом);
- фізіологічні й психофізіологічні (відповідність конструкції виробу силовим, швидкісним, зоровим можливостям людини);
- психологічні (відповідність конструкції виробу можливостям сприйняття й переробки інформації закріпленим і знову сформованим навичкам людини).

Ергономічні показники людини служать для оцінки узгодженості її можливостей з вимогами, обумовленими особливостями техніки. Людина виконує свої функції на робочому місці, під яким розуміється зона, оснащена технічними засобами. Робоче місце повинне бути пристосоване для конкретного виду праці і для працівників визначеної кваліфікації з урахуванням їх особливостей.

З усіх ергономічних показників найважливішими є психофізіологічні показники людини і їх домінуючий фактор - зір. Це обумовлене тим, що за допомогою зору людина одержує 30...90 % всієї інформації. Тому при проектуванні МРТС необхідно виконати ергономічний аналіз створюваної конструкції і переконатися в тому, що:

- вибір форми виробу й співвідношення розмірів його сторін, колірне рішення передньої панелі й корпуси забезпечують оптимальний режим роботи оператора;
- розташування приладів і органів керування забезпечує зручне положення людини при роботі;
- робоча площа знаходиться на зручній висоті з урахуванням робочого положення й відстані до очей;
- органи керування розміщені в межах досяжності з урахуванням положення тіла оператора при роботі;
- форма, розміри й матеріал органів керування відповідають прикладеному зусиллю, припустимому з погляду фізіології;

- конструкція забезпечує зручність обслуговування й ремонту МРТС (доступність, ступінь ризику, освітленість і т.і.);
- органи керування й індикації розміщені на оптимальній відстані в полі зору, розподіли шкал видні досить чітко, індикатори розташовані досить близько від відповідних органів керування;
- в однотипній апаратурі органи керування розташовані однаково і за їх положенням можна швидко визначити ситуацію (наприклад, ВКЛ/ВИКЛ);
- рука при переміщенні органа керування не закриває шкалу індикатора;
- режим роботи оператора допускає правильне чергування роботи й відпочинку, а також динамічних і статичних видів навантаження;
- існує відповідність між переміщенням органів керування і викликаними ними ефектами;
- органи керування й індикації розміщені в послідовності, що відповідає порядку виконання операцій;
- фізичне й психофізіологічне навантаження при роботі відповідає можливостям операторів (чоловіків, жінок, молодих і літніх працівників).

Корпус має просту форму - форму паралелепіпеда, з невеликими розмірами, що обумовлено функціональним призначенням пристрою - вимірювання кутів нахилу поверхонь, всі елементи конструкції гармонійно взаємопов'язані між собою, що забезпечує цілісність композиції. Дисплей і кнопки розміщені на верхній грані корпусу, для зручності управління функціоналом приладу.

Елемент живлення пристрою - гальванічна батарея типу «Крона», вбудована в корпус пристрою, не виступає за межі корпусу і займає спеціально відведене місце в корпусі для зручності заміни батареї при її розрядки.

На пристрої нанесені чіткі і не стираються умовні позначення.

Колір приладу сірий, тому що використовується в будівництві, це оптимальний колір. На ньому не так видно бруд.

3.4 Забезпечення вимог ремонтпридатності

Ремонтпридатність - це пристосованість виробу до виявлення, усунення й попередження відмов і до виконання ремонтів протягом заданого часу при повному забезпеченні ремонтними засобами і запасними частинами. Вона є складовою частиною надійності. Апаратура з високою ремонтпридатністю дозволяє проводити її ремонти найпростішими способами і з мінімальними витратами з боку обслуговуючого персоналу. Висока ремонтпридатність збільшує ступінь надійності апаратури, якщо час на ремонт буде менше, ніж це передбачено ймовірністю усунення відмовлення.

Ремонт апаратури під час експлуатації складається з двох видів - поточного і профілактичного.

Поточний ремонт проводиться при виявленні несправності, яку необхідно усунути для відновлення працездатності апаратури.

Профілактичний ремонт складається з ряду регламентних робіт, обсяг і терміни виконання яких заздалегідь передбачаються для даної апаратури. Такий вид ремонту включає заміну деяких деталей, термін служби яких минув, незалежно від їхнього фактичного стану, періодичне регулювання, підстроювання, чищення, змащення. Під час профілактичного ремонту усуваються усі помічені несправності. Профілактичний ремонт значною мірою попереджає поточний, а його якість дуже впливає на повторюваність і середню тривалість часу поточного ремонту. Цими двома видами ремонту й обумовлюється технічне обслуговування апаратури, задачею якого є забезпечення передбачених для апаратури умов експлуатації, усунення виявлених несправностей і попередження їхнього виникнення.

Фактори, що визначають ремонтпридатність

Ремонтпридатність визначається:

- засобами перевірки функціональних і параметричних величин системи;
- часом, необхідним для відшукування несправності й з'ясування її характеру;

- доступом до змінних вузлів із мінімальною витратою часу;
- взаємозамінністю вузлів і зручністю їхньої заміни;
- забезпеченістю й станом ремонтного інструмента й устаткування;
- укомплектованістю запасними частинами;
- умовами розміщення апаратури в апаратних приміщеннях.

Для доступу до всіх елементів конструкції досить зняти кришку з корпуса приладу. Більшість елементів встановлені на платі, легкодоступні, є необхідна стандартна маркування, індикатори та дисплей встановлені на корпусі. Всі ЕРЕ в даній конструкції стандартні, широко поширені, що спрощує пошук компонентів.

Як матеріал для виготовлення друкованих плат використовується фольгований двосторонній стеклотекстоліт, що дозволяє здійснювати більшу кількість перепайок, ніж гетинакс.

При виході з ладу одного з електрорадіоелементів, потрібно локалізувати і замінити що вийшов з ладу елемент. Після локалізації що стало непридатним елемента його заміна здійснюється вручну шляхом випоювання і установки нового.

Всі елементи кріплення, застосовані в виробі, широко поширені, що виключає необхідність в нестандартному обслуговуючому інструменті.

Всі елементи змонтовані на одній платі, крім акселерометра через дуже малу відстань між сусідніми висновками, що спрощує доступ до них.

Датчик кута нахилу приклеєний до субплате, яка припаюється до основної плати за допомогою пелюсток, датчик акселерометр закріплений на субплате клеєм.

3.5 Забезпечення конструкторських вимог

Дотримані зазори між компонентами.

Діаметр отворів під виводами компонентів в залежності від діаметра вивода рівні: $d_{\text{в}} = d_{\text{отв}} + 4 \text{ мм}$

Всі полярні компоненти зорієнтовані однаково. Всі пасивні компоненти одного типу по можливості згруповані.

На плату нанесено маркування графічних і позиційних позначень компонентів. Графічні позначення компонентів відображають полярність і орієнтацію компонентів на платі.

Передбачено місце для нанесення номера і дати виготовлення плати. Маркування на платі виконується трафаретним друком. Трафаретний друк розташовується тільки по областям плати, покритим захисною маскою.

4 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ

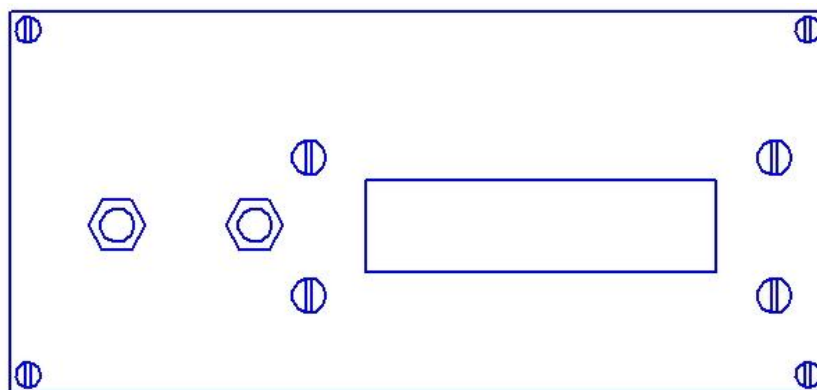
Пошук варіантів конструкції виробу роблять, відштовхуючись від аналога (аналогів) та рухаючись в напрямку їх доопрацювання і поліпшення з тим, щоб забезпечити виконання поставленого завдання. Крім аналогів, що застосовуються в зазначеному вище сенсі, широко використовують приватні аналоги - апробовані конструкції різних структурних рівнів, які не є закінченими виробами. Слід чітко уявляти собі, що використання аналога не тільки полегшує працю конструктора, а й забезпечує також спадкоємність і підвищує обсяг вживаності з усіма наслідками, що впливають звідси перевагами.

Опрацювання варіанту конструкторського рішення виробу включає вибір типу конструкції виробу, вибір типу несучої конструкції (НК), вибір і обґрунтування засобів забезпечення надійності та малогабаритності, вибір і обґрунтування засобів захисту від зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів, електромагнітної сумісності. При цьому повинні бути розглянуті і забезпечені вимоги ТЗ за технологічними показниками, ергономіки та технічної естетики і техніці безпеки. Глибина опрацювання повинна бути достатньою для зіставлення аналізованих варіантів.

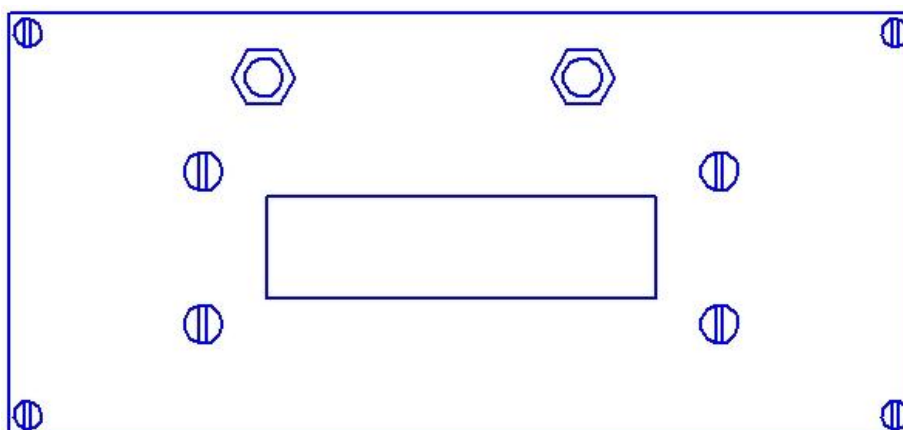
В процесі розробки рівня електронного було досліджено 2 типу корпусів, які показані на рис. 4.1 а, б.

При виборі конструкції необхідно прагнути до компактності, зручності експлуатації та презентабельному увазі приладу.

Варіант виконання корпусу виробу представлений на рисунку 4.1а має не дуже вдалу конструкцію. Оскільки кнопки знаходяться на близькій відстані один від одного, що не задовольняє ергономічним вимогам, дисплей розташований не по центру, що також негативно позначається на ергономічних властивості рівня електронного. Таким чином погіршується естетичний вигляд приладу і погіршується електромонтаж, так як дисплей бажано розташовувати ближче до місця з'єднання з платою.



а)



б)

Рисунок 4.1 - Типи конструкцій корпусів рівня електронного

Варіант виконання корпусу виробу представлений на рисунку 4.1б. В даному випадку обсяг заповнюється оптимально і є нормальний доступ до кріплення проводів, прилад встановлюється на рівну поверхню, кути нахилу якої прилад вимірює. Кнопки рознесені на оптимальну відстань для зручності керування приладом. Дисплей розташований по центру кришки приладу.

В результаті аналізу конструкцій корпусу була обрана остання конструкція (рисунок 4.1б), оскільки вона має ряд переваг перед іншою конструкцією, описаної вище. Прилад скомпонований таким чином, що забезпечується відмінна ремонтпридатність приладу завдяки легкоз'ємній кришці, а також форма корпусу відповідає всім вимогам ергономіки та естетики.

5 ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

5.1 Класифікація друкованих плат за методом виготовлення

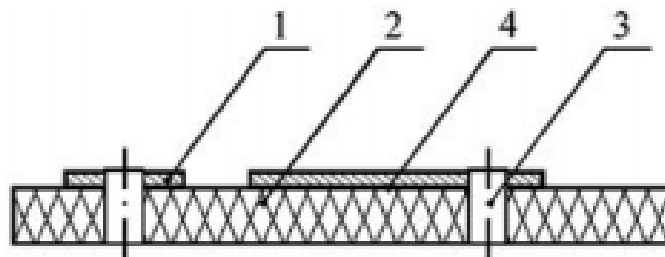
5.1.1 Особливості конструкцій друкованих плат, які виготовляють хімічним методом

Суть методу полягає у виготовленні плат шляхом травлення фольгованого діелектрика без подальшої металізації. Елементи конструкції такої плати наведено на рис. 5.1.

Монтажні отвори слід виконувати без зенкувань. Допускають зенкування монтажних отворів з боку розташування елементів, що мають виводи штиркового типу. Інші отвори можуть мати зенкування з двох боків.

Діаметр монтажних отворів, в які ставлять заклепки діаметром $d_{\text{закл}}$, слід вибирати з умови $d = d_{\text{закл}} + 0,1 \text{ мм}$.

Контактну площинку можна зменшити з одного або з двох боків до величини b (ширина контактної площинки у вузькому місці), наведеної у табл. 5.1.



1 – контактна площинка, 2 – діелектрична основа плати, 3 – монтажний отвір, 4 – провідник, що переходить в контактну площинку

Рисунок 5.1. Конструкція односторонньої друкованої плати

У разі зменшення контактної площинки з однією або з двох сторін до 0,2 мм (плати класу А) площа частини контактної площинки, що залишилася, без урахування площі отвору повинна складати $2 \dots 4 \text{ мм}^2$ (і більше).

Таблиця 5.1. Ширина контактної площинки у вузькому місці, мм

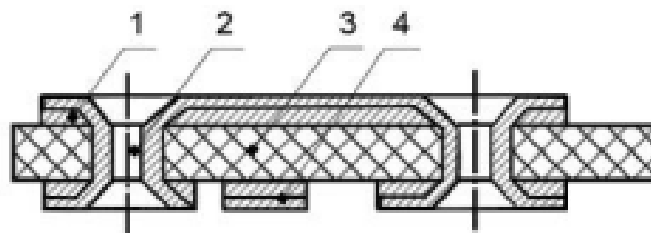
Клас	t	S	S ₀	K	C ₁	C ₂	b
А	0.50	0.60	0.50	0.15	-	0.62	0.80
Б	0.30	0.30	0.30(0.20)*	0.10	0.40	0.60	0.15

5.1.2 Особливості конструкцій плат, що виготовляють комбінованим методом

Суть комбінованого методу (позитивного або негативного) полягає в у травленні фольгованого діелектрика з подальшою металізацією отворів. Конструкцію такої плати наведено на рис. 5.2.

Металізовані отвори роблять як із зенкуванням, так і без зенкування. За наявності зенкування отворів допускають:

- для позитивного методу – зменшення контактної площинки до зенкування з одного або з обох боків;
- для негативного методу – зменшення контактної площинки до 0,15 мм, відраховуючи від краю зенкування.



- 1 – контактна площинка, яка переходить у провідник; 2 металізований отвір; 3 – основа плати; 4 – провідник

Рисунок 5.2. Конструкція друкованої плати виготовленої комбінованим методом

За відсутності зенкування для позитивного і негативного методів можливе зменшення контактної площинки до величин b .

Отвори без зенкування слід робити за узгодженням з відділом головного технолога підприємства-виробника. Параметри елементів плати наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2. Геометричні параметри елементів друкованої плати для комбінованого методу, мм

Клас	t	s	S0	K	C1	C2	B
А	0.60	0.60	0.50	0.20	-	0.70(0.60)*	0.30
Б	0.30	0.40	0.30	0.10	0.40	0.70(0.60)*	0.15

5.1.3 Особливості конструкцій багатошарових друкованих плат

Залежно від особливостей конструкції багатошарових плат виділяють кілька різновидів друкованих плат:

- багатошарові друковані плати без наскрізних отворів;
- багатошарові друковані плати з наскрізними отворами;
- багатошарові друковані плати на металевій підкладці тільки з наскрізними отворами;
- багатошарові друковані плати на металевій підкладці з не наскрізними отворами;

У процесі конструювання багатошарових друкованих плат застосовують міжнародні терміни та позначення, найбільш поширені з яких наведено нижче.

- ADHESIVE (адгезив) – клей;
- BGA – (Ball Grid Array) – корпус мікросхеми, у якого виводами електричних з'єднань є кульки (або стовпчики) з припою, розташовані на нижній поверхні корпусу. Корпус призначено для поверхневого монтажу;

- CHIP COMPONENT – загальний термін, який застосовують для позначення будь-якого компонента з двома виводами, призначеного для поверхневого монтажу (в основному пасивних SMT компонентів – резисторів, конденсаторів, діодів, індуктивностей). Також використовують для позначення окремих мікросхем для поверхневого монтажу;
- COB – (Chip On Board) – загальний термін, який застосовують для позначення безкорпусного компонента (кремнієвого кристалу), який монтують безпосередньо на друковану плату;
- CSP – (Chip Scale Package) – корпус елемента, загальні розміри якого перевищують розмір кремнієвої підкладки не більше ніж на 20% ;
- DIP – (Dual Inline Package) – корпус елемента з двома рядами виводів, призначений для монтажу в наскрізні отвори в друкованій платі;
- FLIP CHIP – технологія монтажу безкорпусних компонентів (COB), за якою кремнієву підкладку «перевертають» і встановлюють безпосередньо на друковану плату (без використання технології Wire Bonding);
- FPT – (Fine Pitch Technology) – технологія монтажу компонентів з малим кроком виводів;
- PLCC – (Plastic Leaded Chip Carrier) – корпус елемента прямокутний або квадратний за формою з виводами з усіх чотирьох боків. Крок виводів зазвичай 1,27 мм, тобто цей корпус не є корпусом типу Fine pitch. Корпус призначено для поверхневого монтажу;
- SMT – (Surface Mount Technology) – технологія поверхневого монтажу;
- SOIC – (Small Outline Integrated Circuit) – корпус елемента з двома рядами виводів. Корпус призначено для поверхневого монтажу;
- SOLDER PASTE – паяльна паста;
- TAB – (Tape Automated Bonding) – процес монтажу безкорпусних елементів безпосередньо на поверхню друкованої плати. Монтаж здійснюють із застосуванням тонкої провідникової рамки. За цієї

технології елементи спочатку розташовують на полімерній (майларовій) стрічці;

- THT – (Trough Hole Technology) – технологія монтажу DIP мікросхем;
- UFPT – (Ultra Fine Pitch Technology) – технологія монтажу мікросхем з дуже малим кроком виводів (менше 0,5 мм);
- WIRE BONDING – метод електричного з’єднання кремнієвої підкладки з контактними площинками на друкованій платі з використанням тонкого (0,025...0,05 мм) золотого або алюмінієвого дроту;

5.2 Класифікація друкованих плат за іншими класифікаційними ознаками

Рівень виробництва друкованих плат визначають складністю конструкції друкованої плати й відповідно до міжнародної класифікації поділяють на:

- A – малої складності;
- B – середньої складності (стандартна технологія);
- C – великої складності.

На складність плати багато в чому впливають особливості фізичної реалізації електронних компонентів, які необхідно на ній змонтувати. Основні корпуси сучасних активних електронних компонентів наведено на рис. 5.3.

У складі сучасної радіоелектронної апаратури пасивні електронні компоненти становлять трохи більше 2% за вартістю, але приблизно 70% за кількістю (а в деяких пристроях – до 90...95%).

За класифікацією Європейської асоціації промисловості пасивних компонентів (European Passive Components Industry Association – EPCIA) до пасивних електронних компонентів (ПЕК) віднесено:

- конденсатори;
- резистори;
- варистори;
- терморезистори і датчики;
- котушки індуктивності, дроселі та трансформатори;

- фільтри електромагнітних завад (протизавадні фільтри);
- високочастотні фільтри (на поверхнево-активних хвилях або мікрохвильовій кераміці).

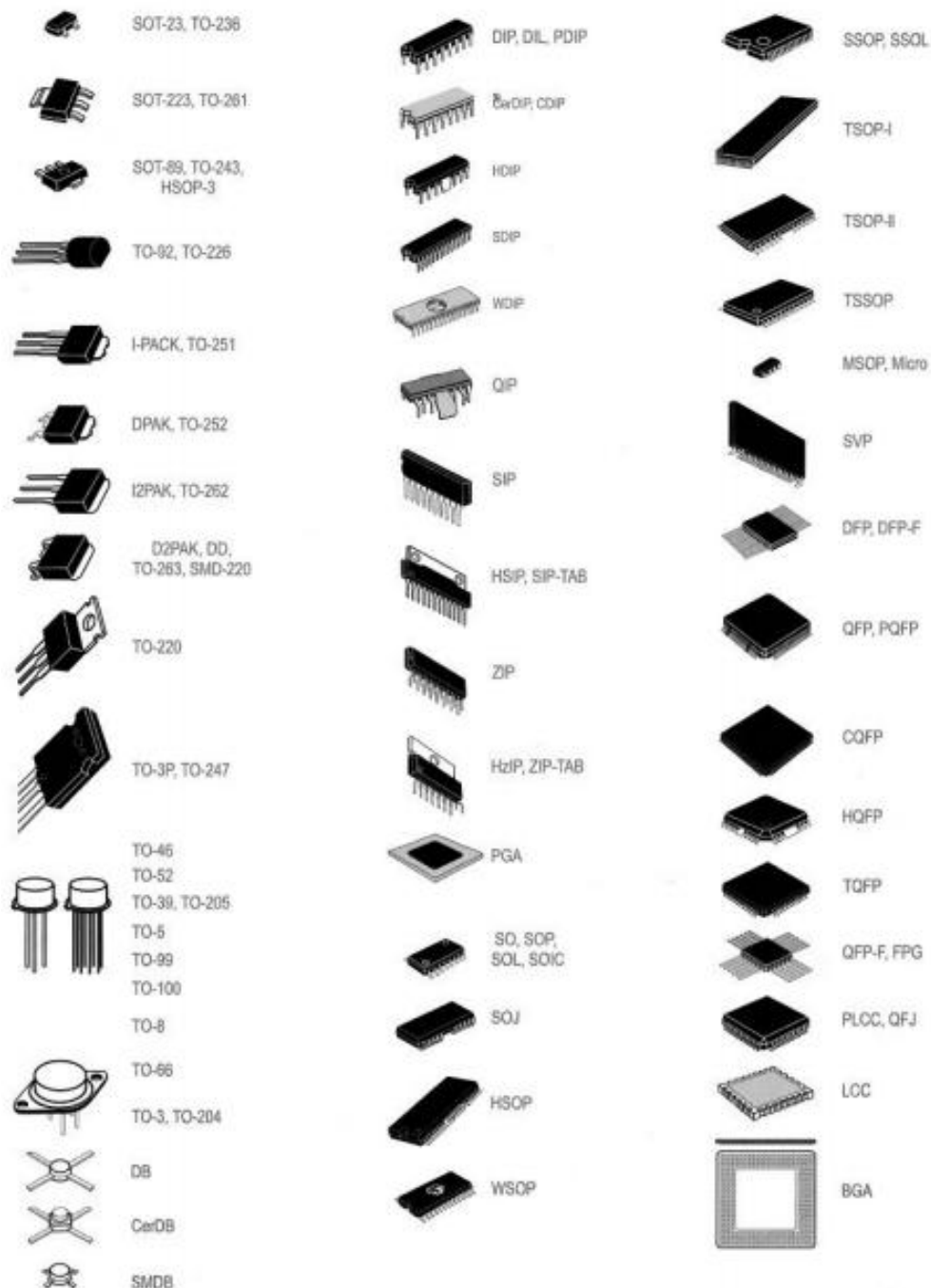


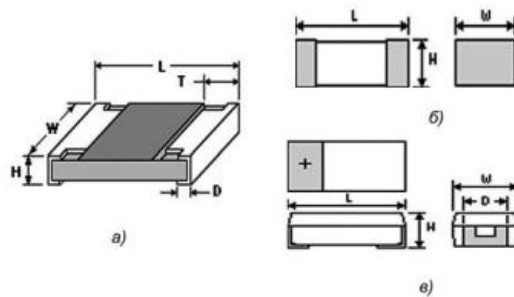
Рисунок 5.3. Корпуси сучасних активних електронних компонентів

До ПЕК належать також п'єзоелектричні компоненти, електронні з'єднувачі, реле, перемикачі. Проте частіше ці комплектуючі виокремлюють в окрему групу електромеханічних компонентів.

Геометричні параметри найбільш поширених пасивних електронних компонентів для поверхневого монтажу наведено на рис. 5.4.

Позначення корпусів резисторів для поверхневого монтажу та значення геометричних величин наведено в табл. 5.3.

Мініатюризація РЕА примушує виробників ПЕК налагоджувати виготовлення все менших за розмірами компонентів і зміщує структуру попиту на чіп-компоненти в бік малих розмірів. Зокрема, на тепер серед керамічних чіп-конденсаторів найбільш широко застосовують елементи типорозмірів 0201 (0,6x0,3 мм), 0402 (1x0,5 мм) і 0603 (1,6x0,8 мм). Серед танталових чіп-конденсаторів попит швидше зростає на конденсатори типорозмірів 0603 і 0805 (коди J і P), серед чіп-резисторів – 0201 і 0402.



а – резистор, б – керамічний конденсатор, в – танталовий конденсатор

Рисунок 5.4. Найбільш поширені пасивні компоненти для поверхневого монтажу

Таблиця 5.3. Типорозміри резисторів для поверхневого монтажу

Типорозмір EPCIA	Типорозмір метричний	L(мм)	W(мм)	H(мм)	D(мм)	T(мм)
0402	1005	1,0±0,1	0,5±0,05	0,35±0,05	0,25±0,1	0,2± 0,25
0603	1608	1,6± 0,1	0,85±0,1	0,45±0,05	0,3 ±0,2	0,30± ,25
0805	2012	2,1±0,1	1,3±0,1	0,5± 0,05	0,4± 0,2	0,4±0,25
1206	3216	3,1±0,1	1,6±0,1	0,55± ,05	0,5± 0,25	0,5± 0,25
1210	3225	3,1± 0,1	2,6±0,1	0,55±0,05	0,4± 0,2	0,5±0,25
2010	5025	5,0± 0,1	2,5± 0,1	0,55±0,05	0,4± 0,2	0,6±0,25
2512	6332	6,35±0,1	3,2±0,1	0,55±0,05	0,4± 0,2	0,6±0,25

Розпочато серійне виготовлення дуже малих керамічних конденсаторів і резисторів типорозміром 01005 (0,4x0,2 мм), які, наприклад, встановлюють в проміжку між выводами мікросхеми з кроком 0,5 мм із зазорами між ламелями і чіп-компонентом 15 мкм. Зараз виробники вивчають питання про можливість використання ще менших мініатюрних компонентів – 0,24x0,12 мм.

Геометричні розміри найбільш уживаних керамічних та танталових конденсаторів наведено у табл. 5.4 та 5.5 відповідно.

Монтаж електронних компонентів на друкованій платі у більшості випадків здійснюють з одного боку плати. Проте, у сучасних електронних пристроях для зменшення габаритів і забезпечення нормального функціонування електронних вузлів часто доводиться розташовувати електронні компоненти з обох боків, рис. 5.5. Для того, щоб забезпечити таку можливість, треба друковану плату сконструювати відповідним чином.

Таблиця 5.4. Типорозміри керамічних конденсаторів для поверхневого монтажу

Типорозмір EIA	Типорозмір метричний	L(мм)	W(мм)	H(мм)
0402	1005	1,0	0,5	0,55
0603	1608	1,6	0,8	0,9
0805	2012	2,0	1,25	1,3
1206	3216	3,2	1,6	1,5
1210	3225	3,2	2,5	1,7
1812	4532	4,5	3,2	1,7
1825	4564	4,5	6,4	1,7
2220	5650	5,6	5,0	1,8
2225	5664	5,6	6,3	2,0

Таблиця 5.5. Типорозміри танталових конденсаторів для поверхневого монтажу

Типорозмір	Типорозмір метричний	L(мм)	W(мм)	H(мм)	D(мм)
A	3216	3,2	1,6	1,6	1,2
B	3528	3,5	2,8	1,9	2,2
C	6032	6,0	3,2	2,5	2,2
D	7343	7,3	4,3	2,9	2,4
E	7343H	7,3	4,3	4,1	2,4

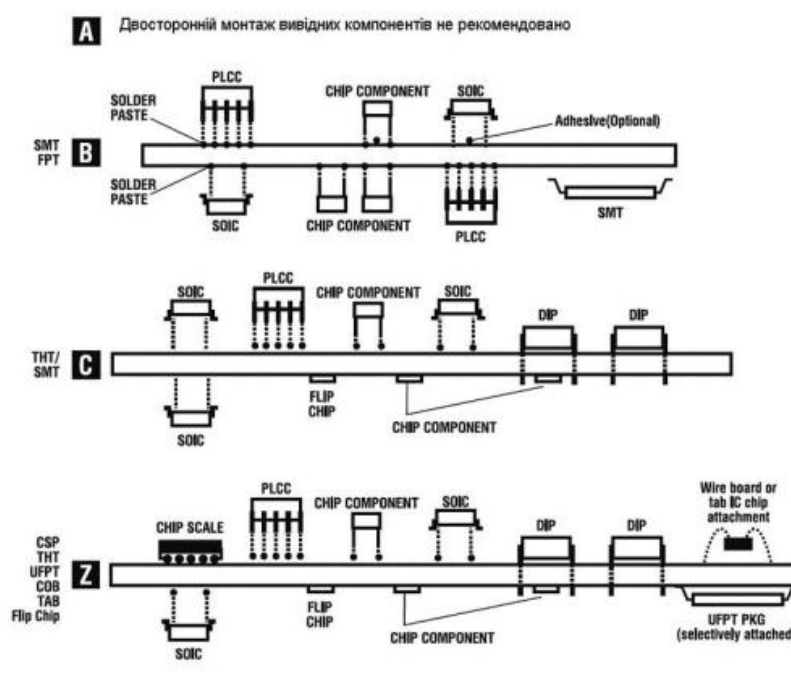


Рисунок 5.5. Приклади класів плат за складністю монтажу

За складністю монтажу плати поділяють на кілька класів:

- A – друковані плати призначені тільки для монтажу компонентів з виводами для монтажу;
- B – друковані плати призначені тільки для монтажу SMD компонентів;
- C – друковані плати призначені для монтажу електронних компонентів двох попередніх класів (найпростіший монтаж);

X – друковані плати призначені для монтажу електронних компонентів попередніх класів та нових груп (складний монтаж із застосуванням технологій TH, SM, fi ne pitch та BGA);

Y – друковані плати призначені для монтажу електронних компонентів попередніх класів та нових груп (складний монтаж із застосуванням вивідних компонентів, SMD компонентів, ultrafi ne pitch та CSP);

Z – друковані плати призначені для монтажу електронних компонентів попередніх класів та нових груп (складний монтаж із застосуванням вивідних компонентів, SMD компонентів, ultrafi ne pitch, COB, fl ip-chip та TAB).

Друковані плати (а також комплектація, технологія складання електронних блоків, їх ремонт тощо) може бути віднесено до одного з трьох класів виробів:

1 клас. Електронні вироби загального призначення (побутова електроніка). До цього класу віднесено товари широкого вжитку, деякі комп'ютери та комп'ютерну периферію. У друкованих платах, призначених для цього класу виробів, незначні недосконалості не грають великої ролі, і головною вимогою є нормальне функціонування кінцевого електронного блоку.

2 клас. Спеціалізовані електронні вироби (промислова електроніка).

До цього класу належить телекомунікаційне обладнання, складні промислові комп'ютери та інструменти, де потрібні високі експлуатаційні характеристики і тривалий термін використання. У цих пристроях безперебійна робота бажана, але не обов'язкова. Певні косметичні недосконалості допустимі.

3 клас. Електронні вироби високої надійності (спецтехніка). До цього класу віднесено обладнання, для якого безперебійна робота є вирішальною. Вимушена зупинка обладнання є неприпустимою, воно має функціонувати весь час, коли потрібно. Наприклад, це системи підтримки життєзабезпечення або система контролю за польотами. У цьому класі необхідно забезпечити високий рівень надійності, безперебійне функціонування, експлуатаційні вимоги є дуже жорсткими.

5.3 Конструкторські вимоги до друкованих плат

До друкованих плат з наявністю поверхневого монтажу висувають такі вимоги:

- висота компонентів не повинна перевищувати - 7 мм .;
- в шарі металізації при трасуванні провідників потрібно уникати гострих кутів;
- звернути увагу на необхідність забороненої зони навколо кріпильних отворів;
- діаметри отворів для компонентів з виводами в залежності від діаметра отворів дорівнює: $d_v = d_{отв} + (2 \div 4) \text{мм}$
- діаметри отворів на кресленні вказуються з урахуванням товщини металізації;
- відстань від краю не металізованого отвору до контактної площадки або провідника має бути не менше 0.5 мм;
- полярні компоненти бажано орієнтувати однаково;
- все пасивні компоненти одного типу по можливості групувати;

Конструкторські рекомендації щодо виконання маркування плати включають:

- на плату наноситься маркування графічних і позиційних позначень компонентів (графічні позначення компонентів повинні відображати полярність і орієнтацію компонентів на платі);
- маркується позначення плати, версії, позначення підприємства-виробника та його адресу;
- передбачається місце для нанесення номера і дати виготовлення плати;
- маркування на платі виконується трафаретним друком або в шарі провідників;
- трафаретний друк бажано розташовувати тільки по областям плати, покритим захисною маскою.

6 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ

Пристрій в зборі має форму прямокутника з розмірами 142x66x32мм.

Прилад складається з корпусу і кришки. Корпус і кришка виготовлені з алюмінієвого сплаву АМГЗ, які з'єднуються між собою за допомогою гвинтів

На вигляді знизу показано: кришка корпусу кріпиться до корпусу гвинтами поз. 5 в 4 місцях, ПУ кріпиться до корпусу різьбових з'єднань в 4 місцях за допомогою гвинтів з шайбами поз. 3,4,6

Кнопки поз. 9 вставляється в кришку поз.2 і утримується за допомогою власного кріплення на гайці. Кнопки підписані.

Дисплей поз. 8 має форму паралелепіпеда з розмірами 61x16x10мм. І кріпиться до кришки різьбових з'єднань за допомогою власного кріплення на гвинтах, крона поз. 7 вставляється у відсік корпусу і притискається кришкою, при складанні пристрою, в разі необхідності кришка знімається і крона легко замінюється на нову, за допомогою роз'єму поз 10.

Ескізи пристрою рівня електронного показані на рис. 6.1 - 6.3.

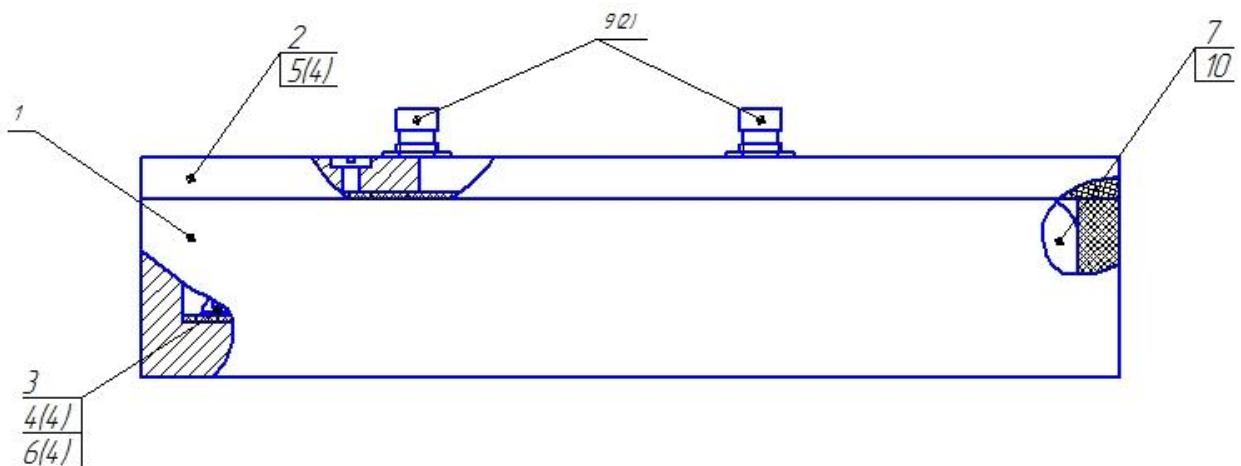
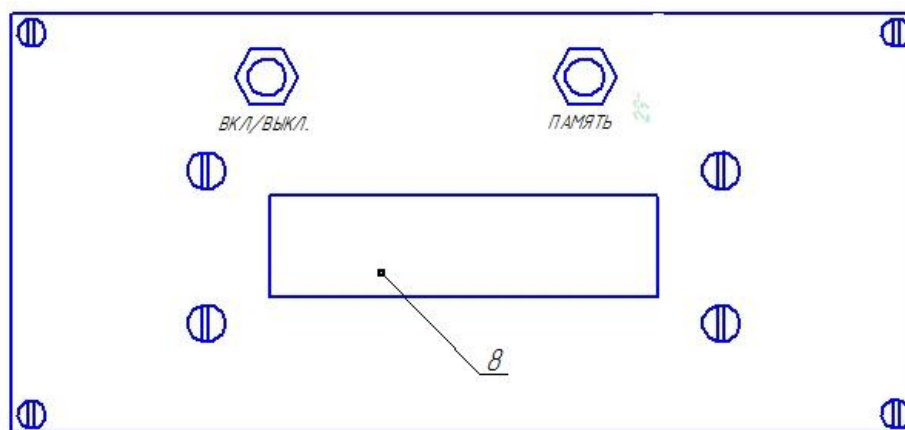


Рисунок 6.10 - Вид знизу

1 Корпус, 2 - кришка, 3 - Друкований вузол, 4 - Гвинти, 5 Гвинти

6 - Шайби, 7 - Крона 9 - Кнопки, 10 - Роз'єм для крони.



8- Дисплей

Рисунок 6.2 - Вид сверху

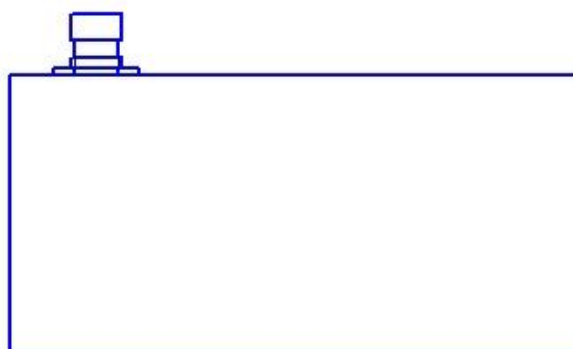


Рисунок 6.3 - Ліва частина

7 КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРАХУНКИ

7.1 Розрахунок надійності

Розрахунок надійності проводиться з метою з'ясувати, чи достатня час зможе працювати пристрій без поточного або профілактичного ремонту. Виходячи з результатів розрахунку надійності, можна обчислити приблизну тривалість роботи, наприклад, в роках, що буде також підставою для призначення гарантійного терміну експлуатації. Зазвичай виробник дає гарантію на термін, який менше розрахункового. Це обумовлено тим, що виробник намагається уникнути гарантійного обслуговування, а значить і великих витрат на утримання сервісних відділів. Крім того, розрахунок надійності може показати, що прилад абсолютно не готовий до запуску у виробництво в зв'язку з дуже коротким середнім терміном експлуатації. При цьому у виробника виникає необхідність створювати об'ємні пакети ЗІП до кожного пристрою, містити велику кількість сервісних центрів по ремонту і т.д. складності, що призводять до різкого зростання вартості виробів. У цьому випадку застосовуються різні заходи по по-підвищенню надійності: застосування більш досконалої елементної бази, заміна деяких схемотехнічних рішень для виключення найменш надійних елементів, передбачається експлуатація у сприятливих режимах і ін.

Методика розрахунку полягає в тому щоб, знаючи інтенсивність відмови кожного конкретного елемента, визначити загальну інтенсивність відмови у всьому пристрої.

Інтенсивність відмови у всьому пристрої обчислюється за формулою 7.1.

$$\lambda = k * \sum_{i=1}^m \lambda_{oi} * n_i \quad (7.1)$$

де k - поправочний коефіцієнт;

m - число груп елементів;

n_i - число i -х елементів;

λ_{oi} - інтенсивність відмови і-го елемента.

Потім проводиться розрахунок середнього часу на одну відмову T , за формулою (7.2).

$$T = \frac{1}{\lambda} \quad (7.2)$$

Розрахункові дані і результати розрахунку заносяться в таблицю 7.1.

Далі виробляємо розрахунок ймовірності безвідмовної роботи системи за час.

$$P(t) = e^{-\gamma t} \quad (7.3)$$

де $t=0 \dots T$

За результатами розрахунку будемо графік (рисунок 7.1)

Таблиця 7.1-Результати розрахунку надійності.

Елемент	Позначення	Кіл, n	λ_i , 1/год	$\lambda_i \cdot n$, 10^{-6} 1/год
1	2	3	4	5
Акселерометр SMB380	B1	1	0,02E-06	0,02
Мікроконтроллер PIC16F876A	DD1	1	0,02E-06	0,02
Конденсатори	C1 ,C2	2	0,17E-06	0,34
Конденсатори	C3	1	0,02E-06	0,02
Дисплей WEN001602D	HG1	1	2,88E-06	0,88
Стабілізатор KP1158EH12B	DA1	1	1,03E-06	0,03
Стабілізатор L7805ABV-DG	DA2	1	1,03E-06	0,03
Резистори	R1- R4	4	0,02E-06	0,16
Резистор	R5	1	1,18E-06	0,18
Кнопки SPA-106	SB1,SB2	2	0,16E-06	0,32
Транзистор KT361B	VT1- VT3	3	0,54E-06	0,12
Інтенсивність відмов, λ	2,12E-06			
Напрацювання на відмову, T, год	471698			
Термін роботи , років	54			

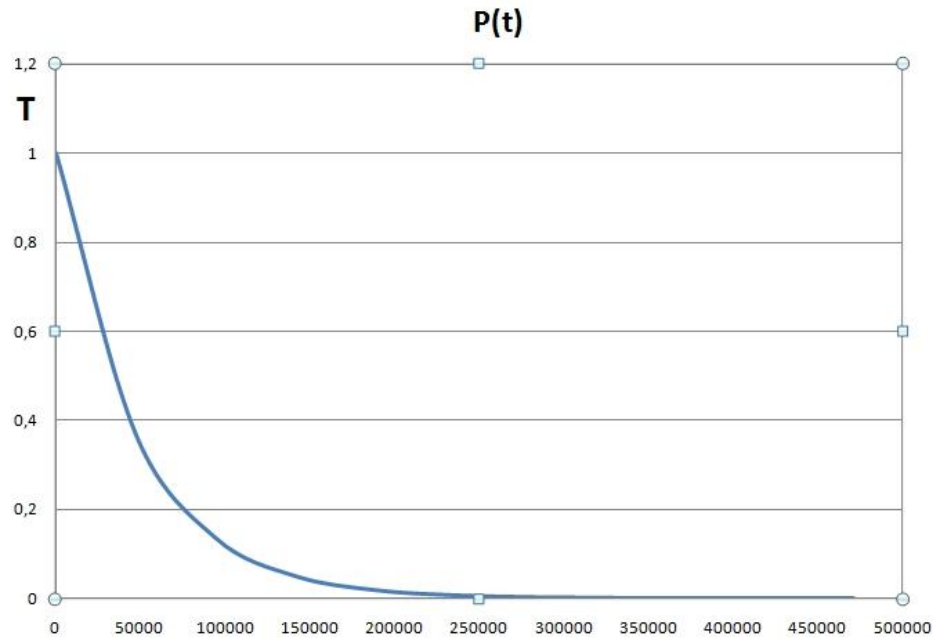


Рисунок 7.1- Графік ймовірності безвідмовної роботи системи за час

Виходячи з розрахованого значення напрацювання на відмову можна дати рекомендації щодо гарантійного терміну виробу тривалістю не менш ніж 10 років.

7.2 Розрахунок коефіцієнта заповнення плати

Коефіцієнт заповнення плати визначається за формулою:

$$K_{zn} = \frac{S_{эф}}{S_{общ}}$$

де $S_{эф}$ - ефективна площа плати, мм;

$S_{заг}$ - загальна площа плати, мм.

Загальна площа плати визначається геометричними розмірами плати.

$$S_{заг} = 1000 * 50 = 5000 \text{ мм}$$

Ефективна площа плати визначається за формулою:

$$S_{эф} = \sum_{i=1}^n S_i K_i + S_{техн}$$

де S_i - площа і-го елемента, мм;

K_i - кількість елементів одного типорозміру;

n - кількість груп типорозмірів елементів;

$S_{техн}$ - площа технологічних полів плати (площа необхідна для закріплення плати), мм.

Елементи одного типорозміру - елементи з однаковими габаритними і установочними розмірами, і встановлені по одному варіанту.

Площа технічних полів включає в себе площі ділянок плати, які використовувані для її закріплення.

$$S_{техн} = 3(a + \frac{d}{2} + 0,5)(b + \frac{d}{2} + 0,5)$$

де a, b - відстань від країв плати до центру кріпильного отвори, мм;

d - максимальний діаметр кріплення, мм.

$$K_{зп} = \frac{252 + 320 + 440 + 504 + 165 + 210 + 920 + 450 + 63}{5000} = 0,66$$

Перевіряємо необхідна умова. Якщо $K_{зп} \geq (0,6...0,7)$, то плата скомпонована вдало. При $K_{зп} < (0,6...0,7)$ необхідно змінити вигляд для більш ефективного використання площі. Для плат з великою кількістю мікросхем $K_{зп} \geq (0,25...0,3)$. Коефіцієнт заповнення дорівнює 0,66.

Дане значення коефіцієнта заповнення є достатнім, тому плата скомпонована вдало.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломного проекту була розроблена конструкція рівня електронного, який застосовується для визначення кутів нахилу поверхні, на яку він встановлений, відносно горизонтальної площини.

При цьому був врахований ряд технічних вимоги, які визначаються умовами виробництва та експлуатації.

При розробці пристрою були знайдені переваги і недоліки, проаналізувавши які, можна зробити висновок, що даний пристрій відповідає вимогам, що пред'являються до нього, буде користуватися попитом і може бути запущено у виробництво.

Для підтвердження деяких конструкторських рішень було виконано розрахунок коефіцієнта заповнення друкованої плати.

Розрахунок коефіцієнта заповнення друкованої плати склав 0,66.

У дипломному проекті також був розроблений комплект конструкторської документації який включає наступні креслення: схема електрична принципова, перелік елементів детальне креслення друкованої плати, складальне креслення друкованої плати, специфікація на друковану плату.

Конструкторська документація виконана відповідно до вимог стандартів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1 ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ГОСТ 2.104-2006, IDT) [Текст]. – Чинний від 2007–01–01. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 23 с.

2 ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів (ГОСТ 2.307-2011, IDT) [Текст]. – Чинний від 2014–01–01. – К.: Держспоживстандарт України, 2014. – 42 с.

3 ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 Єдина система конструкторської документації. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь [Текст]. – Чинний від 2014–01–01. – К.: Держспоживстандарт України, 2014. – 30 с.

4 ДСТУ ГОСТ 2.702:2013 Єдина система конструкторської документації. правила виконання електричних схем (ГОСТ 2.702-2011, IDT) [Текст]. – Чинний від 2013–01–01. – К.: Держспоживстандарт України, 2013. – 30 с.

5 ДСТУ 8216:2015. Вироби електронної техніки. Класифікація за умовами застосування та вимоги стійкості до зовнішніх впливових чинників [Текст]. – Чинний від 2017–01–04. – К.: Держспоживстандарт України, 2017. – 11 с.

6 ГОСТ 11478-88 Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Технические требования и методы испытаний в части механических и климатических воздействий [Текст]. – Взамен ГОСТ 11478-83; введ. 1990-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 44 с.

7 ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Текст]. – Введ. 1971-01-01. – М.: Стандартиформ, 2006. – 60 с.

8 Конструювання та технологія виробництва техніки реєстрації інформації: У 3-х кн. Кн. 2. Основи конструювання [Текст]: навчальний

посібник / [Є.М. Травніков, В.С. Лазебний, Г.Г. Власюк та ін.]; за загальною редакцією В.С. Лазебного. – К.: «КАФЕДРА», 2015. – 285 с.: іл.

9 Ганжа, С.М. Основи конструювання електронних засобів [Текст]: підручник / С.М. Ганжа. – Луганськ.: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2011. – 491 с.

10 Матвійків, М.Д. Елементи та компоненти електронних пристроїв [Текст]: підручник / М.Д. Матвійків, Б.С. Вус, О.М. Матвійків. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. - 496 с.

11 Електронні компоненти для друкованого монтажу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.smd.com/>

12 Конструювання друкованих печатних плат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7072167/page:5/>

13 Конспект лекцій з дисципліни "Основи проектування електронної апаратури" для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки») усіх форм навчання / Уклад.: Поспеева І.Є., Фурманова Н.І., – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 78 с.

14 Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Основи проектування електронної апаратури" частина 1, для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки») усіх форм навчання/ Уклад.: Поспеева І.Є., Фурманова Н.І., Щурова Л.С. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 34 с.

15 Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Основи проектування електронної апаратури" частина 2, для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки») усіх форм навчання/ Уклад.: Поспеева І.Є. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 46 с.

Додаток А

ПРЕЗЕНТАЦІЯ ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Презентація до дипломного проекту на тему:
**Розробка конструкції електронного рівня
на основі мікроконтролера PIC16F876A**

Виконав:
студент групи РТ-118сп

М.І. Касілов

Керівник
ст. викладач.

І. Є. Поспеева

Рисунок А.1 - Титульна сторінка

Розвиток мікроелектроніки та широке застосування її виробів в промисловому виробництві, в пристроях і системах управління найрізноманітнішими об'єктами і процесами є в даний час одним з основних напрямків науково-технічного прогресу. Розробка радіоелектронних пристроїв переходить на новий, більш високий рівень.

Рисунок А.2 - Вступ

Об'єкт розробки, мета роботи

Об'єкт розробки - комплект конструкторської документації для конструювання пристрою рівня електронного на основі мікроконтролера PIC16F876A.

Мета роботи - розробити комплект конструкторської документації для виготовлення пристрою рівня електронного на основі мікроконтролера, відповідного 4 групі експлуатації за ДСТУ 11478-88 для дрібносерійного типу виробництва. Набути навичок з конструювання радіоелектронних пристроїв, і вибору конструктивних рішень. Прилад повинен відповідати високим вимогам технологічності, ергономіки.

Рисунок А.3 - Мета дипломного проекту

ПРИЗНАЧЕННЯ РОБОТИ РІВНЯ ЕЛЕКТРОННОГО

Призначення запропонованого пристрою таке ж, як у звичайного будівельного рівня - визначення кутів нахилу поверхні, на яку він встановлений, відносно горизонтальної площини. Прилад містить невелику кількість деталей, живиться від гальванічної батареї і готовий до роботи негайно після включення. Він побудований на базі мікросхеми трьохосьового акселерометра SMB380, що має цифровий інтерфейс, що дозволило створити повністю цифровий пристрій без аналогових вузлів.

Рівень електронний призначений для вимірювання кутів нахилу по 3 осях.

Рисунок А.4 - Призначення роботи рівня електронного

Схема електрична принципова рівня електронного

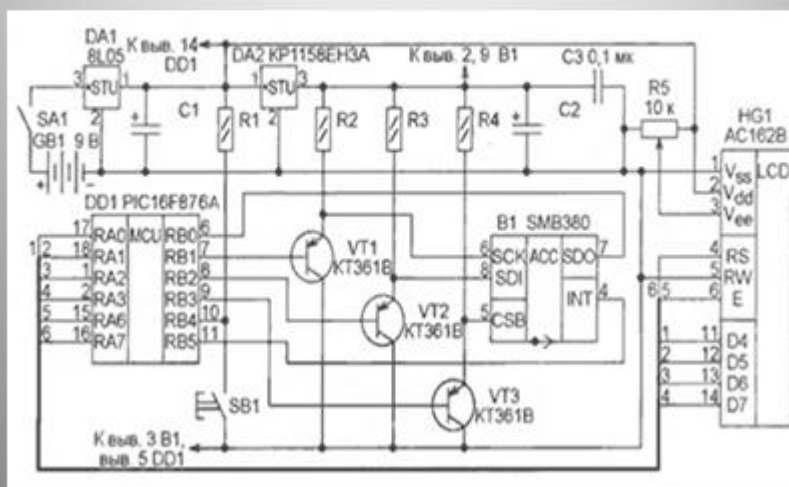


Рисунок А.5 - Схема електронного рівня

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Експлуатаційні.

розроблений прилад належать до 4 групи експлуатації за ДСТУ 11478-88, тобто апаратура працює в приміщеннях і на відкритому повітрі. Кліматичне виконання УХЛ 1.1 за ДСТУ 15150-69. В конструкції даного пристрою застосовується стандартна ЕРЕ, з низькою інтенсивністю відмов, яка забезпечує надійну працездатність пристрою протягом гарантованого терміну служби при впливі на нього несприятливих кліматичних факторів

Рисунок А.6 - Експлуатаційні вимоги

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Технологічні

Для корпусу приладу обрана конструкція з алюмінієвого сплаву типу АМГЗ, який володіє великим запасом міцності, для збереження цілісності і працездатності в разі ударів, падінь пристрою.

Конструкції вузлів спроектовані таким чином, що при знятті кришки є повний доступ до всіх елементів конструкції, це полегшує заміну елементів при виході їх з ладу. Це в свою чергу забезпечує високий рівень ремонтпридатності пристрою.

Рисунок А.7 - Технологічні вимоги

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Естетики і ергономіки

Ергономічні показники людини служать для оцінки узгодженості її можливостей з вимогами, обумовленими особливостями техніки. Людина виконує свої функції на робочому місці, під яким розуміється зона, оснащена технічними засобами. Робоче місце повинне бути пристосоване для конкретного виду праці і для працівників визначеної кваліфікації з урахуванням їх особливостей.

З усіх ергономічних показників найважливішими є психофізіологічні показники людини і їх домінуючий фактор - зір. Це обумовлене тим, що за допомогою зору людина одержує 30...90 % всієї інформації

Рисунок А.8 - Вимоги естетики і ергономіки

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Забезпечення вимог ремонтпридатності

Ремонтпридатність - це пристосованість виробу до виявлення, усунення й попередження відмов і до виконання ремонтів протягом заданого часу при повному забезпеченні ремонтними засобами і запасними частинами. Ремонт апаратури під час експлуатації складається з двох видів - поточного і профілактичного.

Поточний ремонт проводиться при виявленні несправності, яку необхідно усунути для відновлення працездатності апаратури.

Профілактичний ремонт складається з ряду регламентних робіт, обсяг і терміни виконання яких заздалегідь передбачаються для даної апаратури.

Для доступу до всіх елементів конструкції досить зняти кришку з корпусу приладу. Більшість елементів встановлені на платі, легкодоступні, є необхідна стандартна маркування, індикатори та дисплей встановлені на корпусі. Всі ЕРЕ в даній конструкції стандартні, широко поширені, що спрощує пошук компонентів.

При виході з ладу одного з електрорадіоелементів, потрібно локалізувати і замінити що вийшов з ладу елемент. Після локалізації що стало непридатним елемента його заміна здійснюється вручну шляхом випоювання і установки нового.

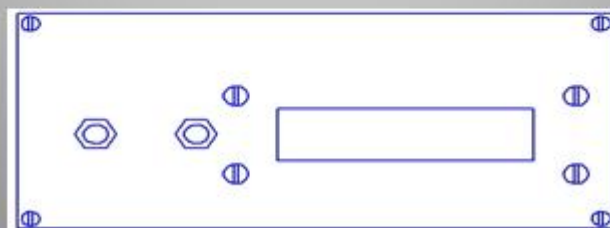
Рисунок А.9 - Вимоги ремонтпридатності

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ

В процесі розробки рівня електронного було досліджено 2 типу корпусів, які показані на рис. А та Б.

При виборі конструкції необхідно прагнути до компактності, зручності експлуатації та презентабельному увазі приладу.

Варіант виконання корпусу виробу представлений на рисунку А має не дуже вдачу конструкцію. Оскільки кнопки знаходяться на близькій відстані один від одного, що не задовольняє ергономічним вимогам, дисплей розташований не по центру, що також негативно позначається на ергономічних властивості рівня електронного. Таким чином погіршується естетичний вигляд приладу і погіршується електромонтаж, так як дисплей бажано розташовувати ближче до місця з'єднання з платою.



А)

Рисунок А.10 - Обґрунтування конструкції

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ

Варіант виконання корпусу виробу представлений на рисунку Б. В даному випадку обсяг заповнюється оптимально і є нормальний доступ до кріплення проводів, прилад встановлюється на рівну поверхню, кути нахилу якої прилад вимірює. Кнопки рознесені на оптимальну відстань для зручності керування приладом. Дисплей розташований по центру кришки приладу.

В результаті аналізу конструкцій корпусу була обрана остання конструкція (Б), оскільки вона має ряд переваг перед іншою конструкцією, описаної вище. Прилад скомпонований таким чином, що забезпечується відмінна ремонтпридатність приладу завдяки легкоз'ємній кришці, а також форма корпусу відповідає всім вимогам ергономіки та естетики.



Б)

Рисунок А.11 - Обґрунтування конструкції

7 КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРАХУНКИ

Розрахунок надійності

Розрахунок надійності проводиться з метою з'ясувати, чи достатній час зможе працювати пристрій без поточного або профілактичного ремонту. Виходячи з результатів розрахунку надійності, можна обчислити приблизну тривалість роботи, наприклад, в роках, що буде також підставою для призначення гарантійного терміну експлуатації.

Виходячи з розрахованого значення напрацювання на відмову можна дати рекомендації щодо гарантійного терміну виробу тривалістю не менш ніж 10 років.

Коефіцієнт заповнення дорівнює 0,66.

Дане значення коефіцієнта заповнення є достатнім, тому плата скомпонована вдало.

Рисунок А.12 - Конструкторські розрахунки

ВИСНОВОК

В ході виконання дипломного проекту була розроблена конструкція рівня електронного, який застосовується для визначення кутів нахилу поверхні, на яку він встановлений, відносно горизонтальної площини.

При цьому був врахований ряд технічних вимоги, які визначаються умовами виробництва та експлуатації.

При розробці пристрою були знайдені переваги і недоліки, проаналізувавши які, можна зробити висновок, що даний пристрій відповідає вимогам, що пред'являються до нього, буде користуватися попитом і може бути запущено у виробництво.

Для підтвердження деяких конструкторських рішень було виконано розрахунок коефіцієнта заповнення друкованої плати.

Рисунок А.13 - Висновок