

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
до кваліфікаційної випускної роботи

освітній ступінь бакалавр  
спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
(шифр і назва спеціальності)

на тему **«Автоматичний пристрій підготовки двигуна автомобіля до роботи»**

Виконав: студент групи РЕА-216д

\_\_\_\_\_

(підпис)

В.В. Петренко

\_\_\_\_\_

(ініціали і прізвище)

Керівник

\_\_\_\_\_

(підпис)

І.С. Тюндер

\_\_\_\_\_

(ініціали і прізвище)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

О.І. Захожай

\_\_\_\_\_

(ініціали і прізвище)

Рецензент \_\_\_\_\_

ст. викл. Зінченко В.Л.

Київ – 2025

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

Освітній ступінь бакалавр

спеціальність 172 „Телекомунікації та радіотехніка”

(шифр і назва спеціальності)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ Захожай О.І.  
2025 року

## ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Петренко Вячеслав Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Автоматичний пристрій підготовки двигуна автомобіля до роботи»

керівник роботи Тюндер Ірина Сергіївна, ст. викл.

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

затверджений наказом університету від “27” травня 2025 року  
№67/15.15-С

2. Строк подання студентом роботи 16.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: схема електрична принципова;  
напрацювання на відмову не менш 10000 годин

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналіз технічного завдання. Конструкторська частина.  
Технологічна частина.

Висновки. Перелік використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) Схема електрична принципова. Плата друкована. Складальне креслення. Схема технологічного процесу.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання 30.03.2025р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів виконання кваліфікаційної випускної роботи                                | Строк виконання етапів | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------|
| 1     | Одержання завдання на виконання роботи                                                 | 30.03.25               | виконано |
| 2     | Укладання і погодження з керівником плану і етапів виконання роботи                    | 06.04.25               | виконано |
| 3     | Узагальнення даних літературних джерел, укладання розділу «Аналіз технічного завдання» | 13.04.25               | виконано |
| 4     | Розробка конструкції виробу                                                            | 20.04.25               | виконано |
| 5     | Розробка технології виготовлення виробу                                                | 27.04.25               | виконано |
| 6     | Укладання, оформлення та погодження пояснювальної записки з керівником                 | 04.05.25               | виконано |
| 7     | Здача готової пояснювальної записки на кафедру                                         | 08.06.25               | виконано |
| 8     | Укладання доповіді і презентації                                                       | 10.06.25               | виконано |

Студент

підпис

В.В. Петренко

(ініціали і прізвище)

Керівник роботи

підпис

І.С. Тюндер

(ініціали і прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить 69 сторінок, 25 рисунків, 12 джерел та 2 додатки.

Об'єктом розробки є автоматичний пристрій підготовки двигуна до роботи із заданою схемою електричної принципової, мінімальним напрацюванням на відмову, а також діапазоном робочих температур та тиску.

Метою роботи є розробка конструкції та технології виготовлення автоматичного пристрою підготовки двигуна автомобіля до роботи.

У процесі роботи було розроблено автоматичний пристрій підготовки двигуна до роботи, виконано тепловий розрахунок та розрахунок надійності, проведено розрахунки основних конструктивних параметрів друкованої плати, виконано технологічний аналіз конструкції пристрою, сформульовано вимоги щодо охорони праці та навколишнього середовища у процесі виготовлення та експлуатації пристрою,

Метод виконання проекту – розрахунково-аналітичний. До записки пояснення додаються графічні документи для випуску автоматичного пристрою підготовки двигуна до роботи на виробництві.

ДРУКОВА ПЛАТА, НАВІСНИЙ ЕЛЕМЕНТ, КОНСТРУКЦІЯ, БЛОК, ДВИГУН, ТРАСУВАННЯ, ДРУКОВАНІЙ МОНТАЖ.

## ЗМІСТ

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....                                                | 6  |
| ВСТУП .....                                                           | 7  |
| 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....                                     | 8  |
| 1.1 Аналіз призначення .....                                          | 8  |
| 1.2 Аналіз схеми електричної принципової.....                         | 13 |
| 1.3 Аналіз умов експлуатації .....                                    | 18 |
| 1.4 Аналіз елементів .....                                            | 20 |
| 1.5 Розробка додаткових вимог щодо конструкції.....                   | 35 |
| 2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ .....                                 | 36 |
| 2.1 Вибір типу і розмірів друкованої плати .....                      | 36 |
| 2.2 Конструктивно – технологічний розрахунок плати.....               | 37 |
| 2.3 Розрахунок по постійному струму.....                              | 42 |
| 2.4 Розрахунок теплового режиму .....                                 | 43 |
| 2.5 Розрахунок надійності пристрою.....                               | 44 |
| 2.6 Трасування друкованого монтажу .....                              | 45 |
| 2.7 Розміщення елементів .....                                        | 46 |
| 3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСТРОЮ .....                     | 47 |
| 3.1 Структура технології виготовлення АУПД .....                      | 47 |
| 3.7 Аналіз технологічності изделия .....                              | 48 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                                  | 52 |
| 4.1 Аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих.....       |    |
| факторів .....                                                        | 52 |
| 4.2 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію та гігієну праці..... | 53 |
| 4.3 Рекомендації щодо пожежної безпеки.....                           | 54 |
| ВИСНОВКИ.....                                                         | 56 |
| ЛІТЕРАТУРА.....                                                       | 57 |
| ДОДАТОК А.....                                                        | 59 |
| ДОДАТОК Б .....                                                       | 60 |

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АППД - автоматичний пристрій підготовки двигуна до роботи

ЕА – електронна апаратура

ДДП – двостороння друкована плата

МДП – багат шарова друкована плата

НЕ – навісний елемент

ОДП – одностороння друкована плата

ДП - друкована плата

ТЕЗ – типовий елемент заміни

ЧПУ – числове програмне управління

ЕРЕ-електрорадіоелементи

ІС – інтегральні схеми

ТЗ – технічне завдання

СМС – світломонтажний стіл

РС – реле стартера

ТК – паливний клапан

САПР – система автоматичного проектування

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

КПМ – компонент поверхневого монтажу

## ВСТУП

В даний час все ще використовуються автомобілі з дизельним двигуном. Однією з найважливіших проблем пов'язаних з їх експлуатацією є прогрів і запуск двигуна при температурі навколишнього середовища нижче мінус 5<sup>0</sup>С. Для вирішення цієї проблеми є розробка автоматичного пристрою підготовки двигуна до роботи, яке за відсутності власника автомобіля, через задані проміжки часу запускає дизельний двигун, дає йому попрацювати деякий час і вимикає його.

Цей пристрій призначений для підтримки двигуна дизельного автомобіля прогрітим у холодну пору року, без його власника. Багатьом власникам таких машин доводилося стикатися з проблемою запуску двигуна у морозні дні, що зазвичай пов'язане з досить високим значенням температури замерзання найпоширеніших марок дизельного палива.

Автоматичний пристрій підготовки двигуна до роботи є таймером з виконавчими вузлами, що працює в наступному режимі: двох годинна пауза, після чого включається запалення через 6...8 с, необхідних для прогрівання напружених свічок, включається стартер і запускає двигун.

Він працює протягом 8 або 16 хвилин, після чого запалення вимикається, двигун зупиняється і слідує нова двогодинна пауза. Пристрій встановлюється на автомобілі та живиться від бортової мережі напругою 12В; струм, що споживається протягом двогодинної паузи, - не більше 200мА.

# 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

## 1.1 Аналіз призначення

Метою даного дипломного проекту є розробка автоматичного пристрою підготовки двигуна автомобіля до експлуатації (далі – АППД). АППД призначений для прогріву двигуна дизельного автомобіля в холодну пору року, без його власника.

Більшість дизельних двигунів обладнано спеціальними свічками, призначеними для підігріву палива, і встановленими в циліндрах (по одній на циліндр), або однією свічкою на впускному патрубку. Для запуску взимку сучасного двигуна спочатку включають запалювання – відбувається відкривання електромагнітного клапана подачі палива. Далі, залежно від способу включення напружених свічок, можливі два варіанти:

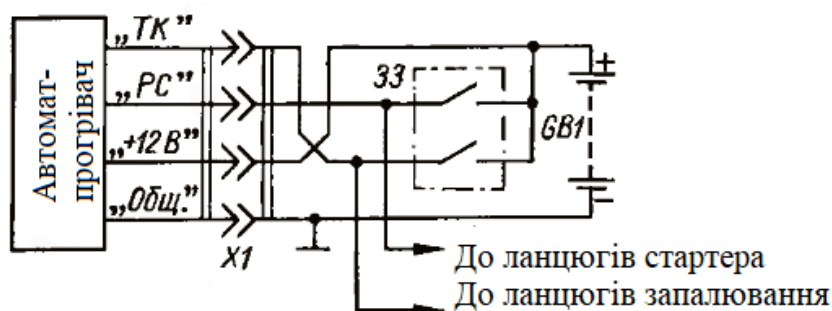
а) після включення запалення напруга надходить на термодатчикне реле керування нагрівними свічками. Якщо температура палива надто низька, відбувається спрацювання реле та включення свічок. Після прогрівання палива реле відключає свічки, тобто після включення запалення необхідно витримати паузу 2...8с до вимкнення контрольної лампи та включити стартер, повернувши ключ у замок запалювання.

б) реле управління свічками і таким чином самі свічки включають спеціальною кнопкою, винесеною на панель приладів. Увімкнення реле можливе лише після увімкнення запалювання. Вимикаються свічки тим же реле, термодатчикним датчиком після прогрівання палива або відпусканням кнопки. Тобто після включення запалення натискають на кнопку та витримують паузу (ті ж 2...8 с) до вимкнення контрольної лампи. Потім включають стартер, і якщо двигун справний і правильно відрегульований, після кількох обертів колінчастого валу відбувається його запуск та робота на стійкій частоті обертання.

Для роботи з АППД водій повинен увімкнути живлення пристрою та у варіанті б) – живлення свічок, тобто замкнути контакти кнопки. Решта виконується автоматично.

Як уже було сказано вище, АППД являє собою таймер з виконавчими вузлами, що працює в наступному режимі: двох годинна пауза, після чого включається запалення через 6 ... 8 с, необхідних для прогрівання запалення свічок, включається стартер і запускає двигун. Він працює протягом 8 або 16 хвилин, після чого запалення вимикається, двигун зупиняється і слідує нова двогодинна пауза. Пристрій встановлюється на автомобілі та живиться від бортової мережі напругою 12В; струм, що споживається протягом двогодинної паузи, - не більше 200мА.

Схему підключення АППД до електроустаткування автомобіля показано на рисунку 1.1.



ТК - паливний клапан, РС – реле стартера, ЗЗ – замок запалювання,  
GB1 – акумуляторна батарея.

Рисунок 1.1 – Схема підключення АППД

Пристрій, що розробляється, орієнтований для використання власниками автомобілів незалежно від їх статі. АППД необхідно зберігати в недоступному місці для дітей віком до семи років, зважаючи на те, що пристрій містить дрібні деталі, які при попаданні в ніс або рот можуть викликати задиху дитини.

АППД складається з двох вузлів:

а) функціональний блок, представлений у вигляді друкованої плати із встановленими на неї всіма НЕ пристрою, що встановлюється в окремому корпусі;

б) блоку управління АППД, який є двома вимикачами поміщених у корпус, який і буде безпосередньо встановлюватися в салоні автомобіля.

Форма корпусу функціонального блоку АППД передбачається прямокутною з орієнтовними розмірами 130x70x25 мм. Остаточне визначення розмірів корпусу пристрою можливе лише після визначення габаритних розмірів друкованої плати (ДП) блоку, на якій встановлюватимуться всі електрорадіоелементи (ЕРЕ). Форма блоку управління АППД також передбачається прямокутною, але із заокругленими гранями. Габаритні розміри даного блоку визначаються залежно від розмірів вибраних вимикачів, у разі – 55x35x30 мм.

Так як пристрій повинен мати мінімальні розміри для зручності його експлуатації, а також ціну, прийнятну для середньостатистичного власника автомобіля, то необхідно орієнтуватися на виготовлення ДП за третім класом точності, максимальне використання типових операцій складання і монтажу, а також застосування найбільш дешевих матеріалів і ЕРЕ, що забезпечують виконання всіх функцій і надійності, зазначених.

Склотекстоліт фольгований СФ-2-35-1,5 так як він є найбільш дешевим і забезпечує вимоги щодо стійкості до впливу навколишнього середовища, то і обираємо його.

Підвищені механічні впливи на корпус функціонального блоку АППД передбачаються через те, що він буде весь час прикріпленим до кузова автомобіля, під час його руху або стоянки, але експлуатація виробу буде проводитися тільки при нерухомому стані автомобіля. У зв'язку з цим корпус функціонального блоку АППД виготовлятиметься з алюмінію або іншого легкосплавного металу, з нанесеним шаром морозостійкої гуми, товщиною 1 мм, на поверхню блоку, що стикається з кузовом автомобіля.

Прийняття додаткових заходів по забезпеченню електробезпеки АППД передбачається за допомогою установки гумової прокладки з морозостійкої гуми між з'єднуваними частинами корпусу функціонального блоку АППД, нанесенням на нижню поверхню корпусу шару морозостійкої гуми, а також

покриттям друкарської плати пристрою силіконом. Напруга живлення пристрою становить всього 12 В і не становить небезпеки для людського життя, всі вищеописані запобіжні заходи прийняті у зв'язку з тим, що функціональний блок АППД встановлюється в моторному відсіку автомобіля, куди не виключено попадання вологи і різних речовин, які можуть призвести до виникнення короткого замикання пристрою, що може призвести до виникнення короткого замикання пристрою.

Зовнішній вигляд корпусу функціонального блоку АППД є вертикально розташованим паралелепіпедом, що має спеціальні кронштейни для кріплення, на лицьовій панелі якого розташовані:

- а) маркування найменування пристрою,
- б) елементи кріплення верхньої кришки корпусу,
- в) світлодіод, який сигналізує функціонування АППД.

У верхній та нижній площинах корпусу знаходяться отвори для встановлення з'єднувальних роз'ємів пристрою. Над цими отворами повинні розташовуватися маркування: «УПРАВЛІННЯ» та «ЖИВЛЕННЯ», відповідно. Верхня кришка корпусу передбачається знімною для забезпечення доступу до ДП. До кольору, корпусу пристрою, жорстких вимог не висувається. Не допускається лише його забарвлення в червоний колір і тони близькі до червоного, тому що при цьому погіршиться сприйнятливність ока до індикації світлодіода. Зовнішній вигляд корпусу функціонального блоку АППД представлений рисунку 1.2.

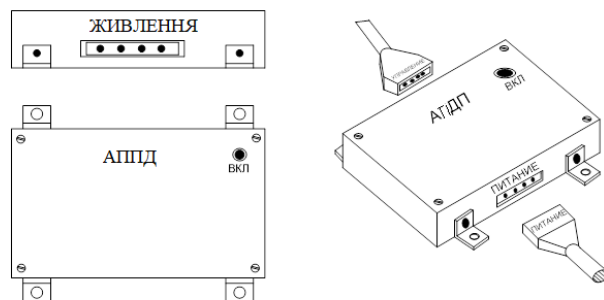


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд корпусу функціонального блоку АППД

Зовнішній вигляд корпусу блоку управління є паралелепіпедом, який також має спеціальні елементи кріплення, на лицьовій панелі якого встановлені два вимикачі. У задній панелі корпусу знаходиться отвір для забезпечення підведення кабелю живлення до вимикачів. Після проведення аналізу сучасних тенденцій моди у техніці було обрано спеціальні вимикачі з індикацією круглої форми, які представлені рисунку 1.3.



а)



б)

а) вимикач живлення АУПД; б) вибір режиму роботи АППД.

Рисунок 1.3 – Вимикачі блоку управління АППД

Також були виключені з форми корпусу поздовжні гострі грані, щоб досягти максимальної оптикаємості корпусу для гармонійного поєднання блоку управління АППД із салоном автомобіля. У зв'язку з тим, що блок керування встановлюється в салоні автомобіля, де виключається попадання вологи та вплив підвищених механічних вібрацій, матеріал корпусу – пластик. Колір корпусу має бути темних тонів, щоб забезпечити максимальний контраст зі свіченням вимикача. Зовнішній вигляд корпусу блоку управління АППД представлений рисунку 1.4.

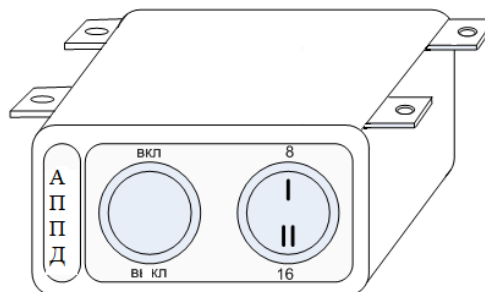


Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд корпусу блоку керування АППД

## 1.2 Аналіз схеми електричної принципової

Відповідно до схеми електричної принципової, після включення живлення тумблером SA2 починається зарядка конденсатора C3 напругою 5 від стабілізатора VT12VD5R24 через резистор R6. На колекторі закритого складеного транзистора VT3VT4 присутній напруга 5, що викликає обнулення всіх лічильників DD1, DD3 – DD5 по входу R. Приблизно через 0,5 с конденсатор зарядиться, складовий транзистор VT3VT4 відкриється, дозволяючи роботу лічильників.

На мікросхемі DD1 зібраний генератор, що задає хвилинних імпульсів, частота якого стабілізована кварцовим резонатором Z1. Ці імпульси надходять на вхід дільника частоти, виконаного на лічильниках DD3, DD4. Через 2 години після включення пристрою на виході 4 лічильника DD4 з'явиться високий рівень, що відкриває транзистори VT7, VT8, VT10. Напруга 12 надійде на вихід ТК (паливний клапан) АППД, що відповідає включенню запалювання.

Високий рівень з виходу лічильника 4 DD4 проходить через ланцюг VD2R9 і заряджає конденсатор C4. Вузол, виконаний на елементах DD2.1, DD2.2 забезпечує тимчасову затримку на 6 с, необхідну для прогрівання напружених свічок. Через зазначений час високий рівень з виходу елемента DD2.2 через ланцюг VD2R10C5 надходить на базу складеного транзистора VT5VT6, внаслідок чого він відкривається, відкриваючи VT9 і V9. Тепер напруга 12 з'явиться на виході РС, що відповідає повороту ключа в замку запалювання в положення «Стартер».

З цього моменту стартер починає обертати колінчастий вал двигуна. Одночасно починається зарядка конденсатора C5, яка триває приблизно 5...6 с, після чого транзистори VT5, VT6, VT9 закриються та відключають реле стартера. Цього часу достатньо запуску справного двигуна.

Елемент DD2.3 слідує за напругою бортової мережі автомобіля. За рівнем цього параметра вузол визначає, запустився двигун чи ні. Такий вузол, хоч і вимагає точного регулювання, але є найпростішим.

Відразу після включення живлення на входах елемента DD2.3 встановлюється низький рівень (оскільки конденсатори C6 та C7 розряджені), а на виході – високий. На нижньому за схемою вході елемента DD2.4 – низький рівень, тому що в перший момент конденсатор C8 розряджений, отже, на виході цього елемента – високий рівень, через що транзистор VT11 відкритий, а діод VD4 закритий.

У момент відкривання транзистора VT10 (включення запалювання) конденсатор C8 розряджений, тому на виході елемента DD2.4 залишається низький рівень і VD4 діод також залишається закритим. Далі конденсатор C8 заряджається, але елемент DD2.4 зможе переключитися тільки тоді, коли на його верхньому вході високий рівень, а напруга на конденсаторі C8 досягне 2,5 і більше. Для цього потрібно відрізок часу близько 10 с, до кінця якого двигун повинен працювати.

Після запуску двигуна напруга бортової мережі збільшується до 14,5...15 В. Збільшується напруга і на вході елемента DD2.3 високий рівень на його виході змінюється низьким, через що стан елемента DD2.4 не змінюється.

Якщо двигун не запустився або запустився і зупинився, то напруга в бортовій мережі зменшилася до 13,5...12,5 В, залежно від ступеня зарядженості акумуляторної батареї. При цьому на виході елемента DD2.3 і верхньому за схемою вході елемента DD2.4 з'явиться високий рівень, на нижньому вході елемента DD2.4 - так само високий рівень. В результаті на виході елемента DD2.4 буде низький рівень, транзистор VT11 закриється, а діод VD4 відкриється, що, у свою чергу, призведе до обнулення лічильників DD1, DD3 - DD5, закриття транзистора VT10 і аварійного вимкнення запалювання. Це запобігає ситуації, коли двигун не працює, а запалення – увімкнено.

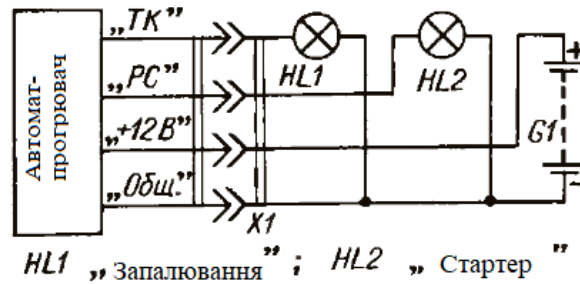
Одночасно з відкриттям транзисторів VT7, VT8, VT10 високий рівень з виходу лічильника 4 DD4 надходить на вхід CN лічильника DD5 і дозволяє рахунок хвилинних імпульсів. Перемикачем SA1 вибирають число, що підраховується – 8 або 16. Таким чином, залежно від положення контактів перемикача SA1, через 8 або 16 хвилин високий рівень відкриє транзистор VT2 і відбудеться обнулення лічильників, тобто вимкнення запалення і зупинка двигуна. Тривалість імпульсу обнулення дуже мала (менше 1 мкс). Відразу ж після нього починається новий підрахунок хвилинних імпульсів лічильниками DD3, DD4, і через 2 години всі перераховані вище процеси повторюються.

Резистором R7 встановлюють граничну напругу бортової мережі, при якому перемикається елемент DD2.3.

Для налагодження АППД спочатку тимчасово підключають вхід лічильників CP DD3 і DD5 до виходу S1 мікросхеми DD1, тобто замість хвилинних імпульсів на входи лічильників подають секундні. Для контролю зручніше використовувати осцилограф, але можливе використання звичайного авометра. Перемикач SA1 встановлюють у положення "16 хв".

Включивши живлення (12...13), перевіряють наявність хвилинних імпульсів на виході M мікросхеми DD1 і секундних на виході S1. Далі перевіряють роботу лічильників DD3 – DD5, навіщо відключають основу транзистора VT2. При їх правильній роботі приблизно через 2 хвилини на виході 4 лічильника DD4 повинен з'явитися високий рівень, а через 16 с - на виході 16/10 лічильника DD5. Після перевірки виведення бази транзистора VT2 припаюють на місце.

Потім до пристрою підключають дві сигнальні лампи HL1 і HL2, згідно з рисунком 1.5, що імітують навантаження та моменти, що індикують включення вузлів автомобіля, і перевіряють правильність роботи АППД в цілому.



G1 – будь-яке джерело живлення напругою 14 В та струмом 2...3А.

Рисунок 1.5 – Схема налагодження роботи АППД

Підбіркою конденсаторів С4 та С5 встановлюють, відповідно, час роботи та затримку включення стартера.

Заключною операцією є регулювання вузла аварійного відключення запалювання. На АППД подають регульовану в межах 12...15В напругу живлення. Збільшуючи напругу живлення від 13 В, підстроювальним резистором R17, домагаються того, щоб при 14 В елемент DD2.3 перемикався в стан «0».

Далі АППД встановлюють на автомобіль та ще раз перевіряють роботу в положенні «16 хв» перемикача SA1. Після включення живлення слідує тимчасова затримка 2 хвилини, потім включення запалювання. Через 6 с вмикається стартер, двигун запускається, ще через 3...4 с вимикається запалювання і двигун зупиняється. Якщо потрібно, підлаштовують вузол аварійного відключення. Після всіх цих операцій відновлюють підключення входу лічильників DD3, DD5 до виходу лічильника М DD1, після чого АППД готове до експлуатації.

З описаного принципу функціонування пристрою, можна назвати основний шлях проходження сигналу. Напруга живлення 12 В, від бортової мережі через роз'єм надходить на стабілізатор зібраний на елементах VD5, VT12 і R24. З виходу стабілізатора сигнал з амплітудою вже 5 В надходить на мікросхему DD1, на якій зібраний генератор, що задає хвилинних імпульсів, а потім на лічильники DD3 - DD5 і вузол забезпечує тимчасову затримку і аварійне відключення двигуна. Після закінчення двогодинного

інтервалу сигнал надходить на роз'єм до виходів «РС» і «ТК». Далі цей процес знову повторюється.

Основним джерелом перешкод на борту автомобіля є система запалення, а саме іскри від свічок встановлених в циліндрах двигуна, але так як АППД буде експлуатуватися на автомобілях з дизельним двигуном, де відсутні свічки запалювання (це бензиновий двигун), то немає необхідності застосовувати заходи щодо зниження впливу перешкод на пристрій. До того ж, АППД не містить високочутливих рецепторів перешкод.

Найбільш навантаженими ланцюгами пристрою є ланцюги «землі» та живлення. Тому необхідно передбачити цей факт і виконати вищезгадані ланцюги ширше, ніж сигнальні та комутаційні. Ланцюг живлення проходить від стабілізатора висновку «16» мікросхем DD1, DD3 – DD5 і висновку «14» мікросхеми DD2. Ланцюг «землі» підключається до мікросхем DD1, DD3 – DD5 через висновок «8», а до DD2 – через висновок «7».

Найбільш тепловиділяються елементами, встановленими на ДП, є транзистори IRFZ48VS з потужністю, що розсіюється 0,3 Вт. У зв'язку з тим, що потужність, що виділяється невелика, а також пристрій експлуатується при низьких температурах, то вживання заходів по тепловідводу не передбачається.

Аналізуючи елементну базу пристрою можна дійти невтішного висновку, що найбільш оригінальними елементами є резонатор, подстроечний резистор і подстроечний конденсатор. Зважаючи на їх невелику кількість та оригінальність виконання корпусу, монтаж цих елементів на ДП проводитиметься напівавтоматизованим шляхом, тобто на світломонтажних столах.

Під час вивчення різної радіотехнічної та наукової літератури було встановлено, що аналогів розроблюваного устрою немає, проте інші устрою вітчизняного виробництва, мають аналогічне застосування, поступаються АППД за низкою параметрів, основними у тому числі є надійність, габаритні розміри, елементна база, і навіть дизайнерське виконання.

### 1.3 Аналіз умов експлуатації

АППД є пристроєм, що транспортується, і відноситься до другої категорії по розміщенню на об'єкті експлуатації, так як кліматичні умови в моторному відсіку непрогрітого автомобіля, де власне і буде знаходитися АППД, несуттєво відрізняються від умов на відкритому повітрі. Кліматичні фактори, що впливають на виріб, відповідають виконанню У. Через невеликі механічні дії на блок автомата, через те, що АППД експлуатується на нерухомому автомобілі, немає необхідності у виборі та розрахунку системи амортизації пристрою; не потрібна теплоізоляція, елементи примусового охолодження та герметизація модуля для захисту від впливу зовнішніх кліматичних факторів. Необхідно лише застосувати лакофарбові покриття для захисту блоку від корозії при дії вологи.

АППД монтуватиметься на борту автомобіля наступним чином. Функціональний блок АППД розташовуватиметься в моторному відсіку автомобіля, в безпосередній близькості до блоку запобіжників автомобіля (в окремих випадках розташування функціонального блоку АППД може бути змінено). Блок повинен розміщуватися таким чином, щоб світлодіод, розташований на лицьовій панелі пристрою, був у полі зору користувача АППД при відкритті кришки капота автомобіля на якому використовується АППД. Корпус функціонального блоку кріпиться на кузов автомобіля за допомогою спеціальних елементів кріплення корпусу та чотирьох самонарізних гвинтів, як показано на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Монтаж функціонального блоку АППД

Функціональний блок АППД підключається до системи автомобіля з допомогою кабелю, як було показано рисунку 1.1.

Блок управління АППД встановлюється в салоні автомобіля біля замку запалювання таким чином, щоб забезпечити вільний доступ до вимикачів блоку. Корпус бока керування також має спеціальні елементи кріплення. З задньої панелі корпусу виходить кабель, на кінці якого встановлено роз'єм «КЕРУВАННЯ». Цей кабель підключається до функціонального блоку АППД у відповідний роз'єм.

Перш ніж увімкнути АППД, необхідно знеструмити в автомобілі всі електроприлади, коробку передач поставити в нейтральне положення, затягнути ручне гальмо або поставити колодки під колеса, а також якщо автомобіль, на якому експлуатуватиметься АППД, знаходиться в гаражі, то необхідно на вихлопну трубу надіти шланг і вивести його шланг і вивести його.

Так як АППД відноситься до апаратури, яка призначена для роботи на відкритому повітрі або під навісом, то умови експлуатації автомата будуть наступні:

- робочий діапазон температури навколишнього повітря-від мінус 45<sup>0</sup>С до плюс 40<sup>0</sup>С;

- відносна вологість повітря – до 98% при 25<sup>0</sup>С;

- атмосферний тиск – від 84 до 107 кПа;

- частота вібрацій - від 10 до 20 Гц;

- амплітуда вібрацій - 0,35 мм.

Міцність виробу, що проектується при транспортуванні:

- прискорення, g - 15;

- тривалість ударного імпульсу, мс - 11;

- число ударів, не менше 1000.

Пристрій, що розробляється, буде експлуатуватися при середній температурі навколишнього середовища мінус 15<sup>0</sup>С, так як при температурі навколишнього середовища вище мінус 3<sup>0</sup>С використання автомата

недоцільно. АППД зберігає зовнішній вигляд та працездатність в умовах транспортування (в упакованому вигляді) при частоті ударів від 40 до 80 за хвилину та прискоренні 25 м/с<sup>2</sup>.

#### 1.4 Аналіз елементної бази

При виборі елементної бази АППД необхідно керуватися нижчевикладеними вимогами. Конденсатор С1 – будь-який керамічний підстроювальний, С2 – керамічний або слюдяний, С10, С11 – керамічні або металообладнання, решта конденсаторів – оксидні 150 CLZ Vishay. Мікросхему 74НС00 Philips, де побудований елемент DD2, можна замінити на 74НСТ00 Philips. Основна вимога до транзистори - статичний коефіцієнт передачі струму не менше 50. Транзистори ВСР51 Philips, ВСР53 Philips можна використовувати з будь-якими літерними індексами. Замість IRFZ48VS International Rectifier підійдуть інші потужні транзистори р-п-р з коефіцієнтом передачі струму не менше 50.

Діоди MRA4003T3 ON Semiconductor замінюються іншими, у яких максимальний струм не менше 20 мА. Замість світлодіода AA3528EC можливе встановлення будь-якого іншого, необхідно лише підібрати номінальне значення резистора R4.

Далі будуть розглянуті електричні та конструктивні параметри, а також допустимі умови експлуатації елементів, що застосовуються в конструкції блоку. Порівняння їх з умовами експлуатації (розділ 1.3) дозволить зробити висновок про можливість застосування саме цих варіантів конструкції ЕРЕ та їх типів.

АППД складається з наступних елементів:

5 мікросхем; 13 конденсаторів; 5 діодів; 1 резонатор; 12 транзисторів; 1 світлодіод; 1 стабілітрон; 24 резисторів; 4 роз'єми; 2 тумблерів; 4 наконечники.

Усі використовуються у блоці мікросхеми – зарубіжного виробництва та виконані у корпусі SO. Дані мікросхеми мають найбільшу настановну площу, порівняно з іншими елементами, і поділяються на два типорозміри SO14 та SO16. Основні параметри використаних МС занесено до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні характеристики мікросхем

|                                                    | Тип мікросхеми     |                          |                                                                  |
|----------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                                                    | 74HC00 Philips     | 74HC123D Philips         | HEF4938B Philips                                                 |
| Функціональне призначення                          | 4 елемента 2И – НЕ | П'ятирозрядний лічильник | Двійкрий лічильник по модулю, 60- и 15-розрядний дільник частоти |
| T, °C                                              | - 40...+70         | - 40...+70               | - 40...+70                                                       |
| V <sub>dd min</sub> ...<br>V <sub>dd max</sub> , В | +5...+10           | +5...+10                 | +5...+10                                                         |
| P <sub>D</sub> , мВт                               | 200                | 300                      | 300                                                              |
| Діапазон частоти вібрацій, Гц                      | 5...42             | 5...50                   | 5...50                                                           |
| Максимальна амплітуда вібрацій,мм                  | 0,6                | 0,6                      | 0,6                                                              |
| Інтенсивність відмов,1/ч·10 <sup>-7</sup>          | 1,1                | 1,2                      | 1,2                                                              |
| Атмосферний тиск, кПа                              | 84...107           | 84...107                 | 84...107                                                         |
| Рисунок                                            | 1.8                | 1.9                      | 1.9                                                              |
| Тип корпусу                                        | SO 14              | SO 16                    | SO 16                                                            |

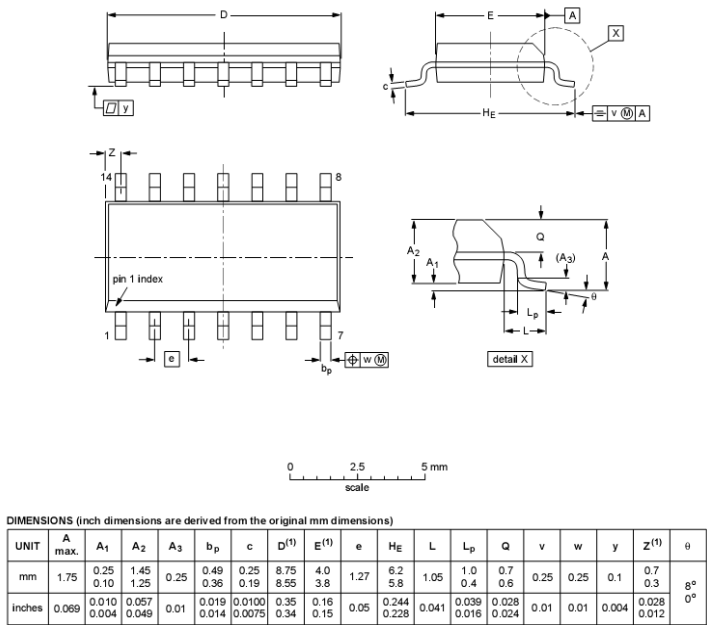


Рисунок 1.8 – Габаритні розміри МС 74HC123D, HEF4938B

Світловипромінюючий діод необхідний індикації функціонування АУПД. Габаритні розміри та основні характеристики діода представлені відповідно на рисунку 1.9 та у таблиці 1.2.

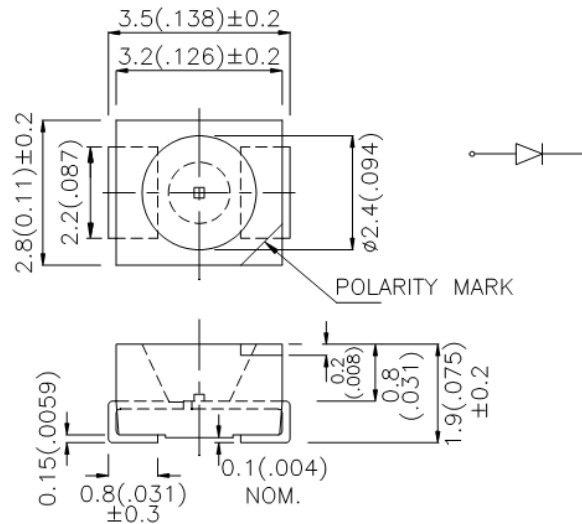


Рисунок 1.9 – Габаритні розміри світловипромінюючого діода AA3528EC

Таблиця 1.2 - Основні характеристики світловипромінюючого діода

| Тип елемента AA3528EC Kingbright           |          |                                                 |           |
|--------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------|-----------|
| Колір світіння                             | червоний | $U_{обр\ max, B}$<br>( $U_{обр\ max\ имп}$ )    | 2         |
| $\lambda\ min, nm$                         | 650      | $I_{пр\ max, mA}$<br>( $I_{пр\ max\ имп, mA}$ ) | 22        |
| $\lambda\ max, nm$                         | 675      | $I_{пр\ и\ max, mA}$                            | 100       |
| Інтенсивність відмов, $1/ч \cdot 10^{-7}$  | 0,05     | Діапазон частоти вібрацій, Гц                   | 5...50    |
| $I_{пр, mA}$                               | 10       | Максимальна амплітуда вібрацій, мм              | 0,65      |
| $U_{пр\ max, B}$<br>( $U_{пр\ max\ имп}$ ) | 2        | $T, ^\circ C$                                   | -60...+70 |

Через випрямляючий діод MRA4003T3 ON Semiconductor, представлений рисунку 1.10, здійснюється подача напруги на стабілізатор АУПД. Таке включення діода забезпечує випрямлення напруги, що надходить. Застосування даного діода усуває можливу наявність

несиметричних перешкод на вході. Основні характеристики випрямного діода MRA4003T3 ON Semiconductor описані у таблиці 1.3.

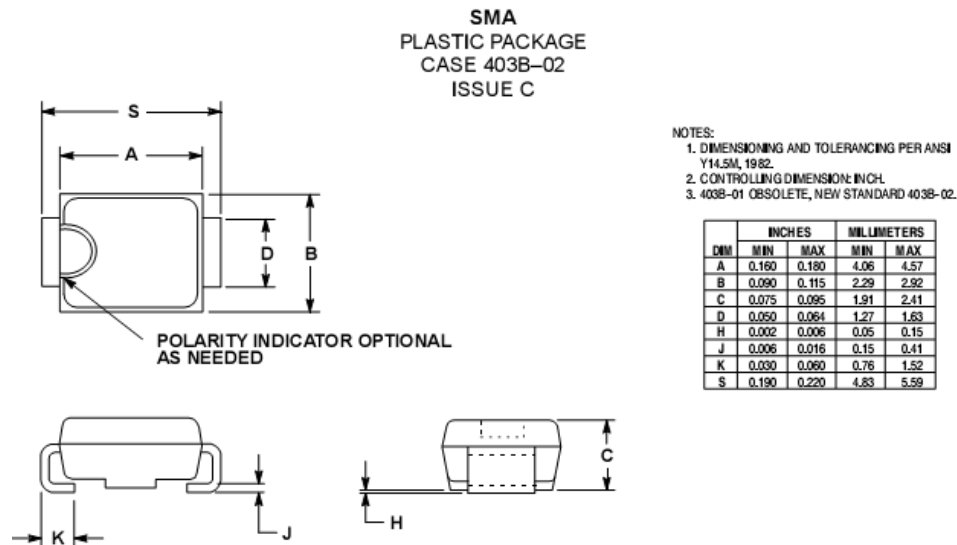


Рисунок 1.11 – Габаритні розміри діода MRA4003T3

Таблиця 1.3 - Основні характеристики діодів

| Тип елемента                                   | MRA4003T3<br>ON Semiconductor | BAV100<br>Philips |
|------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| $I_{пр\ max}, A$                               | 0,3                           | 0,05              |
| Максимальна амплітуда вібрацій, мм             | 0,65                          | 0,65              |
| Інтенсивність відмов, $1/ч \cdot 10^{-7}$      | 0,5                           | 0,5               |
| $I_{обр\ max}, мКА$<br>( $I_{обр\ max\ имп}$ ) | 100                           | 1                 |
| Діапазон частоти вібрацій, Гц                  | 5...55                        | 5...55            |
| Максимальна амплітуда вібрацій, мм             | 0,65                          | 0,65              |
| $U_{пр\ max}, В$                               | 1                             | 1,5               |
| $I_{пр}, A$                                    | 0,3                           | 0,05              |
| Атмосферний тиск, кПа                          | 84...107                      | 84...107          |
| $C_d, пФ$                                      |                               | 15                |
| $T, ^\circ C$                                  | -55...+85                     | -60...+100        |

Основні характеристики діода BAV100 представлені у таблиці 1.3, яке габарити зображені рисунку 1.11.

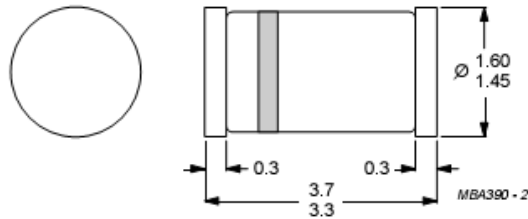
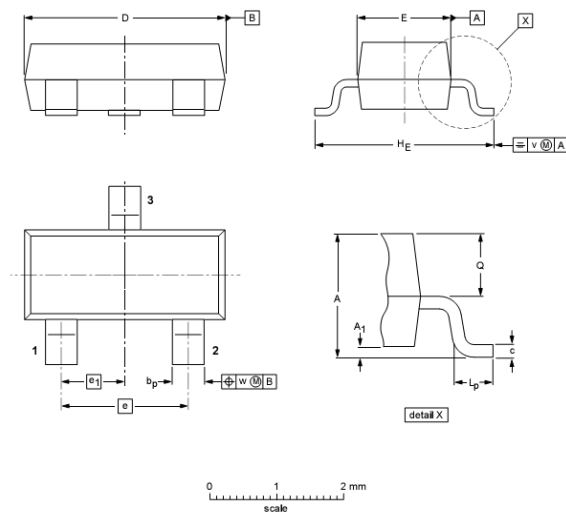


Рисунок 1.11 – Габаритні розміри діода BAV100

Стабілітрон, в даному пристрої, використовується як основний елемент стабілізатора, який необхідний для подачі на мікросхеми напруги живлення 5 В. Для цієї мети, застосований стабілітрон типу PLVA600A Philips, основні характеристики і габаритні розміри якого представлені в таблиці 1.4 і рисунку 1.12 відповідно.

Таблиця 1.4 - Основні характеристики стабілітрона PLVA600A

| SYMBOL    | PARAMETER                                     | CONDITIONS                            | MIN. | MAX. | UNIT       |
|-----------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|------|------|------------|
| $I_F$     | continuous forward current                    |                                       | –    | 250  | mA         |
| $I_{ZRM}$ | repetitive peak working current               | $t_p = 100 \mu s; \delta = 10\%$      |      | 250  | mA         |
| $P_{ZSM}$ | non-repetitive peak reverse power dissipation | $t_p = 100 \mu s; T_J = 150^\circ C$  |      | 30   | W          |
| $P_{tot}$ | total power dissipation                       | $T_{amb} = 25^\circ C; \text{note 1}$ | –    | 250  | mW         |
| $T_{stg}$ | storage temperature                           |                                       | –65  | +150 | $^\circ C$ |
| $T_J$     | junction temperature                          |                                       | –    | 150  | $^\circ C$ |



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

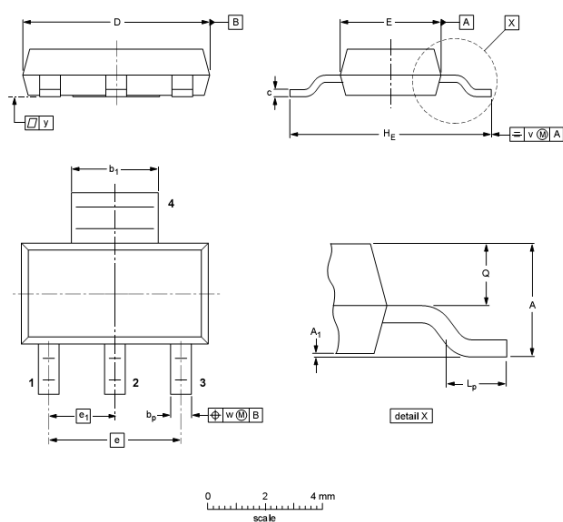
| UNIT | A          | A <sub>1</sub> max. | b <sub>p</sub> | c            | D          | E          | e   | e <sub>1</sub> | H <sub>E</sub> | L <sub>p</sub> | Q            | v   | w   |
|------|------------|---------------------|----------------|--------------|------------|------------|-----|----------------|----------------|----------------|--------------|-----|-----|
| mm   | 1.1<br>0.9 | 0.1                 | 0.48<br>0.38   | 0.15<br>0.09 | 3.0<br>2.8 | 1.4<br>1.2 | 1.9 | 0.95           | 2.5<br>2.1     | 0.45<br>0.15   | 0.95<br>0.45 | 0.2 | 0.1 |

Рисунок 1.12 – Габаритні розміри стабілітрону PLVA600A

Параметри всіх транзисторів, що використовуються, представлені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Основні характеристики транзисторів

| Тип елемента                              | BCP51<br>Philips | IRFZ48VS<br>International<br>Rectifier | BCP53<br>Philips |
|-------------------------------------------|------------------|----------------------------------------|------------------|
| $I_{K \max}$ , мА                         | 100              | 10                                     | 3                |
| $P_{K \max}(P_{\max})$ , Вт               | 0,15             | 0,3                                    | 0,2              |
| $T_{\min}$ , °C                           | -45              | -45                                    | -45              |
| $T_{П \max}$ , °C                         | 120              | 125                                    | 150              |
| Інтенсивність відмов, $1/ч \cdot 10^{-7}$ | 0,8              | 0,9                                    | 0,9              |
| $h_{21Э}$                                 | 20...90          | 15                                     | 25               |
| Діапазон частоти вібрацій, Гц             | 5...50           | 5...50                                 | 5...50           |
| Максимальна амплітуда вібрацій, мм        | 0,6              | 0,6                                    | 0,6              |
| Атмосферний тиск, кПа                     | 84...107         | 84...107                               | 84...107         |
| Тип провідності                           | n-p-n            | p-n-p                                  | n-p-n            |
| $f_{гр}$ , МГц                            | 250              | 3                                      | 3                |
| $C_K$ , пФ                                | 7                | 1000                                   | 60               |
| Рисунок                                   | 1.13             | 1.14                                   | 1.13             |



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

| UNIT | A          | A <sub>1</sub> | b <sub>P</sub> | b <sub>1</sub> | c            | D          | E          | e   | e <sub>1</sub> | H <sub>E</sub> | L <sub>P</sub> | Q            | v   | w   | y   |
|------|------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------|------------|-----|----------------|----------------|----------------|--------------|-----|-----|-----|
| mm   | 1.8<br>1.5 | 0.10<br>0.01   | 0.80<br>0.60   | 3.1<br>2.9     | 0.32<br>0.22 | 6.7<br>6.3 | 3.7<br>3.3 | 4.6 | 2.3            | 7.3<br>6.7     | 1.1<br>0.7     | 0.95<br>0.85 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |

Рисунок 1.13 – Габаритні розміри транзисторів BCP51, BCP53

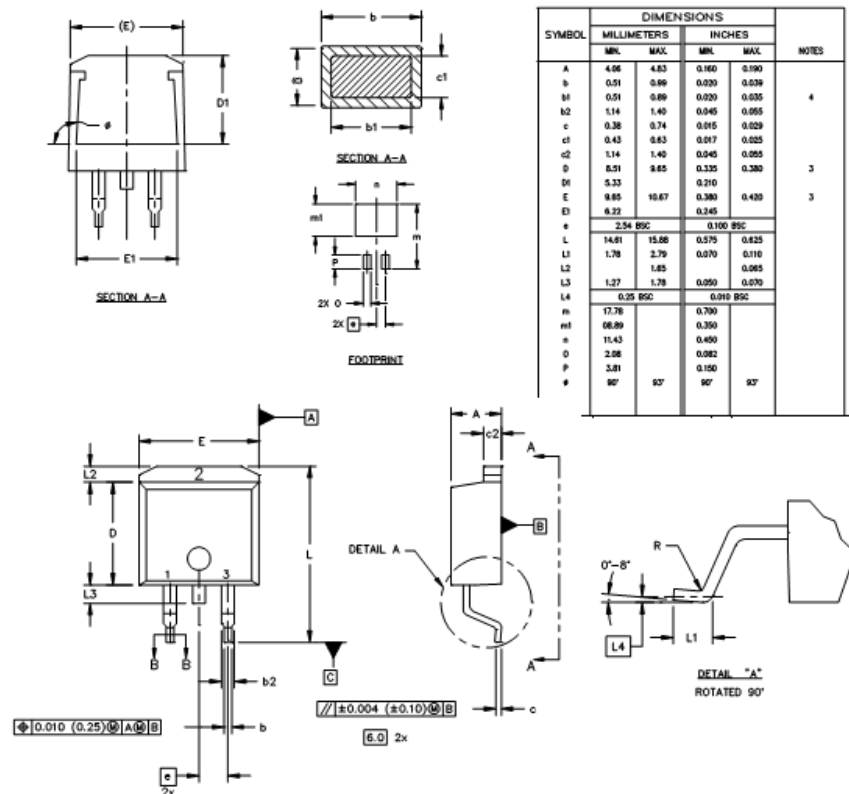


Рисунок 1.14 – Габаритні розміри транзистора IRFZ48VS

У пристрої застосовуються металодіелектричні резистори RC1206 Yageo загального призначення неізолювані. Електричні параметри наведено у таблиці 1.6. Габаритні розміри резистора наведено рисунку 1.15.

Таблиця 1.6 - Основні характеристики резистора RC1206

| Найменування параметрів                   | Значення                        |
|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Номінальна потужність, Вт                 | 0,125                           |
| Межі номінального опору                   | 10м...3,01МОм                   |
| Ряди проміжних значень опору              | E96                             |
| Допустиме відхилення опору від            | 5                               |
| Гранична робоча напруга, В                | 200                             |
| ТКС, 1/°C                                 | $\pm(200...500) \times 10^{-6}$ |
| Інтенсивність відмов, $1/ч \cdot 10^{-7}$ | 0,3                             |
| Максимальна амплітуда вібрацій, мм        | 0,65                            |
| Атмосферний тиск, кПа                     | 84...107                        |
| Діапазон частоти вібрацій, Гц             | 5...55                          |

**DIMENSION**

Table I

| TYPE                | RC1206    |
|---------------------|-----------|
| L (mm)              | 3.10±0.10 |
| W (mm)              | 1.60±0.10 |
| H (mm)              | 0.55±0.10 |
| L <sub>1</sub> (mm) | 0.45±0.20 |
| L <sub>2</sub> (mm) | 0.40±0.20 |

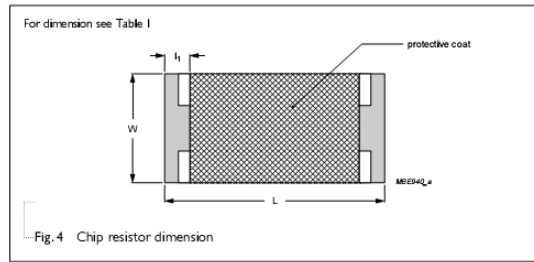


Рисунок 1.15 – Габаритні розміри резистора RC1206

Умови експлуатації резисторів:

- а) інтервал робочих температур -60...+125оС;
- б) прискорення при частоті від 10 до 2000 Гц трохи більше 98.1 м/с<sup>2</sup>;
- в) ТКС при температурах від 20 до 300оС  $\square(01...0.1)\%/оС$ ;
- г) ЕРС шумів трохи більше 5мкВ/В.

Як підстроювальний резистор застосований – PVF2A501A11 Murata, габаритні розміри якого зображені на рисунку 1.16, а його основні електричні характеристики представлені в таблиці 1.7.

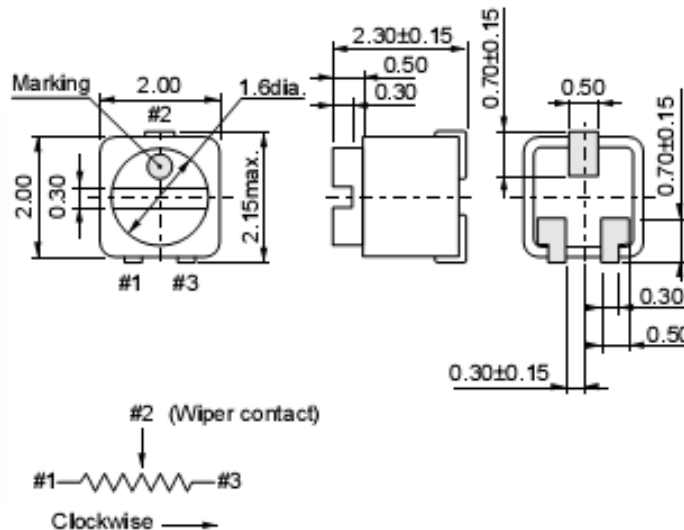


Рисунок 1.16 – Габаритні розміри підстроювального резистора  
PVF2A501A11

Таблиця 1.7 - Основні характеристики підстроювального резистора

| Part Number | Power Rating | Soldering Method      | Number of Turns<br>(Effective Rotation Angle) | Total Resistance Value | TCR        |
|-------------|--------------|-----------------------|-----------------------------------------------|------------------------|------------|
| PVF2A501A11 | 0.001W(50°C) | Reflow/Soldering Iron | 1(210°±10°)                                   | 500ohm ±30%            | ±500ppm/°C |

## ■ Characteristics

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| Temperature Cycle            | $\Delta TR \pm 5\%$      |
| Humidity                     | $\Delta TR \pm 15, -2\%$ |
| Vibration                    | $\Delta V.S.S. \pm 5\%$  |
| Shock (100G)                 | $\Delta V.S.S. \pm 5\%$  |
| Temperature Load Life        | $\Delta TR +2, -10\%$    |
| Low Temperature Exposure     | $\Delta TR \pm 3\%$      |
| Rotational Life (100 cycles) | $\Delta TR \pm 10\%$     |

Для стабілізації частоти використовують кварцовий резонатор SM26F Jauch, зображений на рисунку 1.17.

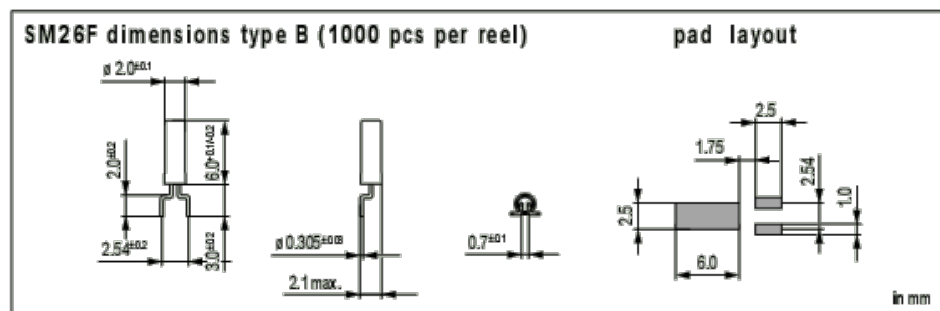


Рисунок 1.17 – Кварцовий резонатор SM26F

Електричні параметри резонатора SM26F

Діапазон частот, КГц, 32768

Температурна стабільність, °C - 40 ...+ 85

Ємність шунта, пФ, 7

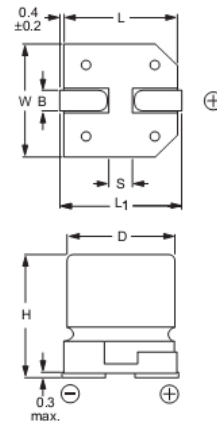
Місткість завантаження, пФ, 10...32

Опір ізоляції, МОм 500 min

Інтенсивність відмов, 1/год 0,2

У функціональному блоці автомата – прогрівача використовуються 3 види конденсаторів:

- оксидні електролітичні 150 CLZ Vishay (рисунок 1.18);
- керамічний підстроювальний TZC3P300A110B00 Murata (рисунок 1.19);
- керамічні, постійної ємності GRP15 Murata (рис. 1.20).



| DIMENSIONS in millimeters AND MASS |           |                  |                  |                  |     |                  |     |                    |          |
|------------------------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|-----|------------------|-----|--------------------|----------|
| NOMINAL CASE SIZE<br>L x W x H     | CASE CODE | L <sub>max</sub> | W <sub>max</sub> | H <sub>max</sub> | ∅D  | B <sub>max</sub> | S   | L <sub>1 max</sub> | MASS (g) |
| 8 x 8 x 10                         | 0810      | 8.5              | 8.5              | 10.5             | 8.0 | 1.0              | 3.1 | 9.9                | ≈1.0     |

Рисунок 1.18 – Габаритні розміри конденсатора 150 CLZ

Електричні характеристики електролітичного конденсатора 150 CLZ представлені у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Основні характеристики конденсатора 150 CLZ

| ELECTRICAL DATA AND ORDERING INFORMATION |                        |                                        |                                             |                                  |                 |                     |                                  |
|------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------------|
| U <sub>R</sub><br>(V)                    | C <sub>R</sub><br>(μF) | NOMINAL CASE SIZE<br>L x W x H<br>(mm) | I <sub>R</sub><br>105 °C<br>100 kHz<br>(mA) | I <sub>L2</sub><br>2 min<br>(μA) | Tan δ<br>100 Hz | Z<br>100 kHz<br>(Ω) | CATALOG NUMBER<br>2222 150 ..... |
| 6.3                                      | 470                    | 8 x 8 x 10                             | 435                                         | 30                               | 0.24            | 0.25                | 95311                            |
|                                          | 1000                   | 10 x 10 x 10                           | 670                                         | 63                               | 0.24            | 0.13                | 95301                            |
| 10                                       | 330                    | 8 x 8 x 10                             | 435                                         | 33                               | 0.20            | 0.25                | 95411                            |
|                                          | 470                    | 8 x 8 x 10                             | 435                                         | 47                               | 0.20            | 0.25                | 95412                            |
|                                          | 680                    | 10 x 10 x 10                           | 670                                         | 68                               | 0.20            | 0.13                | 95401                            |
|                                          | 1000                   | 10 x 10 x 14                           | 850                                         | 100                              | 0.20            | 0.10                | 95402                            |
| 16                                       | 220                    | 8 x 8 x 10                             | 435                                         | 35                               | 0.16            | 0.25                | 95511                            |
|                                          | 330                    | 8 x 8 x 10                             | 435                                         | 53                               | 0.16            | 0.25                | 95512                            |
|                                          | 470                    | 10 x 10 x 10                           | 670                                         | 75                               | 0.16            | 0.13                | 95501                            |
|                                          | 680                    | 10 x 10 x 14                           | 850                                         | 109                              | 0.16            | 0.10                | 95502                            |

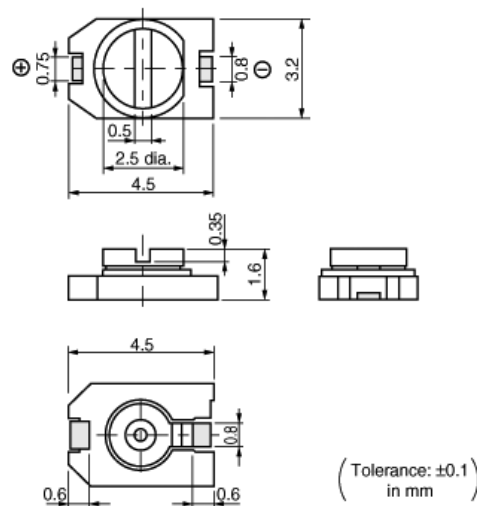


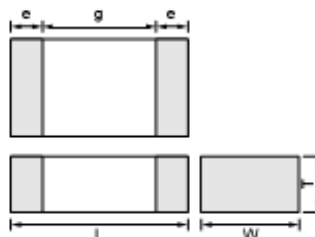
Рисунок 1.19 – Габаритні розміри конденсатора TZC3P300A110B00

Електричні характеристики підстроювального конденсатора TZC3P300A110B00 Murata представлені в таблиці 1.9

Таблиця 1.9 – Основні характеристики конденсатора TZC3P300A110

|                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| Global Part Number           | TZC3P300A110B00        |
| Previous Part Number         | TZC03P300A110          |
| Cmin. (max.)                 | 6.5pF                  |
| Cmax.                        | 30.0pF +50/-0%         |
| TC                           | N1200±500ppm/°C        |
| Q                            | 300min. at 1MHz, Cmax. |
| Rated Voltage                | 100Vdc                 |
| Withstanding Voltage         | 220Vdc                 |
| Insulation Resistance (min.) | 10000M ohm             |
| Torque                       | 1.5 to 9.8mNm          |
| Operating Temperature Range  | -45 to +85°C           |
| Stator/Case Color            | Green                  |
| Adjustment Direction         | Top                    |
| Soldering Method             | Reflow                 |
| Height                       | 1.6mm ±0.1             |
| Weight                       | 0.05g                  |

Інтенсивність відмов,  $1/\text{ч} \cdot 10^{-7} - 1,2$



| Part Number | Dimensions (mm) |           |           |             |        |
|-------------|-----------------|-----------|-----------|-------------|--------|
|             | L               | W         | T         | e           | g min. |
| GRP155      | 1.0 ±0.05       | 0.5 ±0.05 | 0.5 ±0.05 | 0.15 to 0.3 | 0.4    |
| GRM155      |                 |           |           |             |        |
| GRM188*     | 1.6 ±0.1        | 0.8 ±0.1  | 0.8 ±0.1  | 0.2 to 0.5  | 0.5    |
| GRM216      | 2.0 ±0.1        | 1.25 ±0.1 | 0.6 ±0.1  | 0.2 to 0.7  | 0.7    |
| GRM219      |                 |           | 0.85 ±0.1 |             |        |
| GRM21B      |                 |           | 1.25 ±0.1 |             |        |
| GRM319      | 3.2 ±0.15       | 1.6 ±0.15 | 0.85 ±0.1 | 0.3 to 0.8  | 1.5    |
| GRM31M      |                 |           | 1.15 ±0.1 |             |        |
| GRM31C      | 3.2 ±0.2        | 1.6 ±0.2  | 1.6 ±0.2  |             |        |

Рисунок 1.19 – Габаритні розміри конденсатора GRP15

Електричні характеристики керамічного конденсатора GRP15 Murata представлені у таблиці 1.10

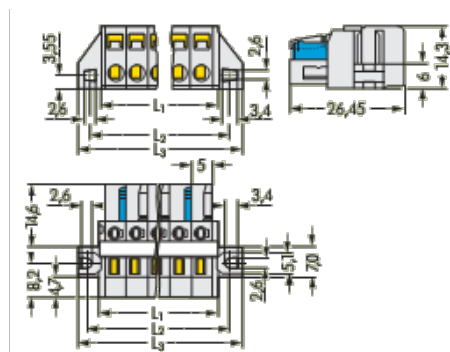
Таблиця 1.10 – Основні характеристики конденсатора GRP15

| No. | Item                  | Specification                                         |                                                                                   |
|-----|-----------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|     |                       | Temperature Compensating Type                         | High Dielectric Type                                                              |
| 1   | Operating Temperature | -55 to +125°C                                         | R6 : -55 to +85°C<br>R7 : -55 to +125°C<br>E4 : +10 to +85°C<br>F5 : -30 to +85°C |
| 2   | Rated Voltage         | See the previous page.                                |                                                                                   |
| 3   | Appearance            | No defects or abnormalities.                          |                                                                                   |
| 4   | Dimensions            | Within the specified dimensions.                      |                                                                                   |
| 5   | Dielectric Strength   | No defects or abnormalities.                          |                                                                                   |
| 6   | Insulation Resistance | More than 10,000MΩ or 500Ω • F (Whichever is smaller) |                                                                                   |
| 7   | Capacitance           | Within the specified tolerance.                       |                                                                                   |

1. Terminations are made of metal highly resistant to migration.
2. The GRM series is a complete line of chip ceramic capacitors in 6.3V, 10V, 16V, 25V, 50V and 100V ratings. These capacitors have temperature characteristics ranging from C0G to Y5V.
3. A wide selection of sizes is available, from the miniature LxWxT: 1.0x0.5x0.5mm to LxWxT: 3.2x1.6x1.15 mm.

Інтенсивність відмов, 1/год – 0,8

Для здійснення електричного зв'язку між блоками АППД та автомобілем використані чотириконтактні роз'єми 721-106/027-000, а також 721-102/037-000 Wago, зображені на рисунках 1.21 та 1.22.



Шаг контактов 5 мм, светлосерый  
 0.08 – 2.5 мм<sup>2</sup> | AWG 28 – 12  
 250 В/4 кВ/3 | 300 В, 15 А  
 16 А | 300 В, 15 А @

Рисунок 1.21 – Габаритні розміри роз'єму 721-106/027-000

Прохідні розетки (вилки) із затискачем CAGE CLAMP з кріпильними фланцями, , 100% захист від неправильного підключення, з бандажом, що посилює, з кодир.штифтами, з 2 засувками, світло-сірі. Інтенсивність відмов, 1/год - 2.

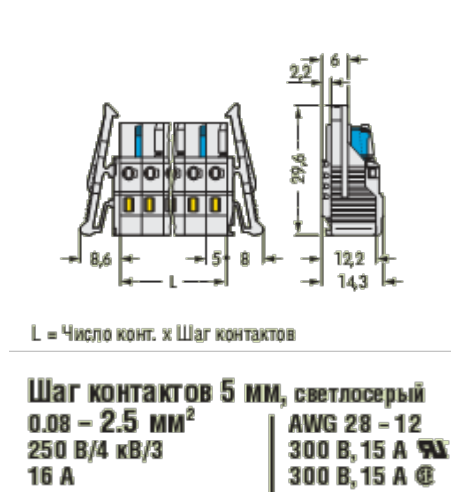


Рисунок 1.22 – Габаритні розміри гнізда 721-102/037-000

Розетки (вилки) із затискачем CAGE CLAMP із фіксаторами, 100% захист від невірної підключення, з кодир. штифтами, з 2 засувками, світло-сірі. Інтенсивність відмов, 1/год - 2.

Вимикачі R13 208F та R13 112B2 Arcoelectric, необхідні для перемикання режимів роботи та включення живлення представлені на рисунках 1.23 та 1.24.

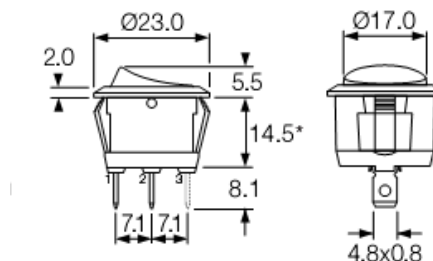


Рисунок 1.23 – Габаритні розміри вимикача R13 208F

Основні характеристики R13 208F:

- кількість полюсів – 1,2;
- комутований струм від до 2 А;
- напруга від до 250 В;

- робоча температура від мінус 60 0C до плюс 100 0C;
- маса вимикача трохи більше 10 р.
- інтенсивність відмов, 1 / год - 2,6.

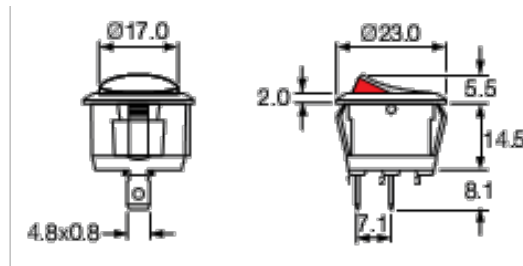


Рисунок 1.24 – Габаритні розміри вимикача R13 112B2

Основні характеристики R13 112B2:

- кількість полюсів – 1,2;
- комутований струм від до 2 А;
- напруга від до 250 В;
- робоча температура від мінус 60 0C до плюс 100 0C;
- маса тумблера не більше 10 г.
- інтенсивність відмов, 1 / год - 2,6.

Для забезпечення електричного контакту між АППД, акумуляторною батареєю та системою запалювання використовується чотирижильний кабель, на один із кінців якого монтуються наконечники 2-520407-2 AMP зображені на рисунку 1.25.

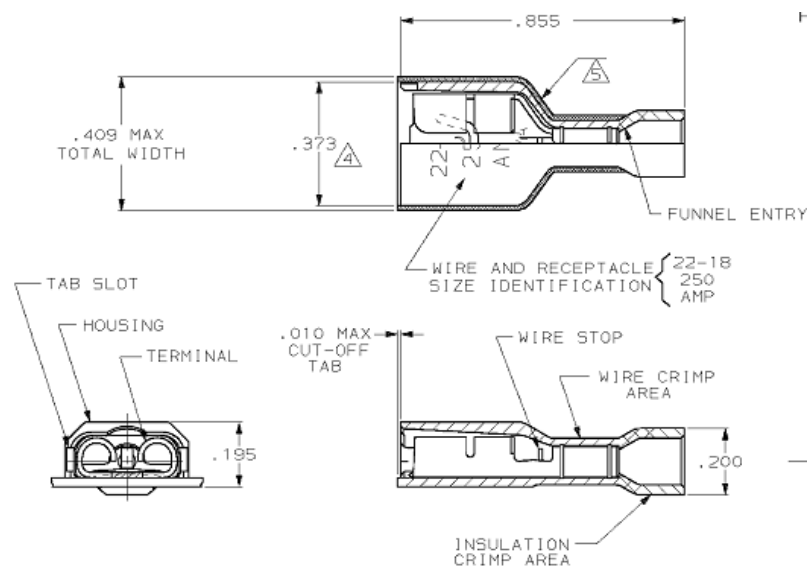


Рисунок 1.25 – Наконечник 2-520407-2 AMP

У верхньому правому куті передньої панелі корпусу функціонального блоку АППД необхідно передбачити отвір діаметром 2,5 мм, для монтажу світловипромінюючого діода AA3528ES. Друковану плату пристрою необхідно розташувати горизонтально. Це викликано естетичними вимогами, а також для забезпечення зручності розташування ЕРЕ на платі, зокрема виділення необхідного простору розташування мікросхем в один ряд. Також у верхній та нижній площині корпусу необхідно передбачити отвори для забезпечення доступу до чотирьохконтактних роз'ємів функціонального блоку АППД. Причому, на ДП функціонального блоку АППД необхідно встановити як роз'єм «ЖИВЛЕННЯ» вилку 721-106/027-000 Wago, а як роз'єм «УПРАВЛІННЯ» – розетку 721-106/037-000 Wago. Кабель, що підключається до роз'єму «ЖИВЛЕННЯ» функціонального блоку АППД, з одного боку має 4 наконечники, для підключення до акумуляторної батареї та системи запалювання автомобіля, з іншого – розетку 721-102/037-000 Wago, з нанесеним маркуванням «ЖИВЛЕННЯ». Кабель, що підключається до роз'єму «УПРАВЛІННЯ» функціонального блоку АППД, з одного боку підключається безпосередньо до функціонального блоку АППД, що розташовується в салоні автомобіля, а з іншого – має вилку 721-102/027-000 Wago, з нанесеним маркуванням «УПРАВЛІННЯ», як показано на рисунку 1.2.

У передній панелі блоку управління АППД повинні бути передбачені два отвори діаметром 21 мм для установки вимикачів R13 208F і R13 112B2 Arcoelectric (рисунок 1.4). У задній панелі блоку управління АППД має бути передбачений отвір для підведення кабелю живлення безпосередньо до вимикача.

Підсумовуючи можна сказати, що це запропоновані елементи задовольняють умовам експлуатації загалом.

## 1.5 Розробка додаткових вимог щодо конструкції

Після аналізу ТЗ, сформулюємо вимоги, які необхідно виконати у процесі конструювання пристрою:

- а) виконання - ЕА, що транспортується;
- б) діапазон температур навколишнього середовища від мінус 40 до плюс 40 С;
- в) відносна вологість повітря за температури плюс 25°С від 40 до 90 %;
- г) атмосферний тиск від 84 до 107 кПа;
- д) немає необхідності застосовувати спеціальні заходи щодо віброізоляції;
- е) напрацювання на відмову виробу, що проектується, повинно становити не менше 100000 годин;
- ж) ймовірність безвідмовної роботи має бути на рівні 0,80...0,95 за 10000 годин;
- з) друкована плата має бути виконана за 3-м класом точності;
- і) розташування друкованої плати у корпусі – горизонтальне;
- к) захисні покриття корпусу від дії вологи виконати з використанням лакофарбових матеріалів;
- л) для металевих виробів застосувати лакофарбове покриття чи хімічне оксидування;
- м) для забезпечення нормального теплового режиму передбачається застосування повітряного природного охолодження;
- н) напруга живлення – 12В;
- о) споживаний струм – трохи більше 200 мА;
- д) орієнтовні розміри ДП -120х60 мм;
- р) крок координатної сітки за третім класом точності – 1,25 мм.

## 2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

### 2.1 Вибір типу та розмірів друкованої плати

Розміри друкованої плати визначаються безпосередньо до розміщення на ній ЕРЕ. Площа ДП визначається за такою формулою (2.1).

$$S_n = \sum_{i=1}^n S_{ie} / K_y, \quad (2.1)$$

где  $S_{ie}$  – площа елемента  $i$ -го типу;

$n$  – кількість елементів  $i$ -го типу;

$K_y$  – коефіцієнт заповнення площі плати.

Коефіцієнт заповнення приймає такі значення:

а) 0,4...0,6 – для елементної бази третього покоління

б) 0,45 ... 0,75 - для четвертого покоління.

Визначимо площі елементів кожного типу:

$$S_1 = 19,9 \cdot 6,5 = 129,35 \text{ мм}^2;$$

$$S_2 = 20,3 \cdot 6,3 = 127,89 \text{ мм}^2;$$

$$S_3 = 3 \cdot (19,9 \cdot 6,5) = 3,88,05 \text{ мм}^2;$$

$$S_4 = \pi \cdot 3^2 = 28,27 \text{ мм}^2;$$

$$S_5 = 7 \cdot 5 = 35 \text{ мм}^2;$$

$$S_6 = 4 \cdot (12 \cdot 4) = 192 \text{ мм}^2;$$

$$S_7 = 7,5 \cdot 3 = 22,5 \text{ мм}^2;$$

$$S_8 = 5 \cdot (7,2 \cdot 3) = 108 \text{ мм}^2;$$

$$S_9 = 2 \cdot (10,7 \cdot 4,8) = 102,72 \text{ мм}^2;$$

$$S_{10} = 5 \cdot (7,8 \cdot 2,8) = 109,2 \text{ мм}^2;$$

$$S_{11} = 23 \cdot (6 \cdot 2,2) = 303,6 \text{ мм}^2;$$

$$S_{12} = \pi \cdot 5,5^2 = 95,033 \text{ мм}^2;$$

$$S_{13} = 11,5 \cdot 5 = 57,5 \text{ мм}^2;$$

$$S_{14} = 9 \cdot (\pi \cdot 4^2) = 452,4 \text{ мм}^2;$$

$$S_{15} = \pi \cdot 2,5^2 = 19,64 \text{ мм}^2;$$

$$S_{16} = 3 \cdot (5,6 \cdot 11,5) = 193,2 \text{ мм}^2;$$

$$S_{17} = 4 \cdot 2,54 = 10,16 \text{ мм}^2;$$

$$\sum_{i=1}^n S_{ie} = 2375 \text{ мм}^2;$$

За формулою (2.1) визначимо площу друкованої плати блоку

$$S_n = \frac{2375}{0,4} = 5937,5 \text{ мм}^2.$$

Згідно з розрахунку, ДП матиме розміри: 120\* 60 мм.

Матеріал для виробництва блока АППД - склотекстоліт СФ-2-35-1,5.

## 2.2 Конструктивно – технологічний розрахунок друкованої плати

Таблиця 2.1 - Значення основних параметрів друкарського монтажу

| Найменування розрахункового елемента                          | Позначення | Значення параметрів для 3 класу точності ДП |
|---------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------|
| Ширина провідника, мм                                         | $t_M$      | 0,25                                        |
| Відстань між краями сусідніх елементів провідного рисунка, мм | $S_M$      | 0,25                                        |
| Відношення діаметра металізованого отвору до товщини плати    | $I$        | 0,33                                        |
| Ширина гарантійного пояса, мм                                 | $b_M$      | 0,10                                        |

У проектованій ДП функціонального блоку, монтажних отворів, призначених для кріплення НЕ, не передбачається, оскільки вся елементна база АППД складається лише з компонентів поверхневого монтажу, але є перехідні (металізовані) отвори. Тому розрахунок проводитиметься лише одного виду отворів.

Мінімальний діаметр перехідного отвору визначається із співвідношення (2.2)

$$d_{\text{ПО}} \geq I \cdot H_{\text{П}} = 0,33 \cdot 1,5 = 0,495 \text{ мм}, \quad (2.2)$$

де,  $H_{\text{П}}$  – товщина друкованої плати ( $H_{\text{П}} = 1,5 \text{ мм}$ );

Приймаємо найближчий стандартний діаметр перехідного отвору  $d_{\text{ПО}} = 0,7 \text{ мм}$ .

Номінальне значення ширини провідника  $t$  розраховують за формулою (2.3)

$$t = t_M + |\Delta t_{HO}|, \quad (2.3)$$

де  $t_M$  – мінімальна допустима ширина провідника;

$|\Delta t_{HO}|$  – нижнє граничне відхилення ширини провідника. Значення цього параметра перебуває у таблиці 2.2, у якій зазначені допустимі похибки виконання конструктивних елементів третього класу точності.

За формулою (2.3) розраховуємо номінальне значення ширини провідника

$$t = 0,25 + 0,08 = 0,33 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $t = 0,35$  мм.

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами друкованого малюнка визначається за такою формулою (2.4)

$$S = S_M + \Delta t_{BO} = 0,25 + 0,1 = 0,35 \text{ мм,} \quad (2.4)$$

де  $S_M$  – мінімально допустиме відстань між сусідніми елементами проводового рисунка;

$\Delta t_{BO}$  – верхнє граничне відхилення ширини провідника (см. таблицю 2.2).

Приймаємо  $S = 0,4$  мм.

Розрахунок діаметра контактної площадки перехідних витків виробляємо за формулою (2.5)

$$D = (d_{MO} + \Delta d_{BO}) + 2 \cdot b_M + \Delta t_{BO} + 2 \cdot \Delta d_{TP} + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_{HO}^2}, \quad (2.5)$$

де  $\Delta d_{BO}$  - верхнє переднє відхилення діаметра отвору (см. таблицю 2.2)

$\Delta d_{TP}$  – підтравлювання діелектрика (для багатошарових друкованих плат приймається рівна 0,03 мм).

Таблиця 2.2 – Допуски на елементи друкарського монтажу

| Похибка                                                                                    | Позначення | Значення, мм             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------|
| Допуск на отвір без металізації<br>При $\varnothing \leq 1$ мм<br>При $\varnothing > 1$ мм | $\Delta d$ | $\pm 0,05$<br>$\pm 0,10$ |
| Допуск на ширину провідника<br>з покриттям                                                 | $\Delta t$ | $+0,10$<br>$-0,08$       |
| Допуск при розташуванні отворів<br>При розмірі ДП, мм<br>$L \leq 180$                      | $\delta d$ | 0,08                     |
| Допуск на розташування контактних<br>майданчиків, мм при<br>$L \leq 180$                   | $\delta p$ | 0,2                      |
| Допуск на розташування провідників                                                         | $\delta l$ | 0,05                     |

За формулою (2.5) розраховуємо мінімальний діаметр контактних майданчиків перехідних отворів.

Приймаємо:  $D1 = 1,3$  мм.

Розрахунок мінімального простору для проведення n-го числа проводів з контактними площинами діаметрів  $D1$  і  $D2$  виробляють за формулою (2.6)

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S \cdot (n + 1) + \delta l =$$

$$= \frac{1,3 + 1,3}{2} + 0,35 \cdot 1 + 0,4(1 + 1) + 0,05 = 2,5 \text{ мм}, \quad (2.6)$$

де  $n$  – кількість провідників.

Для дискретних КПМ розрахунки виробляємо за формулою:

$$X = W_{MAX} + K, \quad (2.7)$$

де  $X$  – ширина контактної площадки на друкованій платі;

$W_{MAX}$  – максимальна ширина контактної площадки компонента;

$K$  – постійна, що визначається технологічним процесом, залежить від точності друкованого монтажу, точності установки та умов оплавлення припойної пасти (для розрахунку прим.  $K=0,1$  мм);

$$Y = T_{MAX} + K + H_{MAX}, \quad (2.8)$$

де  $Y$  – довжина контактної площадки;

$T_{Max}$  – максимальна довжина контактної площадки компонента;

$H_{Max}$  – максимальна відстань від краю компонента до краю контактної площадки на друкованій платі, необхідне для отримання надійного платного з'єднання.

$$A = L_{Max} - 2 \cdot T_{Max} - K, \quad (2.9)$$

де  $A$  – відстань між контактними майданчиками одного компонента;

$L_{Max}$  – максимальна довжина компонента;

Параметри контактних майданчиків для резисторів і конденсаторів типорозмера 1206, діода BAV100, стабілітрона PLVA600A (приймаємо  $H_{Max}=0,7$  мм):

$$X = 1,6 + 0,1 = 1,7 \text{ мм};$$

$$Y = 0,45 + 0,1 + 0,7 = 1,25 \text{ мм};$$

$$A = 3,1 - 2 \cdot 0,45 - 0,1 = 2,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $X=1,7$  мм;  $Y=1,3$  мм;  $A=2,1$  мм.

Параметри контактних майданчиків для конденсаторів 150 CLZ і кварцевого резонатора SM26F (приймаємо  $H_{Max}=1,4$  мм):

$$X = 2,2 + 0,1 = 2,3 \text{ мм};$$

$$Y = 1,3 + 0,1 + 1,4 = 2,8 \text{ мм};$$

$$A = 5,6 - 2 \cdot 1,3 - 0,1 = 2,9 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $X=2,7$  мм;  $Y=2,8$  мм;  $A=3,1$  мм.

Параметри контактних майданчиків для діодів MRA4003T3, і транзисторів VSR51, VSR53 (приймаємо  $H_{Max}=1,4$  мм):

$$X = 2,2 + 0,1 = 2,3 \text{ мм};$$

$$Y = 1,3 + 0,1 + 1,4 = 2,8 \text{ мм};$$

$$A = 5,6 - 2 \cdot 1,3 - 0,1 = 2,9 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $X=2,3$  мм;  $Y=2,8$  мм;  $A=2,9$  мм.

Виконуємо розрахунок розмірів контактних майданчиків для мікросхеми з планарними висновками за такою формулою:

$$X = P + K, \quad (2.10)$$

де  $P$  – ширина виводу мікросхеми;

$$Y = F + K + H_{MAX}, \quad (2.11)$$

де  $F$  – довжина ділянки виведення, що контактує з друкованим провідником.

Розміри контактних майданчиків для мікросхем в корпусі SOIC (при розрахунках для всіх мікросхем прим.  $H_{MAX}=0,7$  мм):

Розміри контактних майданчиків для мікросхеми 74HC00 в корпусі SOIC-14:

$$X = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ мм};$$

$$Y = 0,5 + 0,1 + 0,7 = 1,3 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $X=0,3$  мм;  $Y=1,3$  мм.

Розміри контактних майданчиків для мікросхем 74HC123D, HEF4938B в корпусі SOIC-16:

$$X = 0,49 + 0,1 = 0,59 \text{ мм};$$

$$Y = 0,4 + 0,1 + 0,7 = 1,2 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $X=0,6$  мм;  $Y=1,2$  мм.

Відстань між контактними майданчиками рівно кроку виводів відповідної мікросхеми.

Отримані значення параметрів конструктивно – технологічного розрахунку можуть змінюватися в сторону збільшення, на основі електричного розрахунку тих же елементів за постійним током, які наведені в наступному розділі – 2.3.

### 2.3 Розрахунок по постійному току

Основними електричними властивостями ДП по постійному току є спротив провідників і діелектрична міцність основи друкованої плати, переважувальна здатність провідників по току.

Ширина друкованих провідників «землі» і харчування визначається за формулою (2.7)

$$t_{ПЗ} \geq P_{IC} \cdot \rho [m \cdot n(n+1)t_y + (m^3 + 3m)t_x / 2] / (0,01E^2h_\phi), \quad (2.12)$$

де –  $P_{МС}$  потужність МС, Вт;

$m$  – кількість МС в одному ряду;

$n$  – кількість рядів МС на платі;

$t_x, t_y$  – крок розміщення МС, м;

$t_x, t_y$  – удельное сопротивление проводника ( $=0,0175 \cdot 10^{-6}$ );

$h_\phi$  – товщина фольги;

$E$  – номінальне значення напруги живлення.

Розраховуємо ширину проводів цепей живлення і «землі» для мікросхем у яких найбільше значення споживаної потужності, то є для – 74HC123D Philips і HEF4938B Philips.

$$t_{ПЗ2} \geq 0,3 \cdot 0,0175 \cdot 10^{-6} [5 \cdot (1+1) \cdot 0,02 + (5^3 + 3 \cdot 5) \cdot 0,02 / 2] / (0,01 \cdot 5^2 \cdot 35 \cdot 10^{-6}) = 1,31 \text{ мм};$$

Приймаємо ширину цепей живлення і «землі» – 2 мм;

Кількість контактів з'єднувача розраховується за формулою (2.8)

$$h_K = \frac{t_{ПЗ} h_\phi}{S}, \quad (2.13)$$

де  $S$  – мінімальна відстань між провідниками.

Мінімальна відстань  $S$  між провідниками живлення і «землі» для нормального атмосферного тиску вибирають на основі даних таблиці 2.3, в залежності від напруги між сусідніми провідниками. Для оброблюваної друкованої плати мінімальний зазор становить 0,25 мм.

Таблиця 2.3 – Значення зазорів між сусідніми провідниками

|                |        |         |          |           |           |
|----------------|--------|---------|----------|-----------|-----------|
| Напруження, В  | 0...30 | 31...50 | 51...100 | 101...300 | 300...500 |
| Мін. зазор, мм | 0,25   | 0,40    | 0,50     | 0,75      | 1,5       |

Виходячи з виражень (2.8) знаходимо кількість контактів з'єднувача

$$n_k = \frac{t_{пз} h_{\Phi}}{S} = \frac{1 \cdot 0,035}{0,25} = 0,14 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n_k = 1$ , один на живлення і один на «землю».

Отримані результати розрахунку по постійному току уточнюють прийняті раніше розміри друкованого монтажу. Розрахунок показав можливість нормального функціонування проектованого виробу з точки зору навантажувальної здатності провідників по току і напруженню.

## 2.4 Розрахунок теплового режиму

Цей пристрій використовує природний метод охолодження. При цьому методі теплонавантажені елементи охолоджуються за рахунок природної конвекції повітря, теплопровідності та ізоляції. Потужність основних тепловиділяючих елементів - транзисторів IRFZ48VS International Rectifier - становить 0,3 Вт, тому додатковий захід для забезпечення нормального теплового режиму не враховується.

Розрахунок виготовлений на ЕВМ за наявною програмою. Методика, за якою виготовлявся розрахунок, має погрішність не вище  $\pm 10\%$ . Розрахунок ведеться для перфорованого корпусу.

Вихідними даними до розрахунку є:

- площа розсіювання елементів;
- тип використовуваного корпусу;
- розміри блоку;
- температура зовнішньої середовища;

- потужність, що розсіюється в блоці;
- коефіцієнт заповнення блоку;

Результати розрахунку наведені в додатку А (температура нагрітої зони 48,01°C, температура повітря 47,37°C, температура поверхні елементів 48,91°C). За результатами можна зробити висновок про можливість в проектуваному застосуванні пристроїв природного охолодження, т.к. полученные результаты удовлетворяют техническим условиям.

## **2.5 Розрахунок надійності АППД**

Основними елементами, які знижують надійність розробляемого автомата – прогрівача, є комутаційні елементи (роз'єми, виключателі), а також мікросхеми великого ступеня інтеграції. Результати розрахунку наведені в приложенні Б. За результатами розрахунків (після 10000 годин роботи ймовірність безвідмовної роботи склала 0,9487, робота на відмову склала 148182 години) можна зробити висновок про те, що отримані дані відповідають вимогам ТЗ на розробку. Тому прийняття заходів по підвищенню надійності АППД, а саме заміна роз'ємів і виключателей на більш дорогі економічні нецільсообразна.

## **2.6 Трасування друкованого монтажу**

Після розрахунків приступають к розміщенню елементів та трасуванню друкованого монтажу. Треба, відповідно ДСТУ забезпечити раціональне розміщення НЕ з урахуванням критеріїв, забезпеченням мінімальних значень довжин зв'язків, кількості переходів друкованих провідників з шару в шар; паразитних зв'язків між елементами; по можливості рівномірне розподілення НЕ на поверхні ДП, з установкою елементів з більшою масою поблизу місць механічного кріплення плати.

При трасуванні друкованої плати даного АППД необхідно в першу чергу звернути увагу на послідовність її проведення. У першу чергу

виконується трасування цепей, які мають найбільшу довжину і ширину, то є цепі «землі» і живлення, а потім сигнальні, комутаційні та індикаційні цепі.

## **2.7 Розміщення органів управління, індикації та підключення**

Як уже було сказано вище, форма розробляється пристрою являє собою паралелепіпед з габаритними розмірами 130x70x30 мм. Зовнішній вигляд корпусу функціонального блоку АППД являє собою вертикально розташований паралелепіпед, що має спеціальні кронштейни для кріплення, на лівій панелі яких розташовані:

- а) маркування найменування пристрою,
- б) елементи кріплення верхньої кришки корпусу,
- в) світлодіод, сигналізуючий функціонування АППД.

У верхній і крайній плоскостях корпусу розташовані отвори для установки роз'ємних пристроїв. Над цими отворами повинні розташовуватися маркировки: «КЕРУВАННЯ» і «ЖИВЛЕННЯ», відповідно. Верхня кришка корпусу передбачається з'явитися для забезпечення доступу до ДП. До кольору, корпусу пристрою, жорстких вимог не пред'являється. Не допускається лише його окраска в червоний колір і тон, близький до червоного, так як при цьому ухудшитися сприйнятливість людського ока до індикації світлодіода. Зовнішній вигляд корпусу функціонального блоку АППД представлений на рисунку 1.2.

Зовнішній вигляд корпусу блоку управління являє собою паралелепіпед, а також має спеціальні елементи кріплення, на лицьовій панелі яких встановлено два вимикача. У задній панелі корпусу розташовані розвороти для забезпечення підводу кабелю живлення до вимикачів. Після проведення аналізу сучасних тенденцій моди в техніці були обрані спеціальні вимикачі з індикацією круглої форми, які представлені на рисунку 1.3.

Також були виключені з форми корпусу продовжні острі грані, щоб отримати максимальну оптичність корпусу для гармонічного поєднання

блоку управління АППД з салоном автомобіля. У зв'язку з тим, що блок управління встановлюється в салоні автомобіля, де виключається потрапляння вологи і вплив підвищених механічних вібрацій, матеріал корпусу – пластик. Колір корпусу повинен бути темних тонів, щоб забезпечити максимальний контраст зі свічкою вимикача. Зовнішній вигляд корпусу блоку управління АУПД представлений на рисунку 1.4.

АППД буде монтуватися на борту автомобіля таким чином. Функціональний блок АППД буде розміщено в моторному відсіку автомобіля, в безпосередній близькості від блоку передохоронців автомобіля (в окремих випадках розташування функціонального блоку АППД може бути змінено). Блок повинен розміщуватися таким чином, щоб світлодіод, розташований на панелі особового пристрою, був у полі зору користувача АППД при відкритті кришки капота автомобіля, на якому використовується АППД. Корпус функціонального блоку кріпиться на кузов автомобіля за допомогою спеціальних елементів кріплення корпусу і чотирьох самонарізних винтів, як показано на рисунку 1.7.

Функціональний блок АППД підключається до системи автомобіля за допомогою кабелю, як уже було показано на рисунках 1.1.

Блок управління АППД встановлюється в салоні автомобіля, возле замка зажигания таким чином, щоб забезпечити вільний доступ до вимикачів блоку. Корпус бока управління також має спеціальні елементи кріплення. Із задньої панелі корпусу виходить кабель, в кінці якого встановлений роз'єм «КЕРУВАННЯ». Цей кабель підключається до функціонального блоку АППД у відповідний роз'єм.

## **3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ АППД**

### **3.1 Структура технології виготовлення АППД**

Обираючи технологію виготовлення АППД треба враховувати, що типові технологічні процеси можуть знизити витрати на виробництво та підвищити продуктивність. Це можливо, якщо використовувати автоматизацію та механізацію.

На виробництві освоєно найбільш прогресивний метод виготовлення плати - комбінований позитивний метод, що дозволяє суттєво скоротити кількість операцій та нераціональне використання матеріалів; виконання одностороннього розміщення та автоматизації встановлення навісних елементів; застосування технології нанесення припійної пасти за допомогою трафарету, яка є груповим методом, що дозволяє отримати за мінімальний проміжок часу всі паяні сполуки.

Далі, після виготовлення плати, будемо встановлювати елементи, АППД має елементи, які встановлюються в отворі, компоненти поверхневого монтажу, а також і оригінальні елементи такі як резонатори та підстроювальні резистори встановлюються на світломонтажних столах, що дозволяє збільшити продуктивність та зменшити вплив людського фактора.

Така технологія дозволяє забезпечити досить високу гнучкість виробництва за мінімального впливу людського чинника на якість продукції, що виготовляється.

Усі технологічні процеси та операції при виготовленні АППД можна розбити на наступні групи операцій:

- виготовлення ДП;
- встановлення та монтаж КІМ на ДП.
- отримання контактних з'єднань висновків елементів з друкованим монтажем;

- функціональний контроль монтажу та параметрів блоку;
- покриття вологозахисним шаром.

### СХЕМА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

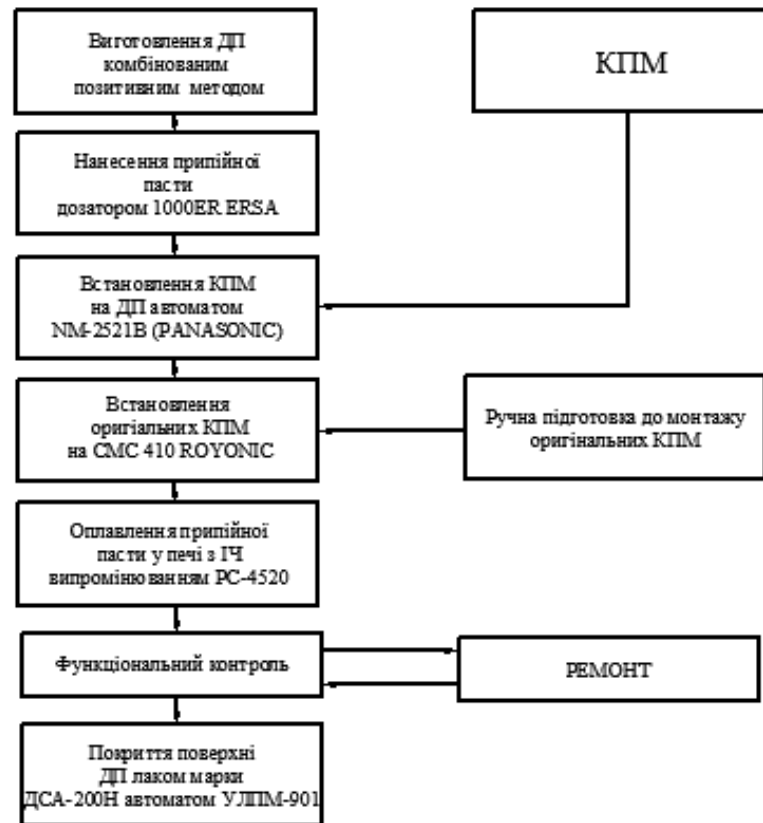


Рисунок 3.1 – Структурна схема виготовлення функціонального блоку АПД

### 3.2 Аналіз технологічності виробу

Розрахунок технологічності дозволяє отримати інформацію щодо якості виробу, це конструкторські та технологічні характеристики.

Для того, щоб оцінити технологічність розраховують комплексний показник технологічності, який складається з відносних показників. Для аналізу технологічності виробу з цих показників вибираємо 5 показників, що

характеризують найбільш трудомісткі операції виготовлення виробу. Значення основних показників використовуються в межах

$$0 < K_i < 1.$$

Збільшення показника відповідає вищій технологічності виробу.

Розрахуємо коефіцієнт автоматизації та механізації підготовки елементів до монтажу за формулою (3.1)

$$K_{\text{ПМ}} = \frac{H_{\text{ПМ}}}{H_{\text{З}} + H_{\text{С}}} = \frac{58}{61 + 5} = 0,968, \quad (3.1)$$

де  $H_{\text{ПМ}}$  – число ЕРЕ та ІМС, підготовка яких до монтажу здійснюється механізованим або автоматизованим способом;

$H_{\text{З}}$  – загальна кількість ЕРЕ;

$H_{\text{С}}$  – загальна кількість мікросхем та мікроскладань.

Коефіцієнт автоматизації та механізації монтажу знаходимо за формулою (3.2)

$$K_{\text{АМ}} = \frac{H_{\text{А}}}{H_{\text{М}}} = \frac{202}{209} = 0,97, \quad (3.2)$$

де  $H_{\text{А}}$  – число електричних монтажних з'єднань, що здійснюються груповим автоматизованим або механізованим способами;

$H_{\text{М}}$  – загальна кількість електричних монтажних з'єднань.

Коефіцієнт застосування ЕРЕ знаходимо за формулою (3.3)

$$K_{\text{П}} = 1 - \frac{H_{\text{ТО}}}{H_{\text{Т}}} = 1 - \frac{1}{3} = 0,7 \quad (3.3)$$

де  $H_{\text{ТО}}$  – число типорозмірів оригінальних ЕРЕ;

$H_{\text{Т}}$  – число всіх типорозмірів ЕРЕ.

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ визначаємо виходячи з формули (3.4)

$$K_{\text{пов}} = 1 - \frac{H_T}{H_{\text{э}} + H_C} = 1 - \frac{3}{61 + 5} = 0,952. \quad (3.4)$$

За формулою (3.5) знаходимо коефіцієнт використання мікросхем та мікроскладань

$$K_{\text{и}} = \frac{H_C}{H_{\text{э}} + H_C} = \frac{5}{61 + 5} = 0,08. \quad (3.5)$$

Розподілимо по ранжиру всі базові показники:

- 1)  $K_{\text{ам}}$ ;
- 2)  $K_{\text{пм}}$ ;
- 3)  $K_{\text{п}}$ ;
- 4)  $K_{\text{и}}$ ;
- 5)  $K_{\text{пов}}$ .

Визначимо коефіцієнти впливу  $\varphi_i$  за формулою (3.6)

$$\varphi_i = \frac{i}{2^{i-1}}, \quad (3.6)$$

де  $i$  – порядковий номер базового показника  $K_i$  ранжированной послідовності.

$$\varphi_1 = \frac{1}{2^0} = 1; \varphi_2 = \frac{2}{2^1} = 1; \varphi_3 = \frac{3}{2^{3-1}} = 0,75; \varphi_4 = 0,5; \varphi_5 = \frac{5}{2^{5-1}} = 0,31;$$

$$\sum_{i=1}^5 \varphi_i = 3,56.$$

Визначимо комплексний показник, який визначається на основі базових показників за формулою (3.7):

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} = \frac{0,97 \cdot 1 + 0,968 \cdot 1 + 0,7 \cdot 0,75 + 0,08 \cdot 0,5 + 0,952 \cdot 0,31}{3,56} = 0,79 \quad (3.7)$$

де  $K_i$  – розрахований базовий показник;

$n$  – число базових показників,  $n = 5$ .

Рівень технологічності конструкції виробу за відомого нормативного показника  $K_H=0,8$  оцінюється відношенням отриманого комплексного показника до нормативного, яке має задовольняти умову (3.8)

$$K / K_H \geq 1, \quad (3.8)$$

у нашому випадку:

$$0,79 / 0,8 = 0,9 > 1,$$

що задовольняє умові.

Виходячи з отриманого результату можна зробити висновок, що технологія виготовлення АППД є технологічною та прийнятною як з економічної точки зору, так і конструкторсько-технологічною. Подальше значне підвищення технологічності виробу неможливе у зв'язку з тим, що в даному пристрої максимально використані сучасні технології, а також компоненти поверхневого монтажу зарубіжного виробництва, що дозволило скоротити витрати на придбання автоматів для встановлення ЕРЕ кожного типоміналу, а також зменшити кількість операцій підготовки НЕ для монтажу на ДП. Подальше підвищення технологічності можливе лише за рахунок впровадження hi-end технологій у галузі автоматизації технологічних процесів, що призведе до значного збільшення вартості виробу, що виготовляється.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Проектований автоматичний пристрій підготовки двигуна до роботи призначений для використання на борту автомобіля за температури навколишнього середовища нижче 5 °С.

АППД буде виготовлятися на багатомасштабному підприємстві, а це значить - високий рівень гнучкості виробництва. Ґрунтуючись на СН 245-71, підприємство відноситься до IV класу виробництва - ширина санітарно-захисної зони 200 м, а виробниче приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом.

При такій організації виробництва відповідно до [14] виникає маса небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Підприємство насичене обладнанням, що споживає електричний струм, а значить існує небезпека ураження людини електричним струмом.

При виготовленні пристрою використовують багато операцій - механічна обробка, яка включає роботу на токарному, фрезерному і свердлильному верстатах. При роботі на таких верстатах можливі нещасні випадки в результаті зіткнення з фрезою, поранення робочого стружкою або осколками, що відлітають.

При ручній обробці деталей та складання в основному можуть виникати механічні травми (забиті місця, порізи, уколи тощо).

Крім того, існує небезпека на людину шуму і вібрації.

Виготовлення друкованих плат пов'язане із використанням шкідливих речовин IV-I класу небезпеки. При постійній роботі з ними можуть виникати хімічні опіки, хронічні ураження шкіри, отруєння тощо.

Опіки, ураження електричним струмом, отруєння свинцем, що міститься у припої, електромагнітне випромінювання можуть виникнути під час паяння індивідуальним електропаяльником

#### **4.2 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію та гігієну праці**

Виробнича санітарія та гігієна праці забезпечуються при стабільних метеорологічних умовах.

У поняття метеорологічні умови повітряного середовища входять: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення.

«Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» встановлюють оптимальні та допустимі температуру, відносну вологість та швидкість руху повітря у робочій зоні. Оптимальні показники мікроклімату поширюються всю робочу зону приміщень, допустимі – на постійні і непостійні робочі місця робочої зони. Норми мікроклімату встановлюються залежно від пори року, категорії робіт.

Виходячи з вищевикладеного, для виробництва АППД необхідна площа, яка повинна відповідати вимогам діючих «Санітарних норм проектування промислових підприємств» (СН 245-71) та «Будівельних норм і правил» (СНиП 11-89-80) щодо проектування генеральних планів промислових підприємств та задовольняти санитар. Отже, необхідно провести розрахунки освітлення та вентиляції промислових приміщень для організації виробництва АППД.

При виконанні роботи середньої тяжкості та важкої за високої температури повітря температура тіла може підвищуватися від кількох десятих градусів до 1-2 °С. Найвища температура внутрішніх органів, яку витримує людина +45 °С, мінімальна +25 °С. Основну роль тепловіддачі грає температурний режим шкіри. Її температура змінюється у досить значних

межах і за нормальних умов середня температура шкіри під одягом становить 30-34 °C.

### 4.3 Рекомендації щодо пожежної безпеки

У зв'язку з тим, що АППД, що розробляється, встановлюється на борту автомобіля і, відповідно, має напругу живлення всього 12 V і споживаний струм 200 mA, до того ж пристрій не має легко займистих речовин, отже, ймовірність займання АППД зводиться до нуля. Довести або спростувати викладені вище твердження можуть лише наведені нижче розрахунки.

Виріб вважається таким, що задовольняє вимоги ДСТУ «Пожежна безпека. Загальні положення», якщо воно пройшло випробування у характерному пожежонебезпечному режимі та ймовірність виникнення пожежі не перевищить  $10^{-6}$  на рік.

Для розрахунку ймовірності займання плати функціонального блоку АППД скористаємося даними [14]. За [14, табл.1] вибираємо значення ймовірності займання плати блоку ( $Q_{i\text{воспл}}(\text{ЭРМ})$ ) від транзистора, у зв'язку з тим, що в АППД транзистор IRFZ48VS International Rectifier є найбільш пожежонебезпечним.

Час (безперервної) роботи пожежонебезпечного транзистора –

$$T = 8 \text{ мес} = 5760 \text{ ч}.$$

Ймовірність відмови захисту пожежонебезпечного транзистора –

$$P_{i\text{защ}}(Tp) = 10^{-7}.$$

Розрахунок ймовірності займання транзистора функціонального блоку АППД виконується за такою формулою:

$$Q_{(Tp)\text{АУПД}}^K = \lambda_{(Tp)}^K \cdot T \cdot P_{(Tp)}(KЗ / \text{отк}) \cdot Q_{i\text{воспл}}(Tp) \cdot Q_{i\text{воспл}}(\text{ЭРМ}) \cdot P_{i\text{защ}}(Tp), \quad (4.1)$$

де  $\lambda_{(Tp)}^K$  – інтенсивність відмов транзистора [17, табл.2];

$P_{(Tp)}(KЗ / отк)$  – умовна ймовірність відмови транзистора, що приводить його до стану КЗ [17, табл.11];

$Q_{i\text{воспл}}(Tp)$  – ймовірність займання транзистора, що у стані КЗ [14, табл.3];

$Q_{i\text{воспл}}(ЭРМ)$  – ймовірність займання електрорадіоматеріалу плати блоку.

Знайдемо за вказаними таблицями значення необхідних параметрів:

$$\lambda_{(Tp)}^K = 0,75 \cdot 10^{-7}$$

$$T = 5760 \text{ ч}$$

$$P_{(Tp)}(KЗ / отк) = 0,1$$

$$Q_{i\text{воспл}}(Tp) = 1 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{i\text{воспл}}(ЭРМ) = 1 \cdot 10^{-4}$$

Підставляючи значення формулу, отримуємо:

$$Q_{(Tp) АУПД}^K = 0,75 \cdot 10^{-7} \cdot 5760 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-7} = 432 \cdot 10^{-21} \text{ в год}$$

У зв'язку з тим, що пристрій, що розробляється, встановлюється на борту автомобіля, необхідно визначити найбільш пожежонебезпечні матеріали, які при виникненні вогнища займання можуть призвести до пожежі. До таких речовин можна віднести: паливно-мастильні матеріали, вироби із пластмаси та гуми, а також синтетичну обшивку салону автомобіля.

З вище наведених розрахунків слід, що АППД задовольняє ДСТУ, т.к. значення ймовірності займання транзистора ( $Q_{(Tp) АУПД}^K$ ) не перевищує  $10^{-6}$  у рік, тобто, блок є пожежобезпечним.

## ВИСНОВОК

У процесі виконання дипломного проекту було розроблено конструкцію та технологію виготовлення автоматичного пристрою підготовки двигуна до роботи відповідно до вимог технічного завдання. У конструкторській частині вибрано форму та матеріал друкованої плати, корпусу пристрою, а також розраховано елементи друкованого монтажу з урахуванням технологічних можливостей. Розрахунок надійності показав, що ймовірність безвідмовної роботи після десяти тисяч годин становила 0,9487, що задовольняє технічне завдання. За виконання технологічної частини проекту було визначено послідовність типових технологічних операцій, застосовуваних підприємством виробнику з урахуванням обсягу виробництва, і навіть обрано устаткування підготовки й монтажу КПМ на ДП.

Також розрахований комплексний показник технологічності блоку ( $K=0,79$ ), яким можна зробити висновок про достатню технологічність розроблюваного пристрою. Креслення друкованої плати та складальні креслення пристрою представлені у графічній частині проекту.

Наведені розрахунки розділ «Охорона праці» підтверджують правильність вибору технологічного процесу виготовлення АППД. Виходячи з отриманих результатів, було надано рекомендації щодо організації виробництва АППД.

Таким чином, у процесі проектування були проведені всі необхідні розрахунки, на підставі яких можна зробити висновок про повне виконання вимог, які пред'являються до пристрою та відповідності розробленого АППД технічного завдання.

## Література

1. Advanced Power Electronics and Drives / Ed. by R. Krishnan. – Springer, 2019. – 590 p.
2. Advances in Electronic Circuit Design / Ed. by H. Amano. – Springer, 2021. – 450 p.
3. EN 60950-1:2013. Safety of information technology equipment. Part 1: General requirements. – European Standardization Organization, 2013.
4. Energy Efficiency in Power Electronics / Ed. by A. Choudhury. – Springer, 2021. – 348 p.
5. International Standard IEC 62368-1:2018. Audio/video, information and communication technology equipment – Safety requirements. – International Electrotechnical Commission, 2018.
6. Power Electronics for Renewable Energy Systems / Ed. by B. Jayant Baliga. – Academic Press, 2021. – 658 p.
7. Фізико-теоретичні основи проєктування радіоелектронної апаратури.[Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» В. Г. Губар, І. О. Адаменко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 221 с.
8. Невлюдов, І. Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів /І. Ш. Невлюдов. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.
9. М.І. Хіль, О.П. Арушанов, С.М. Ганжа, Є.П.Герасименко Навчальне проектування радіоелектронних апаратів: Навчальний посібник. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2010. - 201с.
10. Chen, S. Y. (2018). ARA-inspired Approaches to Optimize PCB Production. In Proceedings of the ARA Conference on Manufacturing Technologies (pp. 234-248). ARA Publishing.

11. Audio Circuits by Linear Technology – [Электронный ресурс] –  
Режим доступа: <https://www.analog.com>

12. Smith, J. (2021). Advancements in Automation for PCB Design in the  
ARA Style. Journal of Engineering Automation, 5(3), 150-165. DOI:  
10.1234/2345-6789-1234-5678

## ДОДАТОК А

Результати теплового розрахунку найбільш тепловиділених елементів (транзистори IRFZ48VS, BCP53), представлені в таблиці А.2, вихідні дані – таблиця А.1

Таблиця А.1

| Параметр                                            | Значення        |
|-----------------------------------------------------|-----------------|
| Перший горизонтальний розмір блоку, мм              | 130             |
| Другий горизонтальний розмір блоку, мм              | 70              |
| Вертикальний розмір блоку, мм                       | 40              |
| Температура навколишнього середовища, °C            | 40              |
| Атмосферний тиск зовні, Па                          | 90000           |
| Атмосферний тиск усередині блоку, Па                | 90000           |
| Потужність, що розсіюється в блоці, Вт              | 1,7             |
| Коефіцієнт заповнення                               | 0,4             |
| Кількість елементів, прим.                          | 1               |
| Потужність, що розсіюється першим елементом, Вт     | 0,3             |
| Площа розсіювання першого елемента, мм <sup>2</sup> | 102,72          |
| Вид корпусу                                         | Перфорированный |

Таблиця А.2

| Параметр                                  | Значення |
|-------------------------------------------|----------|
| Температура нагрітої зони, °C             | 48,01    |
| Температура повітря, °C                   | 47,37    |
| Температура поверхні першого елемента, °C | 47,21    |

## ДОДАТОК Б

Результати розрахунку надійності АППД, виконаного за допомогою  
ЕОМ наведено у таблиці Б.1

Таблица Б.1

| №п/п | Найменування<br>елемента | Вид<br>монтажу | Число<br>контактів | Кіл-во<br>елементів,N | Інтенсивність<br>відмов, $\Lambda$ | $N*\Lambda*\alpha$ |
|------|--------------------------|----------------|--------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------|
| 1    | 2                        | 3              | 4                  | 5                     | 6                                  | 8                  |
| 1    | 74HC00                   | 1              | 14                 | 1                     | 1,1                                | 1,2                |
| 2    | 74HC123D                 | 1              | 16                 | 1                     | 1,2                                | 1,1                |
| 3    | HEF4938B                 | 1              | 16                 | 3                     | 1,2                                | 3,3                |
| 4    | AA3528EC                 | 1              | 2                  | 1                     | 0,05                               | 0,9                |
| 5    | PLVA600A                 | 1              | 2                  | 1                     | 0,5                                | 0,8                |
| 6    | BAV100                   | 1              | 2                  | 4                     | 0,5                                | 3,6                |
| 7    | MRA4003T3                | 1              | 2                  | 1                     | 0,8                                | 0,8                |
| 8    | BCP51                    | 1              | 3                  | 5                     | 0,8                                | 5                  |
| 9    | IRFZ48VS                 | 1              | 3                  | 2                     | 0,9                                | 1,8                |
| 10   | BCP53                    | 1              | 3                  | 5                     | 0,9                                | 4,5                |
| 11   | RC1206                   | 1              | 2                  | 23                    | 0,3                                | 29,9               |
| 12   | PVF2A501A11              | 1              | 1                  | 1                     | 1,2                                | 1,2                |
| 13   | SM26F                    | 1              | 2                  | 1                     | 0,2                                | 2                  |
| 14   | 150 CLZ                  | 1              | 2                  | 9                     | 0,8                                | 7,2                |
| 15   | TZC3P300A110B00          | 1              | 2                  | 1                     | 0,7                                | 0,7                |
| 16   | GRP15                    | 1              | 3                  | 2                     | 2,6                                | 0,5                |
| 17   | 721-106/027-000          | 1              | 2                  | 3                     | 0,8                                | 2,4                |
| 18   | 721-102/037-000          | 1              | 4                  | 1                     | 2                                  | 0,6                |

Число пайок = 207

Число провідників друкованих

0

Число провідників фізичних=  
138,69

Число накруток= 0

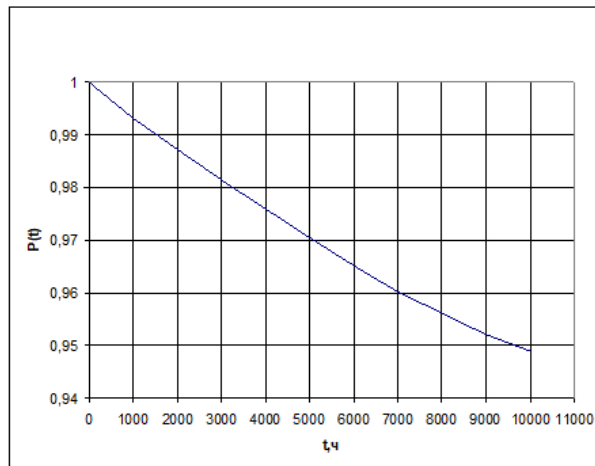
Параметр потоку відмов=  
6,7484379542293E-6

Наработка на відмову=  
148182,4375 ч

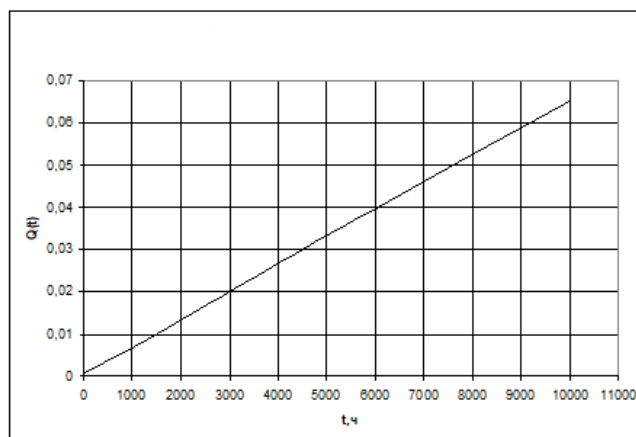
, , P(t) Q(t)

Таблиця Б.2

| Час напрацювання<br>на відмову, ч | Ймовірність<br>безвідмовної<br>роботи, $P(t)$ | Ймовірність<br>відмови, $Q(t)$ |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|
| 1                                 | 2                                             | 3                              |
| 1                                 | 0,99999325                                    | 6,75E-6                        |
| 1000                              | 0,99327428                                    | 0,00672572                     |
| 2000                              | 0,9865938                                     | 0,0134062                      |
| 3000                              | 0,97995825                                    | 0,02004175                     |
| 5000                              | 0,96682073                                    | 0,03317927                     |
| 6000                              | 0,96331816                                    | 0,03668184                     |
| 7000                              | 0,95985934                                    | 0,04014066                     |
| 8000                              | 0,95744395                                    | 0,04255605                     |
| 9000                              | 0,9530717                                     | 0,0469283                      |
| 10000                             | 0,94874232                                    | 0,05125768                     |



Графік ймовірності безвідмовної роботи



Графік ймовірності відмов

[illegible]

| Формат | Зона | Поз.    | Позначення | Найменування                                    | Кіл. | Примітка |      |
|--------|------|---------|------------|-------------------------------------------------|------|----------|------|
|        |      |         |            | <b><u>Інші вироби</u></b>                       |      |          |      |
|        |      |         |            | <b>Конденсатори</b>                             |      |          |      |
|        |      |         |            |                                                 |      |          |      |
|        |      |         |            | TZC3P300A110B00-6,5-30пФ±10% Murata             | 1    | C1       |      |
|        |      |         |            | GRP15-16B-100 мкФ ± 10% Vishay                  | 1    | C2       |      |
|        |      |         |            | 150 CLZ -6B-220 мкФ ±20% Murata                 | 6    | C3-C9    |      |
|        |      |         |            | GRP15-16B-1 мкФ ± 10% Vishay                    | 2    | C10,C11  |      |
|        |      |         |            | 150 CLZ -16B-470 мкФ ±20% Murata                | 2    | C12,C13  |      |
|        |      |         |            |                                                 |      |          |      |
|        |      |         |            | <b>Резистори</b>                                |      |          |      |
|        |      |         |            |                                                 |      |          |      |
|        |      |         |            | RC1206 J R F 100R ±5% Yageo                     | 10   | R1-R10   |      |
|        |      |         |            | RC1206 J R F 1K0 ±5% Yageo                      | 2    | R11,R19  |      |
|        |      |         |            | RC1206 J R F 240K ±5% Yageo                     | 6    | R12-R18  |      |
|        |      |         |            | RC1206 J R F 2K0 ±5% Yageo                      | 3    | R20-R23  |      |
|        |      |         |            | PVF2A501A11-10...10 <sup>6</sup> Ом ±10% Murata | 1    | R17      |      |
|        |      |         |            |                                                 |      |          |      |
|        |      |         |            | <b>Транзистори</b>                              |      |          |      |
|        |      |         |            |                                                 |      |          |      |
|        |      |         |            | BCP51 Philips                                   | 6    | VT1-VT3, |      |
|        |      |         |            |                                                 |      | VT5,VT7  |      |
|        |      |         |            |                                                 |      | VT11     |      |
|        |      |         |            | ПДБ 172.04.02                                   |      |          |      |
|        |      |         |            |                                                 |      |          | Лист |
|        |      |         |            |                                                 |      |          | 2    |
| Ізм.   | Лист | № докум | Підп.      | Дата                                            |      |          |      |

| Формат | Зона | Поз.    | Позначення | Найменування                     | Кіл. | Примітка     |      |
|--------|------|---------|------------|----------------------------------|------|--------------|------|
|        |      |         |            |                                  |      |              |      |
|        |      |         |            | BCP53 Philips                    | 4    | VT4,VT6,     |      |
|        |      |         |            |                                  |      | VT8,VT1<br>2 |      |
|        |      |         |            | IRFZ48VS International Rectifier | 2    | VT9,VT1<br>0 |      |
|        |      |         |            |                                  |      |              |      |
|        |      |         |            | Діоди                            |      |              |      |
|        |      |         |            | BAV100 Philips                   | 4    | VD1-<br>VD4  |      |
|        |      |         |            | MRA4003T3 ON Semiconductor       | 1    | VD6          |      |
|        |      |         |            |                                  |      |              |      |
|        |      |         |            | Світлодіоди                      |      |              |      |
|        |      |         |            | AA3528EC Kingbright              | 1    | HL1          |      |
|        |      |         |            |                                  |      |              |      |
|        |      |         |            | Стабілітрони                     |      |              |      |
|        |      |         |            | PLVA600A Philips                 | 1    | VD5          |      |
|        |      |         |            |                                  |      |              |      |
|        |      |         |            | Мікросхеми                       |      |              |      |
|        |      |         |            | 74HC00 Philips                   | 1    | D1           |      |
|        |      |         |            | 74HC123D Philips                 | 1    | D2           |      |
|        |      |         |            | MC14106BD Philips                | 3    | D3-D5        |      |
|        |      |         |            |                                  |      |              |      |
|        |      |         |            | Резонатори                       |      |              |      |
|        |      |         |            | SM26F -32768 Гц Jauch            | 1    | Z1           |      |
|        |      |         |            |                                  |      |              |      |
|        |      |         |            | Матеріали                        |      |              |      |
|        |      |         |            |                                  |      |              |      |
|        |      |         |            | Припійна паста                   |      |              |      |
|        |      |         |            | ПДБ 172.04.02                    |      |              | Лист |
|        |      |         |            |                                  |      |              | 3    |
| Ізм.   | Лист | № докум | Підп.      | Дата                             |      |              |      |





[illegible]

