

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки

Кафедра Інформаційних технологій та програмування

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до магістерської дипломної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Блок живлення для систем керування промислового обладнання  
галузі атомної енергетики

Виконав: студент 2 курсу, групи Ел-23дм

171 «Електроніка»

(шифр і назва спеціальності)

Несмашний О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Самойлова Ж.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Захожай О.І.

(прізвище та ініціали)

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ  
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інформаційних технологій та електроніки  
 Кафедра інформаційних технологій та програмування  
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
 Спеціальність 171 – Електроніка  
 (шифр і назва спеціальності)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри ІТП  
 \_\_\_\_\_ д.т.н., доц. О.І. Захожай  
 (підпис)  
 “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

### ЗАВДАННЯ

на магістерську дипломну роботу студенту

Несмашному Олегу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Блок живлення для систем керування промислового обладнання галузі атомної енергетики  
 керівник проекту (роботи) доц., к.т.н. Самойлова Ж.Г.  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
 затверджені наказом університету від 06.12.2024 року № 361/15.15-С
2. Строк подання студентом роботи: 16.12.2024
3. Вихідні дані до роботи: Схема електрична принципова; вхідна напруга 27В; вихідна напруга +3,3 В ; +5 В; +12 В; - 12 В; ток споживання до 13 А; температура навколишнього повітря від -10 до +50°C; відносна вологість повітря при температурі +25°C до 80 %; наробіток на відмову не менш 250000 годин.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
  - 1) Аналітичний огляд
  - 2) Аналіз технічного завдання
  - 3) Розробка конструкції пристрою
  - 4) Розробка технології виготовлення пристрою
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

5. Дата видачі завдання 01.09.2024

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Одержання завдання на виконання роботи	08.11.2024	
2.	Аналітичний огляд	10.11.2024	
3.	Аналіз технічного завдання	12.11.2024	
4.	Розробка конструкції пристрою	22.11.2024	
5.	Розробка технології виготовлення пристрою	02.12.2024	
6.	Оформлення пояснювальної записки	11.12.2024	
7.	Передача роботи на перевірку та рецензування	13.12.2024	

Студент Несмашний О.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Самойлова Ж.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка к дипломному проекту містить:  
93 сторінки, 35 рисунків, 9 таблиць, 15 джерел, 2 додатки.

Об'єктом дослідження є блок живлення, що входить до складу мікропроцесорної системи контролю та управління.

Мета проектування -- розробити конструкцію і технологію виготовлення блока живлення згідно запропонованої схеми електричної принципової і вимогам технічного завдання.

В процесі роботи проведені аналітичний огляд, була розроблена конструкція й визначена технологія, проведені розрахунки теплового режиму і надійності пристрою.

БЛОК ЖИВЛЕННЯ, ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ,  
МІКРОСХЕМА, ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТ, ДРУКОВАНА ПЛАТА,  
КОНСТРУКЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ, ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ,  
ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, НАВІСНИЙ ЕЛЕМЕНТ, ДРУКОВАНИЙ  
МОНТАЖ, ПЕРЕХІДНИЙ ОТВІР, СИСТЕМА  
АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

					МДП 171.04.01 ПЗ			
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Блок живлення для систем керування промислового обладнання галузі атомної енергетики Пояснювальна записка	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Несмашний						
Перевір.		Самойлова					4	93
Н. контр						СНУ		
Затв.		Захожай				гр.ЕЛ-23дм		

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	9
1.1 Загальні поняття.....	9
1.2 Широтно-імпульсна модуляція.....	11
1.3 Імпульсні джерела живлення з ШІМ.....	13
2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	14
2.1 Аналіз призначення, вимог та складу пристрою.....	14
2.2 Аналіз схеми електричної принципової.....	16
2.3 Аналіз умов експлуатації.....	21
2.4 Аналіз елементної бази.....	25
2.5 Аналіз аналогу пристрою.....	51
2.6 Аналіз вимог до конструкції пристрою.....	52
3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ.....	54
3.1 Вибір конструкції друкованих плат.....	54
3.2 Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованих плат.....	57
3.3 Розрахунок по постійному струму.....	63
3.4 Розрахунок по змінному струму.....	65
3.5 Розміщення навісних елементів на друкованій платі.....	69
3.6 Трасування друкованого монтажу.....	70
3.7 Перевірочний розрахунок теплового режиму.....	71
3.8 Розрахунок надійності блоку.....	72
2.9 Розробка конструкції блоку.....	73
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСТРОЮ.....	78
4.1 Розробка структурної схеми технологічного процесу.....	78
4.2 Аналіз технологічності виробу.....	82
4.5 Технологія виготовлення корпусу.....	85
ВИСНОВОК.....	87
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	88
ДОДАТОК А.....	90
ДОДАТОК Б.....	91

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- СПН – стабілізований перетворювач напруги;  
ДП – друкована плата;  
БДП – багат шарова друкована плата;  
НЕ – навісний елемент;  
АЕС – атомна електростанція;  
МСКУ – мікропроцесорна система контролю та управління;  
ДСТУ – державний стандарт України;  
ЕРЕ – електрорадіоелементи;  
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;  
КПМ – компонент поверхневого монтажу;  
ККД – коефіцієнт корисної дії;  
ПМ – поверхневий монтаж;  
РЕА – радіоелектронні апаратури;  
САПР – система автоматизованого проектування;  
ТЗ – технічне завдання;  
ОВ – осьові виводи;  
АВ – аксіальні виводи;  
БК – блок комбінований;  
ПЗ – пояснювальна записка;  
ЭЗ – схема електрична принципова;  
КД – конструкторська документація.

## ВСТУП

Одним з найважливіших напрямів розвитку науково-технічного прогресу нині є розвиток електроніки. Досягнення електроніки впливають на розвиток суспільства.

Електроніка грає провідну роль в науково-технічній революції. Впровадження електронних приладів в різні сфери людської діяльності значною мірою (частенько вирішальною) сприяє успішному рішення складних науково-технічних проблем, підвищенню продуктивності фізичної і розумової праці, поліпшенню економічних показників виробництва.

На основі досягнень електроніки розвивається промисловість, що випускає електронну апаратуру для різних видів зв'язку, автоматики, телебачення, радіолокації, обчислювальної техніки, систем управління технологічними процесами, приладобудування, а також апаратуру світлотехніки, інфрачервоної техніки, рентгенотехніки та ін.

В нашому житті електроніка зайняла досить високу нішу і в майбутньому буде тільки глибше проникати в сферу людської діяльності. Людство вже не має право ігнорувати таке поняття як електроніка.

Засоби електронної техніки можливо зустріти в усіх сферах людської діяльності: від військової промисловості до сільського господарства. Але без джерела живлення не один пристрій не зміг би функціонувати. При розробці абсолютно любого пристрою електронної техніки, як рядового, так і унікального велику увагу потрібно виділити на конструюванні системи живлення для нього, без якого пристрій який би він не був оригінальний являється усього лише купою металобрухту. Питання конструювання є складним комплексом взаємозв'язаних робіт, при виконанні яких потрібні облік різнобічних вимог до конструкції джерел живлення, знання сучасної технології, схемотехніки, імпульсної техніки, опору матеріалів, теорії надійності і інших теоретичних і прикладних дисциплін.

У магістерській роботі буде розроблено джерело живлення для систем управління. Нині розробка такого пристрою є актуальною і важливою, оскільки у виробництві ЕА видима загальна тенденція до застосування імпульсних пристроїв живлення, які мають дуже високий ККД (більше 80%), малі габарити і масу, сучасну елементну базу, забезпечують задану вихідну напругу і струми, допускають зміну вхідної напруги в широких межах.



# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Загальні поняття

Вибір блоку живлення залежить від того, які завдання перед ним ставляться. Але основними критеріями вибору все-таки є: високий коефіцієнт корисної дії, захист, якість вхідної напруги, мінімальний розмір і маса.

*Трансформаторні блоки живлення: особливості та характеристики*

Стандартний блок складається з понижуючого або автоматичного трансформатора, первинна обмотка якого підтримує напругу в електромережі. Далі встановлюють випрямляч, завдання якого перетворити змінний струм в постійний. Зазвичай ним служить або один діод, або діодний міст (з'єднання чотирьох діодів). Потім встановлюють конденсатор, що згладжує імпульси, а потім можуть додати додаткові елементи: стабілізатор, захист від стрибків напруги, фільтр перешкод високої частоти. Переваги, якими може похвалитися такий блок живлення, це:

- надійність;
- простота конструкції;
- низький рівень перешкод або повна їх відсутність;
- ремонтпридатність;
- низька вартість.

Не обійшлося і без недоліків. Значну вагу, великі розміри, які збільшуються у міру збільшення потужності пристрою, невеликий коефіцієнт корисної дії - мінуси, які зробили такі блоки живлення менш затребуваними на ринку, ніж імпульсні варіанти. (рис.1.1)



Рисунок 1.1 - Трансформаторний блок живлення

### *Імпульсні блоки живлення і їх особливості*

Імпульсні блоки живлення, в якому використовується інверторна система перетворення струму. Він полягає в тому, що інвертор випрямляє первинну напругу, а потім перетворює її у високочастотні імпульси. Напруга на виході блоку дозволяє сформувати сигнал зворотного зв'язку, що дає можливість змінювати характеристики імпульсів. Завдяки цьому можна з легкістю стабілізувати і регулювати вихідні параметри, силу струму і напругу. Так як інвертор формує високочастотні сигнали, в блоках живлення імпульсного типу можна використовувати невеликі трансформатори. Це дозволяє мінімізувати розміри і вагу приладу. Перевагами саме цих блоків живлення служить:

- маленька вага;
- невеликі розміри;
- ККД майже 100%.

Також на таких блоках живлення присутній додатковий захист, який забезпечує надійний захист під час роботи приладу.

Однак раз є плюси, обов'язково знайдуться і мінуси. Складність ремонту, створення перешкод високої частоти в мережу.



Рисунок 1.2 – Імпульсний блок живлення

### *Резервні (безперебійні) блоки живлення і їх характеристики*

Резервні або безперебійні джерела живлення служать для забезпечення електричних приладів живлення під час відсутності стаціонарної мережі. Якщо основне живлення зникло або змінилися параметри вихідної напруги, то він автоматично включається в роботу. Завдяки такому блоку приладів забезпечується захист та збереження інформації.

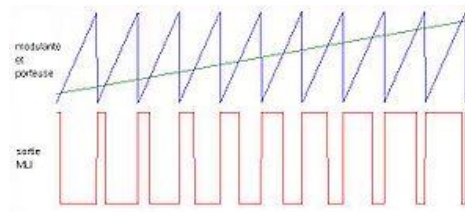
Безперебійні джерела бувають резервними, тобто просто постачають струм, а бувають інтерактивними. Останні відрізняються наявністю стабілізатора вихідної напруги, що забезпечують поступове регулювання.

## 1.2 Широтно-імпульсна модуляція

*Широтно-імпульсна модуляція* (ШІМ — англ. *pulse-width modulation, PWM*), або модуляція за тривалістю імпульсів (англ. *pulse-duration modulation, PDM*) -процес керування шириною (тривалістю) високочастотних імпульсів за законом, який задає низькочастотний сигнал. В електроніці це може бути керування середнім значенням вихідної напруги шляхом зміни тривалості замкнутого стану електронного (електромеханічного) ключа, наприклад, у схемі ключового стабілізатора напруги [3].

### *Аналогова ШІМ*

ШІМ-сигнал генерується аналоговим компаратором, на один вхід якого подається опорний сигнал значно більшої частоти, ніж модулюючий у вигляді «трикутника» або «пили», а на іншій — модулюючий безперервний аналоговий сигнал. Частота вихідних імпульсів ШІМ відповідає частоті «зубів» пилки. В ту частину періоду, коли сигнал на позитивному вході вище сигналу на негативному вході, на виході виходить одиниця, в іншу, коли сигнал на позитивному вході нижче сигналу на негативному вході — нуль [3].



### *Цифрова ШІМ*

У двійковій цифровій техніці, виходи в якій можуть приймати тільки одне з двох значень, наближення бажаного середнього рівня вихідного сигналу за допомогою ШІМ є абсолютно природним. Схема настільки ж проста: пилоподібний сигнал генерується  $N$ -бітовим лічильником.

### *Фільтрація вихідного сигналу*

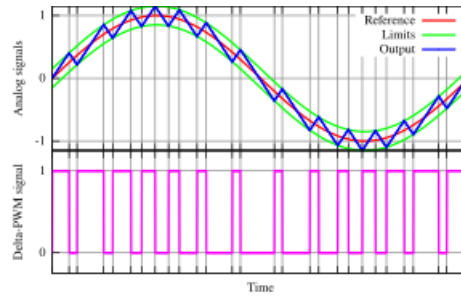
В тих випадках, де це потрібно, наближення форми вихідного сигналу ШІМ до відповідного йому вхідного сигналу забезпечується інтегруючими елементами, роль яких може відігравати інерційність стану керованого ШІМ елемента (наприклад, печі розжарювання) або для цього використовується інтегруюча ланка — фільтр низьких частот.

### *Переваги ШІМ*

Перемикання відбувається з великою швидкістю, відповідно до типу навантаження, з таким розрахунком, щоб період модульованого сигналу був істотно меншим, ніж інерційність системи, до якої подається сигнал. Частота перемикання може становити декілька разів на хвилину для повільних процесів (наприклад електроречі); 100 Гц для електролампи; від декількох до десятків кГц для електродвигуна або від десятків до сотень кГц для аудіопідсилювача і комп'ютерного блоку живлення.

Для оцінки форми ШІМ сигналу застосовується параметр коефіцієнту заповнення (англ. *duty cycle*), під яким розуміється відношення тривалості ввімкненого стану (англ. *'on' time*) до прийнятого періоду імпульсів; малий коефіцієнт заповнення відповідає режиму енергозберігання, позаяк джерело енергії відключено більшість часу. Коефіцієнт заповнення виражають в відсотках, 100% відповідає ввімкненому стану на весь період.

Головною відзнакою ШІМ є мала втрата енергії на електронному перемикачеві. Він здебільшого перебуває або у вимкненому стані, коли його опір максимальний, напруга максимальна або в режимі насичення — з мінімальним опором, тобто струм максимальний, а падіння напруги на ньому близьке до нуля. ШІМ також органічно вкладається в цифрові технології, велика кількість ШІМ-контролерів виробляється у вигляді мікросхем. Класичним прикладом є мікросхеми UC3842...UC3844 [3].



### 1.3 Імпульсні джерела живлення з ШІМ

Роботу імпульсних джерел живлення зрозуміти досить просто. На відміну від лінійних стабілізаторів, в яких використовується потужний транзистор в лінійному режимі, імпульсні джерела живлення з ШІМ засновані на потужних транзисторах в стані насичення і відсічки. У цих станах добуток "вольти  $\times$  ампер" на потужному транзисторі завжди дає малий результат (насичення – мала напруга, великий струм; відсічка – велика напруга, малий струм). Ця величина, яка називається  $E_1$ , всередині пристрою живлення, є внутрішніми втратами всіх потужних напівпровідників [2].

Більш ефективне функціонування імпульсного джерела живлення з ШІМ "нарізкою" вхідної постійної напруги на імпульси, амплітуда яких дорівнює величині вхідної напруги, а робочий цикл регулюється схемою управління імпульсного регулятора. Як тільки вхідна напруга перетворюється в змінну з прямокутною формою хвилі, амплітуда може бути збільшена або зменшена за допомогою трансформатора. Додаткові вихідні напруги можна отримати шляхом додавання до перетворювача вторинних обмоток. Зрештою, форми хвилі змінної напруги фільтруються для забезпечення постійного рівня вихідної напруги [2].

Схема управління, основна мета якої полягає в підтримці стабільної вихідної напруги, працює точно так само, як і схема управління лінійного типу. Тобто, функціональні блоки, опорна напруга і підсилювач помилки такі ж як в лінійних стабілізаторах. Різниця полягає в тому, що вихід підсилювача помилки тут поміщений в каскаді перетворювача напруги перед схемою управління силовим перемикачем (ключем) [2].

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 2.1 Аналіз призначення, вимог та складу пристрою

Основним напрямком діяльності Северодонецького НВО «Імпульс» протягом своєї більш ніж 60-річної історії є створення ПТК автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП).

В даний час основна спеціалізація фірми - створення систем контролю і управління (СКУ) для об'єктів атомної енергетики. СКУ виробництва НВО «Імпульс» успішно експлуатуються на енергоблоках АЕС в Україні, Чехії, Словаччини, Болгарії. Основна продукція для енергоблоків з реакторами ВВЕР-1000 і ВВЕР-440, створена на базі технічних засобів нового покоління.

У данному дипломному проекті буде розроблятися блок живлення, призначений для електроживлення систем керування промислового обладнання в галузі атомної енергетики. Він перетворює вхідну постійну напругу 27 В в стабілізовану постійну напругу +3,3 В ; +5 В; +12 В; - 12 В.

При розробці пристрою повинні бути враховані наступні вимоги:

- конструкція пристрою повинна бути простою, але невеликих габаритів. Маса пристрою не більше 4 кг;
- розробляємий пристрій повинен бути захищеним від впливу зовнішніх факторів;
- повинен бути передбачен зв'язок розробляемого пристрою з рядом інших пристроїв;
- вхідною напругою блока повинна бути постійна напруга (27+1, - 9) В;
- блок повинен забезпечувати звукову та світлову сигналізацію у разі виходу з строю одного з СПН-25.

Блок живлення включатиме до складу каркас з ген-монтажною платою (БКнт-104), у яку вставлятимуться один СПН-24 і два СПН-25. На передній

панелі блока будуть розміщені вхідні клемники та кнопка сбросу звукового сигналу.

На задній панелі блока будуть встановлені з'єднувачі для підключення джгутів, за допомогою яких блок підключається до материнської плати та периферійним пристроям.

Конструктивно СПН-25 буде складатися з блоків комбінованих БК-2405, БК-2406, БК-2408, виконаних на окремих друкованих платах та корпусу.

На передній панелі СПН-25 будуть розміщені індикатори ВХІД та ВИХІД сигналізуючі про стан СПН-25.

На задній панелі СПН-25 будуть встановлюватися з'єднувачі Х2 и Х5 для підключення СПН-25 до БПт-208.

Функціонально СПН-25 складається з трьох перетворювачів:

- перетворювач 27 В в 12 В;
- перетворювач 12 В в 5 В;
- перетворювач 12 В в 3,3 В.

Технічні характеристики пристрою наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Номінальні параметри пристрою

Назва параметра	Значення параметру
Номінальна вхідна напруга, В	27
Номінальна вихідна напруга, В	+ 3,3; +5; +12; - 12.
Ток споживання блоку, А	до 14

Коефіцієнт корисної дії блоку повинен бути не менш ніж 85% при номінальному значенні навантаження.

Розробка пристрою буде проведена з метою удосконалення пристроїв живлення для автоматичних систем управління в промисловому обладнанні.

## 2.2 Аналіз схеми електричної принципової

Блок складається з СПН-24, двох СПН-25 і БКнт-104. Структурна схема блоку наведена на рисунку 2. 1.

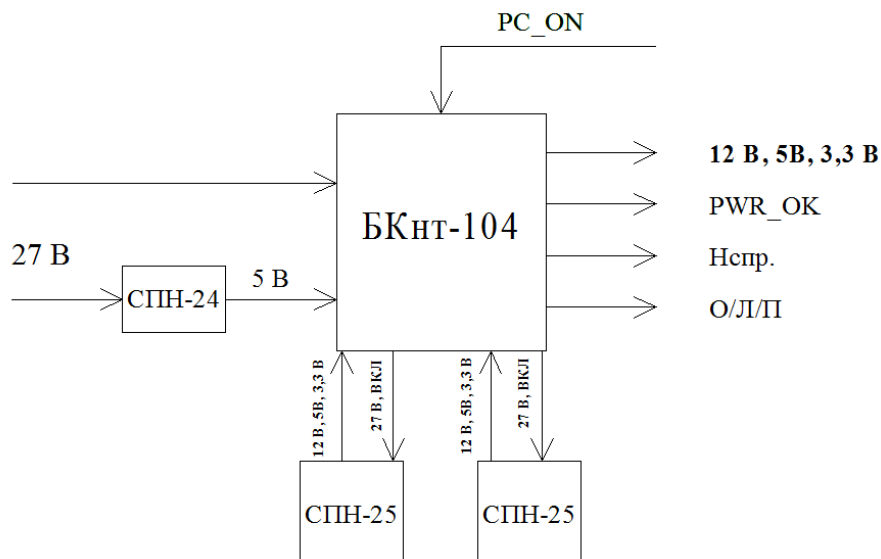


Рисунок 2.1 – Структурна схема блоку

Вхідна постійна напруга 27 В поступає на вхід СПН-24 і через БКнт-104 на входи СПН-25. СПН-24 перетворює вхідну напругу в стабілізовану постійну напругу 5 В, яка використовується для живлення вузлів БКнт-104 і для забезпечення чергового режиму модуля процесорного ПС-5140.

По команді від модуля процесорного (сигнал «PC\_ON») включаються СПН-25, які перетворюють вхідну напругу в постійну напругу +3,3В; +5 В; +12 В; мінус 12 В. Два СПН-25 працюють в паралель на одне навантаження.

БКнт-104 забезпечує моніторинг усієї напруги блоку і здійснює функції захисту від перевантаження по струму, від перенапруження, від зниження напруги, а також видає необхідні сигнали ("PWR\_OK", "HESP") в модуль процесорний ПС5104.

Блок повинен формувати дискретні сигнали з параметрами, вказаними в таблиці 2.2.



Таблиця 2.2 – Параметри, які формує пристрій

Найменування сигналу	Рівень сигналу	Умова формування
1 PWR_OK	Від 4,5 до 5 В	Вихідні напруги відповідають нормі
	До 0,4 В	Напруга одного або декількох каналів не відповідають нормі
2 НЕСПР	Від 4,5 до 5 В	Напруга одного або декількох каналів не відповідають нормі або один із СПН-25 вийшов з ладу
	До 0,4 В	Вихідна напруга відповідає нормі, обоє СПН-25 працездатні
3 «О»	Від 11 до 12,5 В	Вихідні напруги відповідають нормі
	До 0,4 В	Напруга одного або декількох каналів не відповідають нормі
	Режим «блимвання»	Один з СПН-25 вийшов з ладу
4 «Л»	Від 11 до 12,5 В	Лівий СПН-25 працездатний
	До 0,4 В	Лівий СПН-25 вийшов з ладу
5 «П»	Від 11 до 12,5 В	Правий СПН-25 працездатний
	До 0,4 В	Правий СПН-25 вийшов з ладу

Розглянемо детальніше роботу стабілізованого перетворювача напруги СПН-25.

#### *Принцип роботи перетворювача 27 В в 12 В*

Вхідна постійна напруга 27 В через контакти X2:1 і X2:4, запобіжник «30 А» (F1), поступає на вхід ємнісного фільтру C1- C5 стабілізованого конвертора СПН-25. Стабілізований конвертор перетворює постійну вхідну напругу 27 В в стабілізовану постійну вихідну напругу 12 В. Він виконаний за схемою однотактного перетворювача напруги з прямим ходом на транзисторі V5, трансформаторі T2, активному демпфері V4, C10, вихідному синхронному випрямлячі (транзистор V6, діод V10), дроселі L1, драйвері (мікросхема D3), конденсаторах C18, C22, C23, C25, C29, вузлі управління (мікросхема D4) і вузлі зворотнього зв'язку (оптопара V7).

Живлення вузла управління здійснюється від вхідної напруги. Стабілізатор D1 обмежує максимальну напругу живлення для мікросхем D2 і D4 на рівні 15 В.

Ланцюг зворотного зв'язку СПН замкнутий по його вихідній напрузі. За допомогою ділянки R22 - R24 частина вихідної напруги подається на вхід 1 мікросхеми D5, працюючої в лінійному режимі. Тут відбувається порівняння частини вихідної напруги 12 В з опорною напругою цієї мікросхеми (приблизно 2,5 В). Отриманий сигнал розузгодження за допомогою оптопари V7, що здійснює гальванічну розв'язку між входом і виходом конвертора по ланцюгу зворотнього зв'язку, виділяється на резисторі R6 і подається на вхід (вивод 9) підсилювача сигналу помилки мікросхеми D4 і далі на внутрішній ШІМ-компаратор.

ШІМ-компаратор, залежно від рівня вхідного сигналу, формує в кожному періоді перетворення імпульси певної тривалості, які за допомогою вихідних драйверів мікросхеми D4 і зовнішнього драйвера D3 вмикають силові транзистори V5 і V4. Причому транзистор V4 вмикається в моменти часу, коли V5 знаходиться у вимкненому стані. Резистор R10 визначає величину затримки між вмиканням V4 і V5, виключаючи появу наскрізного струму.

Вмикання транзистора V5 здійснюється імпульсом напруги, що подається через резистор R3 на його ділянку затвор-витік з виходу 7 драйвера D2, керованого сигналом з виходу 13 мікросхеми D4. Замикання вказаного транзистора відбувається після зменшення до нуля напруги вихідного імпульсу мікросхеми D4. Діод V2 прискорює закриття транзистора V5.

Частота роботи СПН (рівна приблизно 130 кГц) задається генератором мікросхеми D4 і визначається елементами R11, R12.

Розгляд принципу дії конвертора почнемо з моменту подання вхідної напруги на СПН. Коли напруга на вході СПН (на конденсаторах C1 - C5), досягне значення 16 В, імпульсом з виводу 13 мікросхем D4 через драйвер D2 відкриється транзистор V5. Під дією вхідної напруги, прикладеної через

відкритий транзистор V5 до первинної обмотки 1-4 трансформатора T2, починається перемагнічування його сердечника.

На вторинній обмотці трансформатора T2 виникає прямокутний імпульс напруги, амплітудне значення якої пропорційне значенню напруги на вході СПН.

Імпульс напруги з виводу 13 мікросхем D4 через розв'язуючий трансформатор T3 за допомогою драйвера D3 відмикає транзистор V6 синхронного випрямляча, внаслідок чого відбувається передача енергії через дросель L1 на вихід СПН. На цьому етапі роботи через наявності дроселя L1 струм вторинної обмотки трансформатора T2 збільшується за лінійним законом, викликаючи аналогічне збільшення струму його первинної обмотки 1-4, тому напруга на трансформаторі T1 (датчик струму) теж збільшується лінійно. З цього трансформатора імпульс поступає на струмовий вхід 7 мікросхем D4 через RC-фільтр (резистор R7 і конденсатори C6, C20), що виключає неправдиві спрацьовування вказаної мікросхеми при викидах на передньому фронті імпульсу струму. Збільшення напруги на датчику струму вище порогового приводить до зникнення імпульсів на виводі 13 мікросхем і замиканню силового транзистора V5. У момент закриття транзистора V5 із затримкою приблизно 0,1 мкс відкривається транзистор V4 і енергія, накопичена в індуктивності розсіяння трансформатора T2, скидається на конденсатор активного демпфера C10, заряджаючи його до напруги, рівної напрузі живлення. Таким чином, виключається виникнення викидів і перенапружень на силовому ключі V5. За 0,1 мкс до відкриття V5 відбувається закриття V4 і енергія, запасена в конденсаторі C10, через вбудований діод транзистора V4 скидається назад в джерело. Через відкритий транзистор V6 і дросель L1 відбувається заряд вихідних конденсаторів C22, C23, C25. Далі процес повторюється до тих пір, поки вихідна напруга не порівняється з опорною напругою компаратора D5 в співвідношенні, визначуваному дільником на резисторах R22, R23, R24. Досягши порогового рівня 2,5 В компаратор D5 відкривається і вмикає світлодіод оптопари V7, який у свою чергу відкриває фототранзистор цієї ж оптопари що приводить до зменшення

напруги на вході 9 мікросхем D4 і зникненню імпульсу напруги на її виводі 13 . Це призводить до замикання транзистора V5 і зміні полярності напруги обмоток трансформатора T2.

Одночасно з відкриттям V4 відкривається діод V10, через який здійснюється скидання на вихід СПН накопиченої дроселем L1 енергії в попередньому такті.

Наступне включення силового транзистора V5 станеться в наступному періоді перетворення, коли напруга на виході зменшиться нижче порогового рівня. Вказаний режим роботи СПН триває до тих пір, поки напруга на виході не досягне номінального значення. Далі СПН переходить в режим стабілізації напруги. При зміні входної напруги СПН або його струму навантаження змінюється і величина сигналу розузгодження на виводі 9 мікросхеми D4. ШИМ-компаратор, розміщений усередині мікросхеми D4, змінює тривалість включеного стану транзистора V5 при незмінній його частоті перемикавання так, що вихідна напруга залишається незмінною із заданою точністю. Вихідна напруга встановлюється змінним резистором R23.

#### *Принцип роботи перетворювачів 12 В в 5 В и 12 В в 3,3 В*

Обидва перетворювачі ідентичні, тому розглянемо їх роботу на прикладі каналу 5 В (в дужках дані позиційні позначення елементів каналу "3, 3 В"). Перетворювач побудований за синхронною знижуючою схемою на ШИМ-контролері D7 (D8), силових ключах V16, V17 (V18, V19), вихідному фільтрі L2 (L3), C46 (C47), C54 (C55), C56 (C58), вузлі зворотнього зв'язку R29 (R30), R41 (R42), R43 (R44) R45 (R47), R46 (R48), C34 (C35), C52 (C53). Коли напруга живлення на виводі 11 мікросхеми D7 (D8) досягає 12 В, внутрішній ШИМ-компаратор мікросхеми D7 (D8) за допомогою вбудованого драйвера через вивід 9 подає на затвор транзистора V16 (V18) прямокутний імпульс напруги. Через відкритий транзистор V16 і дросель L2 (L3) відбувається заряд вихідних конденсаторів C46 (C47), C54 (C55), C56 (C58). Через наявність дроселя струм заряду і напруга на виході зростає лінійно. Далі транзистор V16 (V18) закривається і з затримкою приблизно 0,1 мкс відкривається транзистор V17 (V19), через який здійснюється скидання на вихід накопиченої дроселем

L2 (L3) енергії в попередньому такті. Частота перемикання транзисторів близько 130 кГц. Вказаний режим роботи перетворювача триває до тих пір, поки напруга на виході не досягне номінального значення. Далі перетворювач переходить в режим стабілізації напруги. При зміні вихідної напруги або його струму навантаження змінюється і величина сигналу розузгодження на виводі 1 мікросхеми D7 (D8). ШІМ-компаратор, розміщений усередині мікросхеми D7 (D8), змінює тривалість включеного стану транзисторів V16, V17 (V18, V19) при незмінній його частоті перемикання так, що вихідна напруга залишається незмінною із заданою точністю. Вихідна напруга встановлюється змінним резистором R43 (R44).

### 2.3 Аналіз умов експлуатації

При конструюванні будь-якого електронного пристрою потрібний обов'язковий облік дій зовнішніх чинників, причому часткова або повна втрата працездатності пристрою не допустима.

По своєму призначенню проєктований виріб належить до групи легких умов експлуатації, яка характерна для закритих, опалюваних і вентильованих приміщень ( $t \approx 20^{\circ}\text{C}$ , вологість  $\leq 80\%$ ,  $p \approx 760$  мм. рт. ст., немає впливу пилу, піску, випромінювань і біологічного середовища).

Згідно ДСТУ 15.150 [4]

Отже, які є кліматичні виконання? Сьогодні є 8 визнаних різновидів «кліматів»:

- помірний (У);
- холодний (ХЛ);
- помірний + холодний (УХЛ);
- тропічний (Т)  $+1...+50^{\circ}\text{C}$ ;
- морський (М), що в свою чергу може бути тропічним морським (ТМ) і тропічним помірно холодним морським (ОМ)  $t -40...+40^{\circ}\text{C}$ ;
- общеклиматический (О),  $t -60...+50^{\circ}\text{C}$ ;
- общеклиматический морський (ОМ),  $t -40...+45^{\circ}\text{C}$ ;

- всеклиматический (В), t -60...+50 °С.

Також поруч з буквеним позначення маркування пристроїв присутня цифра. Вона вказує на категорію розміщення. [4]

Категорії розміщення

Якщо ви бачите цифру «1», у маркуванні кліматичного виконання, наприклад, УХЛ1, це означає, що пристрій можна встановлювати на відкритому повітрі. Вироби стійкі до будь-яких погодних умов, опадів(дощ, сніг і тд.).

Також допустимі інші позначення:

Категорія 2 — установка під навісом для захисту від сонячних променів/радіації, вертикальних струменів води.

Категорія 3 — тільки для закритих приміщень, де відсутня регулювання температури повітря. Приміщення повинно бути сухим, не курним.

Категорія 4 — тільки для закритих приміщень з регулюванням робочої температури (вентильовані приміщення або з опаленням), концентрація пилу повинна бути низькою.

Категорія 5 — монтаж можливий в приміщенні з високою вологість при цьому без штучного регулювання клімату, наприклад, у шахтах чи підвалах. [4]

*Маркування – режим робочих температур і приклади країн для експлуатації*

Маркування У1 – t-45...+40 С. Такі погодні умови характерні для більшої частини США, Європи (РБ, Україна, та ін).

Маркування У2/Маркування У3 — ті ж умови, що і в попередньому показнику, тільки інші категорії розміщення.

Маркування УХЛ1 – температура від -60 до +40 °С. Категорія розміщення вказує на встановлення на відкритому повітрі.

Маркування УХЛ2/Маркування УХЛ3 – температурні умови ті ж.

Що і для помірного холодного кліматів, відрізняється лише категорія розміщення. [4]

Згідно ДСТУ15.150 пристрій належить до 4 категорії розміщення - пристрої, розміщені в закритих наземних і підземних спорудах з штучно регульованими кліматичними умовами навколишнього середовища. По кліматичному виконанню розробляється для районів з помірним холодним кліматом (УХЛ) при середньорічному мінімумі температури нижче мінус 45<sup>0</sup>С. Експлуатація пристрою в закритих приміщеннях характеризується відносно малими коливаннями температури повітря, що виключає появу термоударів.

По експлуатаційному призначенню блок живлення належить до наземної стаціонарної професійної апаратури. Місце установки має на увазі наявність поблизу пристроїв, що обумовлюють можливість роботи блоку в умовах несприятливої електромагнітної обстановки, тому корпус пристрою буде металевим, який в свою чергу забезпечує гарне екранування в широкому частотному діапазоні, тобто гасить електромагнітні поля. Також металевий корпус зміцнює конструкцію пристрою.

При транспортуванні на апаратуру діють випадкові поштовхи, удари, коливання частин транспортних засобів. Для запобігання цим діям пристрій необхідно транспортувати в пакувальній тарі, що має необхідні захисні властивості. Пакувальна тара повинна забезпечувати достатню міцність і жорсткість в діапазоні допустимих механічних дій, бути стійкою, досить герметичною для запобігання попаданню всередину пилу і вологи. Конструкція пакувальної тари повинна виключати вільне переміщення блоку усередині упаковки і бути легко розбірною при витяганні апарату з тари. Для цих цілей найбільш підходить використання блоків пінопластів, що повторюють при накладенні форму корпусу ТА, поміщених в картонну коробку.

По класифікації обладнання і систем АЕС за роллю в забезпеченні безпеки АЕС блок належить до 3 класу безпеки - системи, ушкодження яких може привести до викиду радіоактивності, що локалізується усередині АЕС. Оскільки блок використовується в галузі атомної енергетики ми будемо використовувати його штучне охолодження.

Кліматичні умови експлуатації :

### 1. Нормальні:

- температура навколишнього повітря від -10 до 50 °С;
- відносна вологість повітря 80 % при температурі 25 °С;
- атмосферний тиск від 84 до 107 кПа.

### 2. Граничні:

- температура навколишнього повітря від -40 до 60 °С;
- швидкості зміни температури не більше 10 °С/ч;
- знижений атмосферний тиск 61 кПа .

### Механічні умови експлуатації :

Джерелом механічних дій є працююче технологічне обладнання і аномальні природні дії.

В якості елементів передавальних механічні дії є: будівельні конструкції будівель і споруд (стіни, колони, перекриття та ін.) на які безпосередньо монтуються системи управління; спеціальні проміжні конструкції (несні конструкції щитів, пультів, панелей) призначені для розміщення експлуатаційно автономних технічних засобів автоматизації, і що несуть конструкції інших виробів.

Блок у складі робочої станції ПС5140 зберігає працездатність під час і після дії вібрації, викликаною максимальним розрахунковим землетрусом інтенсивністю 7 балів по MSK - 64. Висота відмітки розміщення у будівлі АЕС до 30 м.

### Механічні дії:

- |  |       |
|--|-------|
| - пікове ударне прискорення не менше, м/с <sup>2</sup> | 25    |
| - тривалість ударного імпульсу, мс                     | 10    |
| - число ударів за хвилину,                             | 40-80 |
| - загальне число ударів, не менше                      | 13000 |

Середнє напруження на відмову БПт-208 не менше 250 000 годин.

При підготовці пристрою до експлуатації мають бути передбачені наступні заходи безпеки:



1. Роботи з підготовки пристрою до експлуатації повинен виконувати кваліфікований обслуговуючий персонал, що має допуск до робіт з електроустановками на напругу до 1000 В.

2. Підключення з'єднувачів, заміну деталей і елементів робити тільки при відключеній вхідній напрузі.

3. При експлуатації пристрою забороняється працювати без його заземлення і засобів вимірювальної техніки.

4. Зробити зовнішній огляд пристрою і переконатися у відсутності механічних ушкоджень.

У наступному підрозділі буде підібрана елементна база виробу згідно вказаних умов експлуатації.

#### **2.4 Аналіз елементної бази**

Більш детальний аналіз елементної бази розглянемо на прикладі стабілізованого перетворювача напруги СПН-25, який входить до складу БПТ-208.

У СПН-25 використовуються наступні елементи:

- 1 вентилятор;
- 50 резисторів;
- 58 конденсаторів;
- 9 діодів;
- 9 транзисторів
- 2 оптопари;
- 10 мікросхем;
- 3 дроселя;
- 4 трансформатори;
- 1 запобіжник;
- 1 індикатор;
- 6 вилок;
- 4 розетки.

З довідкової літератури й інших джерел визначаємо габаритні розміри ЕРЭ, споживану потужність, значення інтенсивності відмов, припустимі умови експлуатації й т.д.

#### 2.4.1 Основні технічні характеристики елементів

##### Вентилятор 512F Papst

##### Параметри:

- розмір..... 50/15/42 мм;
- вхідна напруга .....12 В;
- номінальна потужність .....1 Вт;
- діапазон робочих температур °С .....від -20 до +65°С;
- напрацювання на відмову ..... 50000 год;
- інтенсивність відмов.....  $26 \times 10^{-7}$  1/год;
- номінальна швидкість, оборот в хвилину.....5000;
- атмосферний тиск, кПа .....від 84 до 107 кПа;
- маса г..... 27 г.

Конструкція вентилятора 512F Papst наведена на рисунку 2.2.

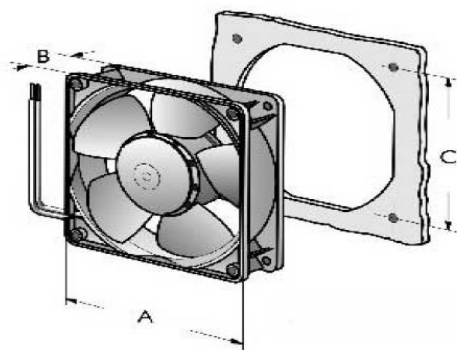


Рисунок 2.2 - Вентилятор512F Papst

##### Резистори

У загальній кількості електронних компонентів, використовуваних при виробництві РЕА, пасивні дискретні компоненти становлять близько 70%, причому не менш 50% з них доводиться на резистори.

##### Резистор RC1206 Yageo

##### Параметри

- діапазон номіналів опорів.....10Ом - 1Мом;

- відхилення від номіналу..... $\pm 5\%$ ;
- максимальна робоча напруга..... 200 В;
- номінальна потужність.....0,25 Вт;
- ТКС..... $\pm 100 \times 10^{-6} \text{ 1/К}$ ;
- інтенсивність відмов..... $0,01 \times 10^{-7} \text{ 1/год}$ ;
- робочий діапазон температур.....від  $-55$  до  $+125 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- маса .....0,5 г.

Конструкція резистора RC1206 наведена на рисунку 2.3.

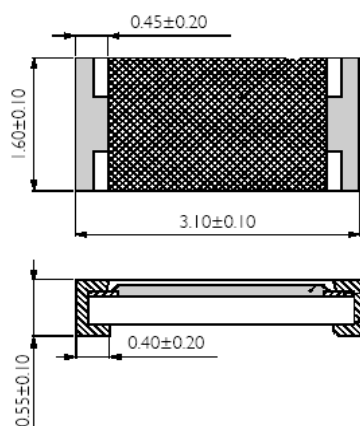


Рисунок 2.3 - Габаритні розміри резистора RC1206

Резистор RC2512 Yageo

Параметри:

- діапазон номіналів опорів.....100 Ом – 4,7 Мом;
- відхилення від номіналу..... $\pm 5\%$ ;
- максимальна робоча напруга.....200 В;
- номінальна потужність.....0,25 Вт;
- ТКС..... $\pm 100 \times 10^{-6} \text{ 1/К}$ ;
- інтенсивність відмов..... $0,01 \times 10^{-7} \text{ 1/год}$ ;
- робочий діапазон температур.....від  $-55$  до  $+125 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- маса .....0,5 г.

Конструкція резистора RC1206 наведена на рисунку 2.4.

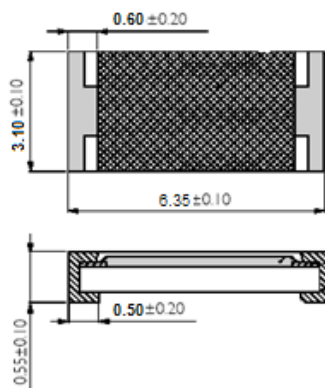


Рисунок 2.4 - Габаритні розміри резистора RC2512

Резистор PV12P102A01 Murata

Параметри:

- діапазон номіналів опорів.....1 КОм;
- відхилення від номіналу..... $\pm 10\%$ ;
- максимальна робоча напруга.....200 В;
- номінальна потужність.....0,25 Вт;
- ТКС..... $\pm 100 \times 10^{-6} 1/К$ ;
- інтенсивність відмов..... $0,045 \times 10^{-7} 1/год$ ;
- робочий діапазон температур.....від -55 до +125 °С;
- маса ..... 0,9 г.

Конструкція резистора RC1206 наведена на рисунку 2.5.

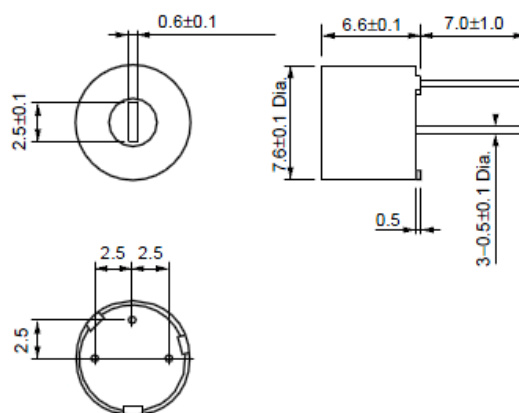


Рисунок 2.5 - Габаритні розміри резистора PV12P102A01

## Конденсатори

Керамічні Сhір-конденсатори (у прямокутному корпусі) багат шарові - найпоширеніший у цей час вид конденсаторів для ПМ. Їх відрізняє стійкість до зовнішніх факторів, досить великий діапазон ємностей при заданому температурному коефіцієнті ємності (ТКЕ), можливість автоматизованого монтажу. Масове застосування цих конденсаторів забезпечується наступними їхніми достоїнствами: малі габарити, простота технології виготовлення й, як наслідок, дешевизна; стійкість до всіх видів пайки.

### Конденсатор В45197 Еrcos

#### Параметри:

- діапазон ємностей.....0,1мФ-100мкФ;
- відхилення від номіналу.....±10 %;
- ТКЕ.....±30×10<sup>-6</sup> 1/К;
- максимальна робоча напруга.....50В;
- інтенсивність відмов.....0,1 ×10<sup>-7</sup> 1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +125 °С;
- робочий діапазон частоти вібрацій.....5-55 Гц;
- максимальна амплітуда вібрацій.....0,5 мм;
- атмосферний тиск.....від 84 до 107кПа;
- відносна вологість повітря при температурі +35 °С..... до 90 %;
- маса .....0,8 г.

Габаритні й приєднувальні розміри конденсатора В45197 наведені на рисунку 2.6.

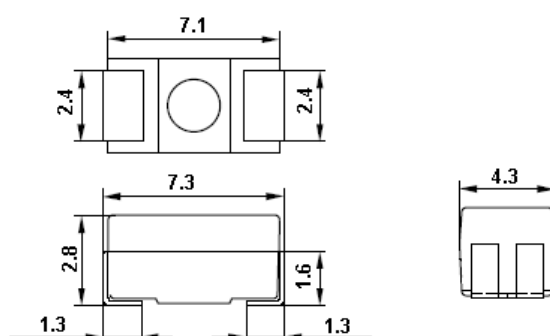


Рисунок 2.6 - Габаритні й приєднувальні розміри конденсатора В45197

## Конденсатор VJ1206 X7R Vishay

### Параметри:

- тип діелектрика.....X7R;
- діапазон номінальних значень ємностей.....1пФ - 470 нФ;
- ТКЕ ..... $30 \times 10^{-6}$  1/К;
- припустиме відхилення ємності від номінальної..... $\pm 10\%$ ;
- робоча напруга.....16, 25, 50, 100 В;
- інтенсивність відмов..... $0,00012 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +125°C;
- робочий діапазон частоти вібрацій.....5-55 Гц;
- максимальна амплітуда вібрацій.....0,5 мм;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- відносна вологість повітря при температурі +35 °С.....до 90%;
- маса..... 0,5 г.

Конструкція конденсатора 1206 X7R наведена на рисунку 2.7.

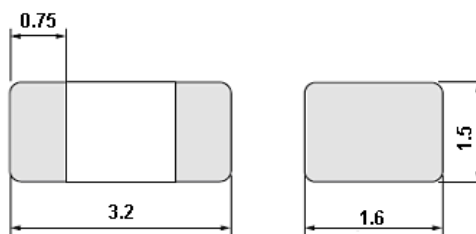


Рисунок 2.7 - Конструкція конденсаторів VJ1206 X7R

## Конденсатор VJ1206 COG Vishay

Має низьку діелектричну проникність, але гарну температурну стабільність. ТКЕ близький до нуля. Сіп-конденсатори більших номіналів, виготовлені із застосуванням даного діелектрика, найбільш дорогі.

### Параметри:

- тип діелектрика.....NPO(COG);
- діапазон ємностей.....1пФ - 470 нФ;
- припустиме відхилення ємності від номінальної..... $\pm 10\%$ ;
- номінальна напруга.....50В;

- інтенсивність відмов..... $0,00008 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від  $-55$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ ;
- робочий діапазон частоти вібрацій.....  $5-55$  Гц;
- максимальна амплітуда вібрацій..... $0,5$  мм;
- атмосферний тиск.....від  $85$  до  $107$  кПа;
- відносна вологість повітря при температурі  $+35^{\circ}\text{C}$ .....до  $90\%$ ;
- маса.....  $0,5$  г.

Конструкція конденсатора VJ1206 COG наведена на рисунку 2.8.

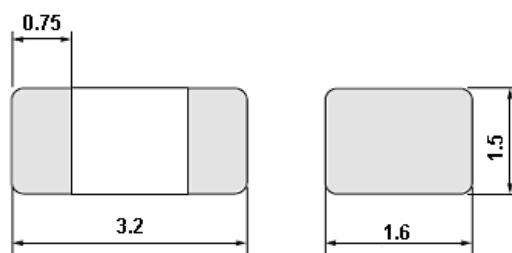


Рисунок 2.8 - Конструкція конденсаторів VJ1206 COG

Конденсатор FCA-25 B-47 Panasonic

Параметри:

- ємність..... $47$  мкФ;
- припустиме відхилення ємності від номінальної..... $\pm 20\%$ ;
- номінальна напруга..... $25\text{V}$ ;
- інтенсивність відмов..... $0,096 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від  $-55$  до  $+105^{\circ}\text{C}$ ;
- імпеданс..... $0,80$  Ом;
- пульсуючий струм..... $175$  мА;
- атмосфер.....від  $85$  до  $107$  кПа;
- відносна вологість повітря при температурі  $+35^{\circ}\text{C}$ .....до  $90\%$ ;
- маса.....  $0,7$  г.

Конструкція конденсатора FCA-25 B-47 наведена на рисунку 2.9.

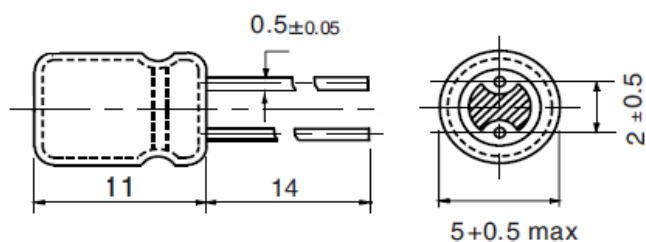


Рисунок 2.9 - Конструкція конденсатора FCA-25 B-47

### Конденсатор FCA-50 B-470 Panasonic

#### Параметри:

- ємність.....470 мкФ;
- припустиме відхилення ємності від номінальної..... $\pm 20\%$ ;
- номінальна напруга.....50В;
- інтенсивність відмов..... $0,096 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від  $-55$  до  $+105^{\circ}\text{C}$ ;
- імпеданс.....0,050 Ом;
- пульсуючий струм.....1832 мА;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- відносна вологість повітря при температурі  $+35^{\circ}\text{C}$ .....до 90%;
- маса.....1 г.

Конструкція конденсатора FCA-25 B-47 наведена на рисунку 2.10.

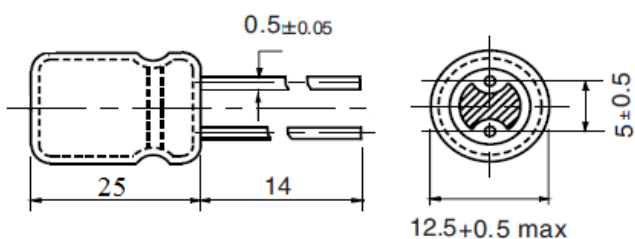


Рисунок 2.10 - Конструкція конденсатора FCA-50 B-470

### Конденсатор FRA-25 B-1800 Panasonic

#### Параметри:

- ємність.....1800 мкФ;
- припустиме відхилення ємності від номінальної..... $\pm 20\%$ ;
- номінальна напруга.....25В;
- інтенсивність відмов..... $0,096 \times 10^{-7}$  1/год;



- діапазон робочих температур.....від -40 до +105<sup>0</sup>С;
- імпеданс.....0,015 Ом;
- пульсуючий струм.....3190 мА;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- відносна вологість повітря при температурі +35 °С.....до 90%;
- маса..... 1г.

Конструкція конденсатора FRA-25 В-1800 наведена на рисунку 2.11.

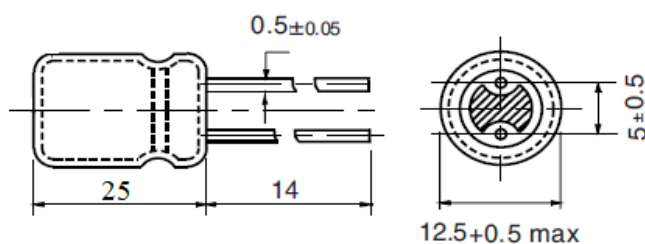


Рисунок 2.11 - Конструкція конденсатора FRA-25 В-1800

Конденсатор МКТ 372-100 В-0,47 Vishay

Параметри:

- ємність.....0,47 мкФ;
- допустиме відхилення ємності від номінальної.....±10%;
- номінальна напруга при постійному струмі.....100В;
- номінальна напруга при змінному струмі.....63В;
- інтенсивність відмов..... $0,14 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -40 до +105<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- відносна вологість повітря при температурі +35 °С.....до 87%;
- маса..... 0,9г.

Конструкція конденсатора МКТ 372-100 В-0,47 наведена на рисунку 2.12.

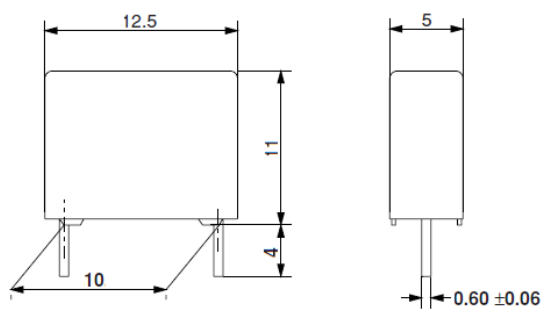


Рисунок 2.12 - Конструкція конденсатора МКТ 372-100 В-0,47

Конденсатор HV Y5P-3 кВ- 1500 пФ Vishay

Параметри:

- ємність.....1500 пФ;
- припустиме відхилення ємності від номінальної..... $\pm 10\%$ ;
- номінальна напруга .....3 кВ;
- інтенсивність відмов..... $0,14 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від  $-30$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ ;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- відносна вологість повітря при температурі  $+35^{\circ}\text{C}$ .....до 88%;
- маса.....0,9г.

Конструкція конденсатора HV Y5P-3 кВ- 1500 пФ наведена на рисунку 2.13.

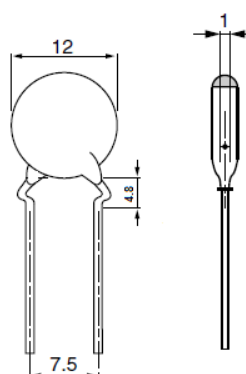


Рисунок 2.13 - Конструкція конденсатора HV Y5P-3 кВ- 1500 пФ

Діоди

Діод ВАV 102 NXP

Параметри:

- повна потужність.....500 мВт;
- робоча зворотна напруга.....150 В;
- середній випрямлений струм .....200 мА;
- інтенсивність відмов..... $0,04 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -65 до +200<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- корпус.....SOD80;
- маса.....0,4г.

Конструкція діоду BAV 102 NXP наведена на рисунку 2.14.

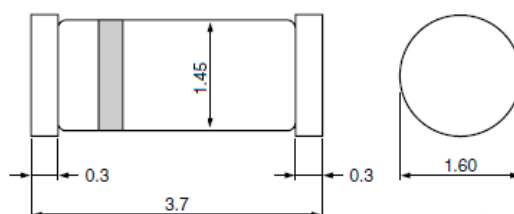


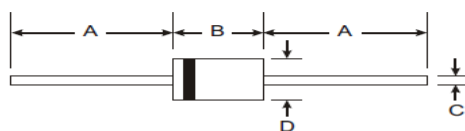
Рисунок 2.14 – Конструкція діоду BAV 102 NXP

Діод MUR 120 ON Semiconductor

Параметри:

- робоча пікова зворотна напруга.....200 В;
- середньоквадратична випрямлена напруга .....140 В;
- інтенсивність відмов..... $0,105 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +150<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....0,34г.

Конструкція діоду MUR 120 ON Semiconductor наведена на рисунку 2.15.



DO-41 Plastic		
Dim	Min	Max
A	25.40	—
B	4.06	5.21
C	0.71	0.864
D	2.00	2.72
All Dimensions in mm		

Рисунок 2.15 – Конструкція діоду MUR 120 ON Semiconductor

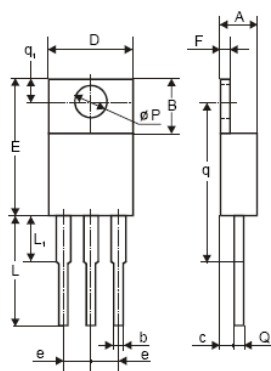
Транзистори

Транзистор IRF5210PBF Intern. Rectifier

Параметри:

- максимальна напруга сток-витік.....100 В;
- максимальна напруга затвор-витік .....20 В;
- максимальна струм сток-витік.....40 А;
- максимальна розсіювана потужність.....200 Вт;
- інтенсивність відмов..... $0,19 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +175<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск..... від 85 до 107 кПа;
- маса.....0,75г;
- корпус.....ТО220АВ.

Конструкція транзистора IRF5210PBF наведена на рисунку 2.16.



Dimension	mm	
	min	max
A	4.2	4.8
B	5.9	6.8
b	0.6	0.8
c	2.3	2.6
D	10.3	10.7
E	15.2	15.9
e	2.2	2.6
F	1.1	1.2
L	12.5	14.5
L <sub>1</sub>	3.06	3.54
P	3.6	3.72
Q	0.55	0.75
q	15.785	16.215
q <sub>1</sub>	2.6	3.0

Рисунок 2.16 – Конструкція транзистора IRF5210PBF

## Транзистор IRFP4110PBF Intern. Rectifier

## Параметри:

- максимальна напруга сток-витік.....100 В;
- максимальна напруга затвор-витік .....20 В;
- максимальна струм сток-витік.....120 А;
- максимальна розсіювана потужність.....370 Вт;
- інтенсивність відмов..... $0,19 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +175<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....0,75г;
- корпус.....ТО220АВ.

Конструкція транзистора IRFP4110PBF наведена на рисунку 2.17.

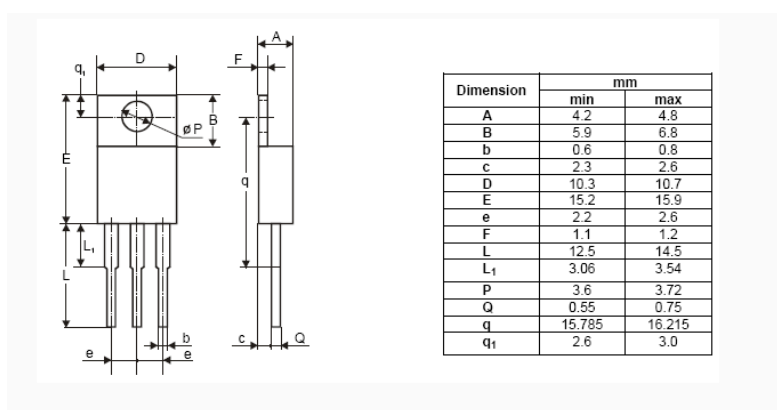


Рисунок 2.17 – Конструкція транзистора IRFP4110PBF

## Транзистор IRFB3004PBF Intern. Rectifier

## Параметри:

- максимальна напруга сток-витік.....40 В;
- максимальна напруга затвор-витік .....20 В;
- максимальна струм сток-витік.....195 А;
- максимальна розсіювана потужність.....380 Вт;
- інтенсивність відмов..... $0,19 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +175<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....0,75г;

- корпус..... TO220AB.

Конструкція транзистора IRFB3004PBF наведена на рисунку 2.18.

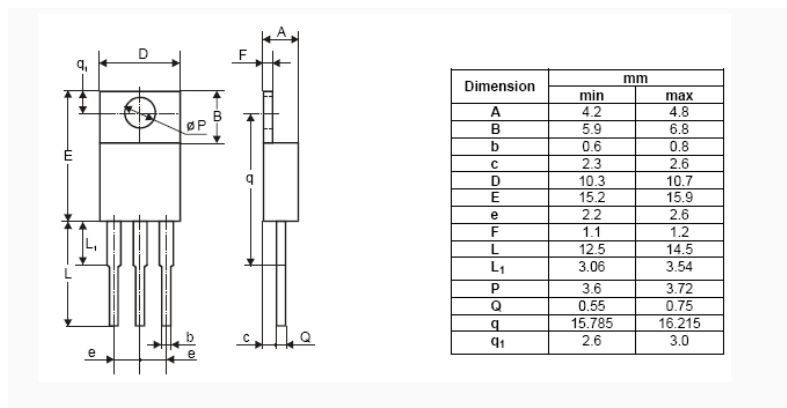


Рисунок 2.18 – Конструкція транзистора IRFB3004PBF

Транзистор IRFP4368PBF Intern. Rectifier

Параметри:

- максимальна напруга сток-витік.....75 В;
- максимальна напруга затвор-витік .....20 В;
- максимальна струм сток-витік.....350 А;
- максимальна розсіювана потужність.....520 Вт;
- інтенсивність відмов..... $0,19 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +175<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....0,7г;
- корпус.....TO247АС.

Конструкція транзистора IRFP4368PBF наведена на рисунку 2.19.

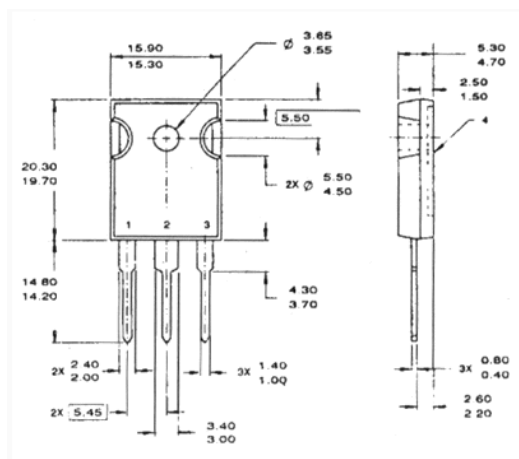


Рисунок 2.19 – Конструкція транзистора IRFP4368PBF

## Оптопара PC817X1J000F Sharp

### Параметри:

- максимальна напруга емітер-колектор.....80 В;
- максимальна передова діодна напруга.....1,4 В;
- максимальна зворотна діодна напруга.....370 В;
- максимальна струм колектора.....50 мА;
- максимальна потужність.....200 мВт;
- інтенсивність відмов..... $0,223 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -30 до +100°C;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....1,1г;
- корпус..... DIP-4.

Конструкція оптопари PC817X1J000F наведена на рисунку 2.20.

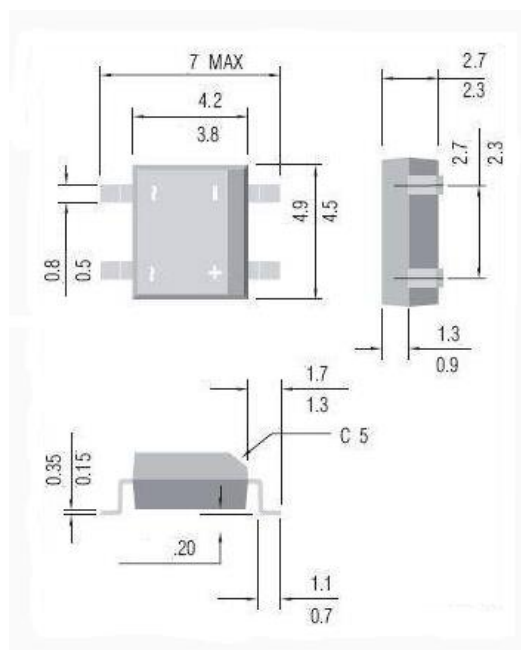


Рисунок 2.20 – Конструкція оптопари PC817X1J000F

## Мікросхеми

### Мікросхема MC7815CTG ON Semiconductor

### Параметри:

- максимальна вхідна напруга .....40 В;

- вихідна напруга .....15 В;
- номінальний вихідний струм .....1,5 А;
- інтенсивність відмов..... $0,02 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -65 до +150<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса..... 2г;
- корпус.....ТО-220-3.

Конструкція мікросхеми MC7815CTG наведена на рисунку 2.21.

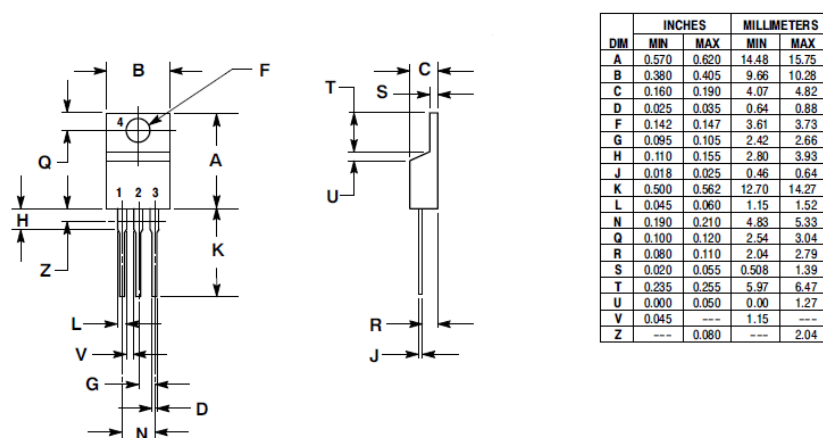


Рисунок 2.21 – Конструкція мікросхеми MC7815CTG

### Мікросхема IXDN504PI IXYS

#### Параметри:

- діапазон напруг .....4,5-30 В;
- максимальний струм .....4 А;
- час затримки.....19 нс;
- інтенсивність відмов..... $0,5 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +125<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск..... від 85 до 107 кПа;
- маса.....1,8г;
- корпус.....DIP-8.

Конструкція мікросхеми IXDN504PI наведена на рисунку 2.22.



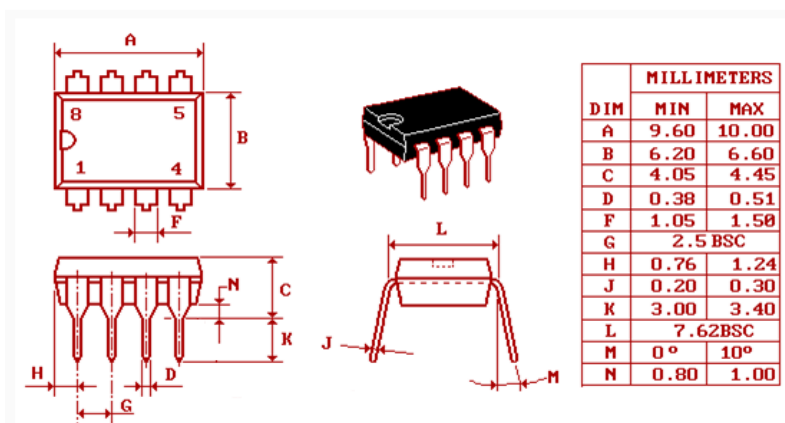


Рисунок 2.22 – Конструкція мікросхеми IXDN504PI

## Мікросхема UCC2891D Texas Instruments

## Параметри:

- робоча напруга .....12 В;
- частота перемикання .....1000 кГц;
- час зростання.....19 нс;
- час спаду.....14 нс;
- інтенсивність відмов..... $0,665 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ ;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....1,9г;
- корпус..... SOIC.

Конструкція мікросхеми UCC2891D наведена на рисунку 2.23.

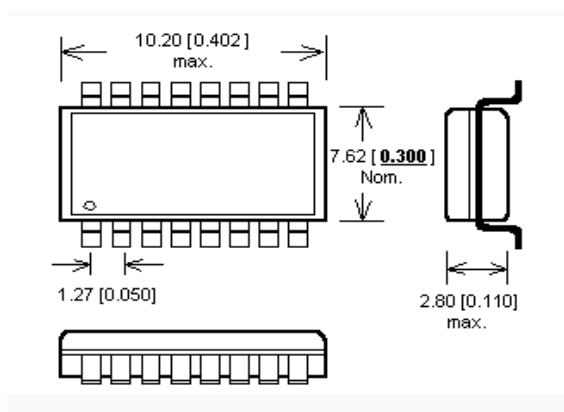


Рисунок 2.23 – Конструкція мікросхеми UCC2891D

## Мікросхема TL431ILP ON Semiconductor

### Параметри:

- максимальна напруга .....37 В;
- максимальний вихідний струм.....100 мА;
- інтенсивність відмов..... $0,665 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -40 до +85<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск..... від 85 до 107 кПа;
- маса.....1,15г;
- корпус.....ТО-92-3.

Конструкція мікросхеми TL431ILP наведена на рисунку 2.24.

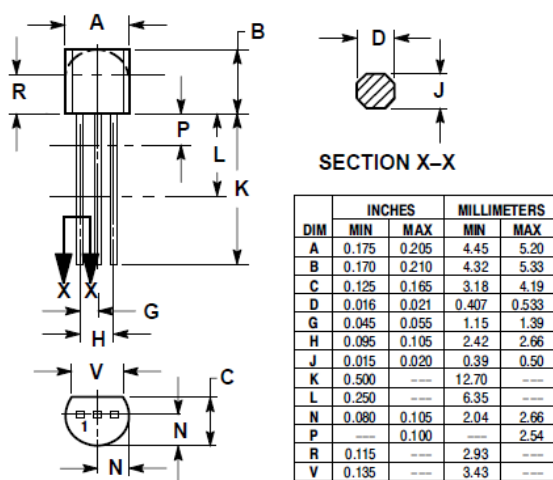


Рисунок 2.24 – Конструкція мікросхеми TL431ILP

## Мікросхема MC7912CT ON Semiconductor

### Параметри:

- вихідна напруга .....12 В;
- номінальний вихідний струм .....1 А;
- інтенсивність відмов..... $0,02 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -35 до +150<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....2г;

- корпус..... TO-220-3.

Конструкція мікросхеми MC7912CT наведена на рисунку 2.25.

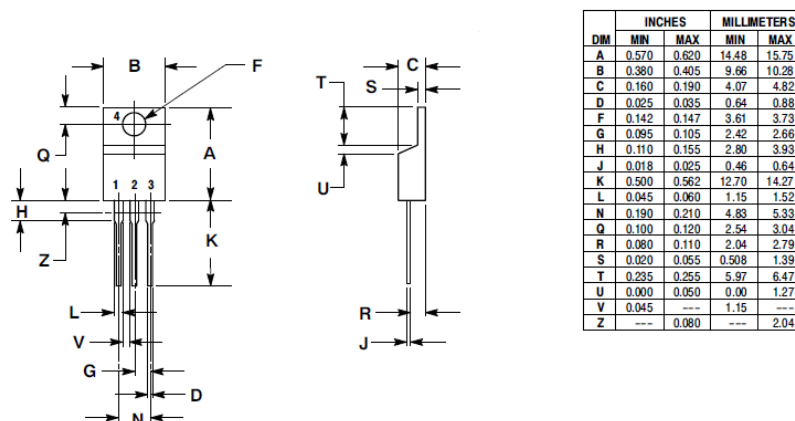


Рисунок 2.25 – Конструкція мікросхеми MC7912CT

Мікросхема IR5001S Intern. Rectifier

Параметри:

- номінальна напруга .....до 100 В;
- номінальний струм .....10 мА;
- інтенсивність відмов..... $0,4 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -65 до +150<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса..... 1,2г;
- корпус..... SOIC.

Конструкція мікросхеми IR5001S наведена на рисунку 2.26.

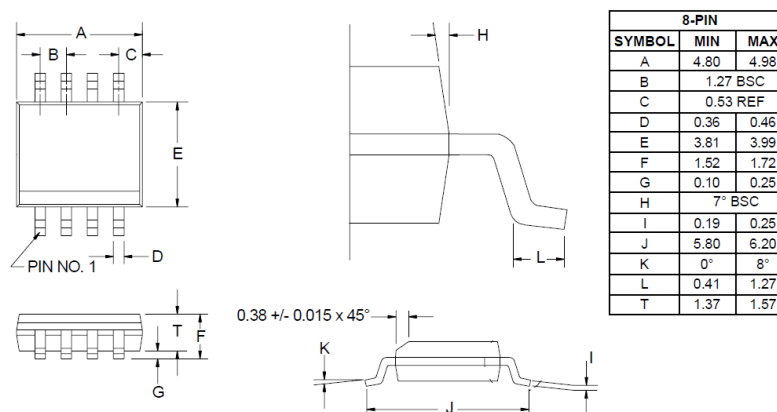


Рисунок 2.26 – Конструкція мікросхеми IR5001S

### Мікросхема LM235Z Thomson

#### Параметри:

- прямий струм .....10 мА;
- зворотній струм.....15 мА;
- інтенсивність відмов..... $0,26 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -65 до +150<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....1,15г;
- корпус.....ТО-92-3.

Конструкція мікросхеми LM235Z наведена на рисунку 2.27.

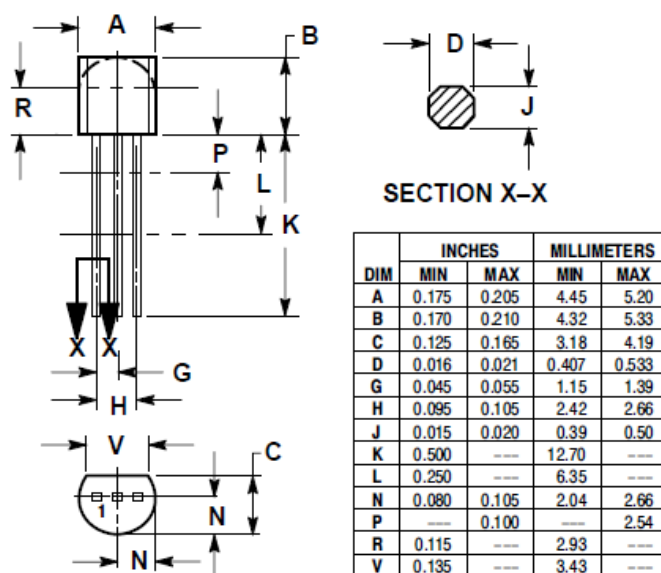


Рисунок 2.27 – Конструкція мікросхеми LM235Z

### Мікросхема IR3651SPBF Intern. Rectifier

#### Параметри:

- максимальна напруга .....100 В;
- номінальний струм .....10 мА;
- максимальна операційна частота.....400 кГц;
- інтенсивність відмов..... $0,5 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -65 до +150<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;

- маса.....1,75г;
- корпус.....SOIC.

Конструкція мікросхеми IR3651SPBF наведена на рисунку 2.28.

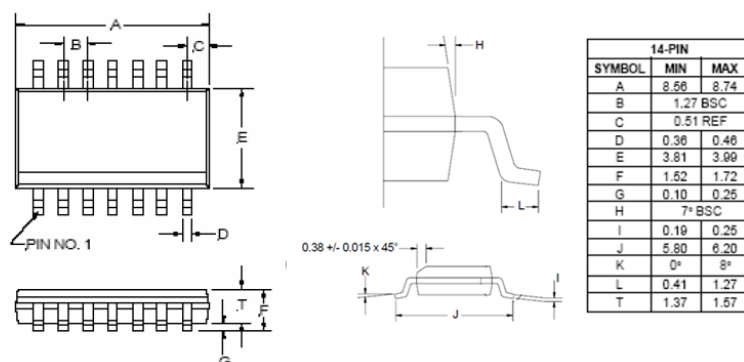


Рисунок 2.28 – Конструкція мікросхеми IR3651SPBF

Запобіжник TDC 10-25A BUSSMANN

Параметри:

- номінальна напруга .....32 В;
- максимальний струм .....25 А;
- інтенсивність відмов..... $0,1 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -65 до +150°C;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....3,8 г.

Конструкція запобіжника TDC 10-25A наведена на рисунку 2.29.

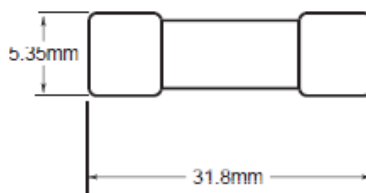


Рисунок 2.29 – Конструкція запобіжника TDC 10-25A

## Індикатор W934GE/2GD Kingbright

### Параметри:

- пряма напруга .....2,5 В;
- зворотна напруга.....5 В;
- прямий струм .....25 мА;
- зворотний струм .....10 мкА;
- потужність розсіювання.....105 мВт;
- ємність.....15 пФ;
- довжина хвилі.....565 нм;
- інтенсивність відмов..... $0,015 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -40 до +85<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса..... 0,8г;
- колір.....зелений.

Конструкція індикатора W934GE/2GD наведена на рисунку 2.30.

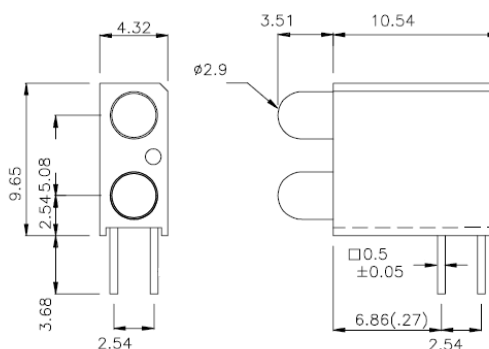


Рисунок 2.30 – Конструкція індикатора W934GE/2GD

## Трансформатори

Використовуються 4 трансформатори з котрих 3 покупні, а один виготовляється на виробництві самостійно ( його габарити 34x35).

### Трансформатор PA2007 NL Pulse

#### Параметри:

- первинна індуктивність .....1490 мкГн;

- втрати індуктивності .....0,80мкГн ;
- опір первинної та вторинної обмоток..... 1,15 Ом;
- номінальна операційна частота.....50 кГц та більше;
- інтенсивність відмов..... $0,01 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -40 до +130<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....0,6г.

Конструкція трансформатора PA2007 NL наведена на рисунку 2.31.

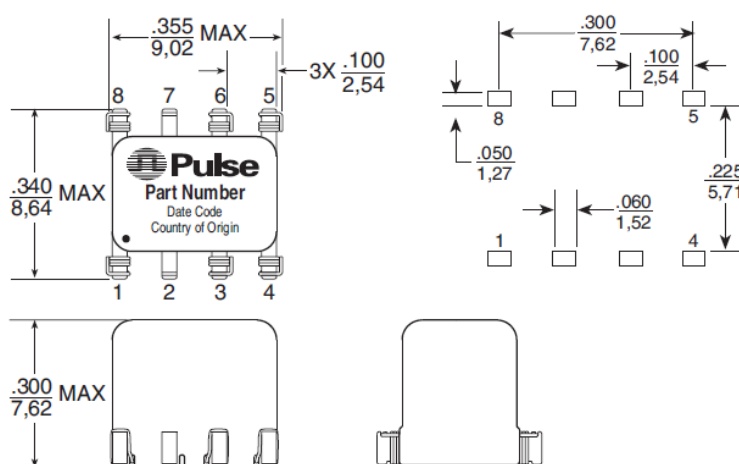


Рисунок 2.31 – Конструкція трансформатора PA2007 NL

### Трансформатор PA1005.100 NL Pulse

#### Параметри:

- вторинна індуктивність .....2 мГн;
- опір первинної обмотки..... .0,75 мОм;
- опір вторинної обмотки..... 5500 мОм;
- інтенсивність відмов..... $0,016 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -40 до +130<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса..... 0,34г.

Конструкція трансформатора PA1005.100 NL наведена на рисунку 2.32.

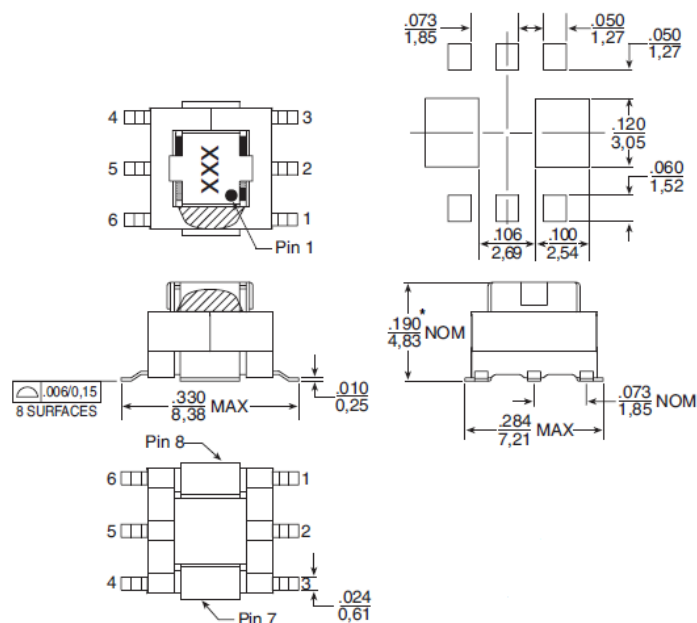


Рисунок 2.32 – Конструкція трансформатора PA1005.100 NL

## Розетки

Розетка 2695 №22-01-3027 Molex

Параметри:

- номінальна напруга .....50 В;
- номінальний струм .....500 мА;
- крок .....2,54 мм;
- інтенсивність відмов..... $0,02 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від 0 до  $+75^{\circ}\text{C}$ ;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....3,2г.

Конструкція розетки 2695 №22-01-3027 наведена на рисунку 2.33.



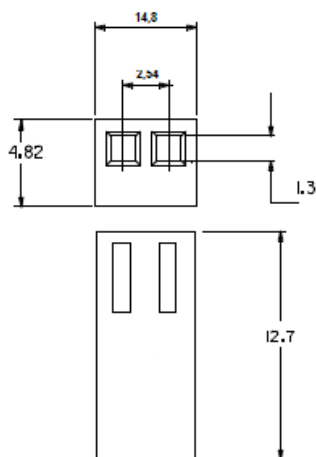


Рисунок 2.33 – Конструкція розетки 2695 №22-01-3027

Розетка 90147-1206 Molex

Параметри:

- максимальна напруга .....350 В;
- максимальний струм .....3 А;
- крок .....2,54 мм;
- інтенсивність відмов..... $0,03 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +125<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....2,6г.

Конструкція розетки 90147-1206 наведена на рисунку 2.34.

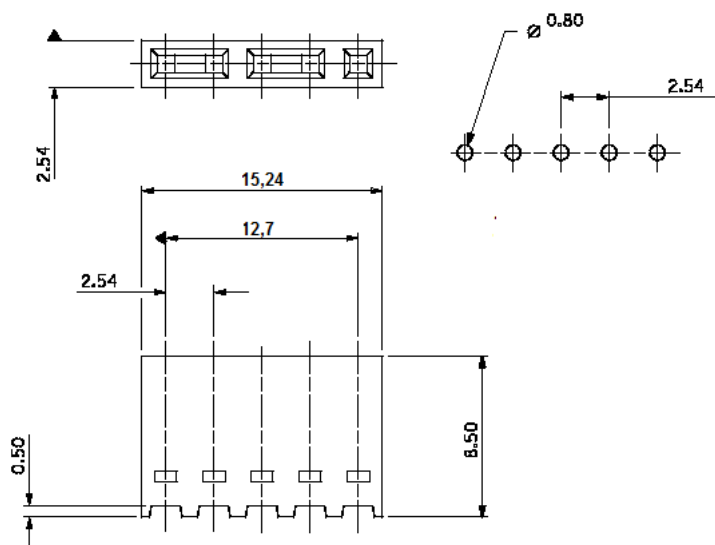


Рисунок 2.34 – Конструкція розетки 90147-1206

## Сердечники

## Сердечник 0077059A7 Magnetics

## Параметри:

- максимальна напруга .....500 В;
- інтенсивність відмов..... $0,1 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +125<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....10,8г.

Конструкція сердечника 0077059A7 наведена на рисунку 2.35.

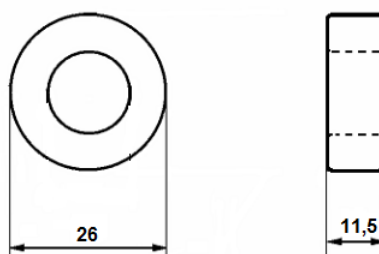


Рисунок 2.35 – Конструкція сердечника 0077059A7

## Сердечник 0077932A7 Magnetics

## Параметри:

- максимальна напруга .....500 В;
- інтенсивність відмов..... $0,1 \times 10^{-7}$  1/год;
- діапазон робочих температур.....від -55 до +125<sup>0</sup>С;
- атмосферний тиск.....від 85 до 107 кПа;
- маса.....21,9г.

Конструкція сердечника 0077932A7 наведена на рисунку 2.36.

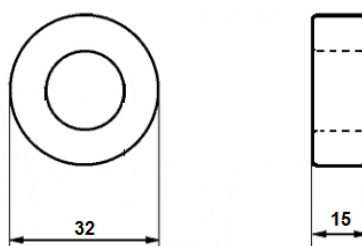


Рисунок 2.36 – Конструкція сердечника 0077932A7

Технічні дані кожного елемента дозволяють спроектувати пристрій, що працює при заданих умовах експлуатації;

При використанні описаних ЕРЕ в конструкції розроблювального блоку, а також з огляду на складність електричної схеми доцільна двостороння установка ЕРЕ на друковані плати. З урахуванням геометричних розмірів компонентів, які мають відстань між выводами менш ніж 2 мм, крок розміщення ЕРЕ на друкованих платах обраний рівним 1,25 мм.

## 2.5 Аналіз аналогу пристрою

Аналогом виробу, що розробляється, є блок живлення форм-фактора АТХ, реалізований на двох окремих друкованих платах. Один з пристроїв є мережевим випрямлячем для іншого. Вхідною напругою випрямляча є змінна напруга рівна  $220\text{ В} \pm 10\%$  з частотою  $50 \pm 3$  Гц. Блок живлення перетворює вхідну напругу у вихідні  $+3,3\text{ В}$ ;  $+5\text{ В}$ ;  $+12\text{ В}$ ;  $-12\text{ В}$ . З вищевказаного видно, що аналог призначається для виконання тих же функцій, що і розробляємий пристрій.

Загальний вид блоку наведений на рисунку 2.37.



Рисунок 2.37 – Загальний вид блоку форм-фактора АТХ

Аналог має наступні істотні відмінності.

Виготовляється з двох друкованих плат, розташованих в загальному корпусі, що істотно ускладнює ремонтпридатність і не дає можливість швидкого відновлення до роботи. У свою чергу конструкція БПт-208 хоч і має

великі габарити, і вагу на 1 кг більше свого аналога, але наявність трьох окремих СПН і генмонтажної плати дозволяє швидко взаємозамінювати елементи конструкції при аварійних ситуаціях в дуже швидкі терміни, що може грати дуже важливу роль, оскільки пристрій застосовується в області атомної енергетики, де зволікання може привести до серйозних негативних наслідків.

Коефіцієнт корисної дії аналога приблизно 75%, а ККД пристрою, що розробляється, складає вже приблизно 85%. Це так само дуже вагомий показник, який грає велику роль при проектуванні пристрою.

Також можна зробити акцент на те, що пристрій, що розробляється, виготовляється під конкретно задані потреби, на відміну від аналога, який має ширше призначення. Тим самим пристрій, що розробляється, буде ефективнішим, оскільки проектування робиться під конкретно задані параметри пристроїв, з якими взаємодіятиме блок живлення.

Попри те, що пристрій за вартістю дорожчий за свої зарубіжні аналоги, у результаті придбання його буде економічно доцільніше, оскільки на доставку закордонного аналогу потрібно значні матеріальні витрати.

Дуже вагомою гідністю пристрою, що розробляється, є те, що він на відміну від своїх аналогів проходить повний цикл випробувань, які дозволяють виявити несправності і їх усунути. В результаті блок живлення, що розробляється, прибуде до замовника в повністю працездатному стані і матиме підвищену надійність.

Як видно з аналізу аналога, виріб, що розробляється, враховує і усуває недоліки минулого покоління і має надійніші показники. Внаслідок чого можна зробити висновок, що розробка цього пристрою є виправданою.

## **2. 6 Аналіз вимог до конструкції пристрою**

Блок живлення повинен бути виконаний окремим конструктивно закінченим пристроєм з максимальним використанням уніфікованих конструктивних елементів. Для захисту від зовнішніх впливів передбачити

металевий корпус. Електричну комутацію із зовнішніми пристроями здійснювати за допомогою з'єднувачів.

Виготовлення пристрою буде вироблятися в умовах дрібносерійного багатомономенклатурного виробництва з використанням пристрою пайки хвилею припою, оплавленням, ручної та частково автоматичної установки компонентів на друковану плату. При організації виробництва необхідно використати відповідні пристрої, автомати для підготовки виводів начіпних елементів.

Електронну частину блоку реалізувати на друкованих платах, які мають власні корпуси, які потім сполучаються у загальному корпусі. Радіоелементи розташувати із двох сторін друкованої плати. Передбачити елементи фіксації, кріплення.

Блок живлення – стаціонарний пристрій, у якого маса не більше 4 кг.

Забезпечити охолодження за допомогою вентилятора, використовувані комплектуючі вироби електронної техніки повинні пройти 100 % вхідний контроль відповідно ДСТУ 24297-87.

Повинна бути передбачена уніфікація матеріалів (склотекстоліт, алюмінієві сплави й т.п.), кріпильних деталей, лакофарбових покриттів і клеїв, технологічних процесів, вимоги по уніфікації не повинні виконуватися за рахунок зниження якості й технічного рівня виробу.

Конструкція пристрою повинна бути ремонтпридатною, для швидкого виявлення та усунення несправностей, передбачити різні міри сигналізації небезпечних режимів, передбачити наявність у комплекті пристрою апаратур, що забезпечують профілактичний контроль і налагодження конструктивних елементів;

Забезпечити нормальну роботу оператора (організація його робочого місця, можливість доступу до всіх пристроїв, безпечна робота при налагодженні й ремонті);

Коефіцієнт корисної дії має бути не нижче 85%, крок розміщення елементів обираємо рівним 1,25 мм, середнє напрацювання на відмову не менше 250 000 годин.

### 3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

#### 3.1 Вибір конструкції друкованих плат

У якості прикладу розрахунку друкованих плат обираємо стабілізований перетворювач напруги СПН-25, який складається з трьох друкованих плат (за аналогічною методикою будуть проводитися розрахунки СПН-24 та БКнт-104).

У СПН-25 досить складна електрична схема. Через це найбільш прийнятним буде розчленовування її на більш прості вузли. Для спрощення конструкції пристрій буде виконуватися на трьох друкованих платах: чотирьохшарової ДП із двосторонньою установкою елементів, та двох двосторонніх друкованих платах. Чотирьохшарова ДП містить на внутрішніх шарах потенційні ланцюги (живлення й землі), а на зовнішніх шарах сигнальні траси й монтажне поле приєднання компонентів.

По точності виконання елементів конструкції ДП діляться на п'ять класів точності. За допомогою розчленовування і тим самим спрощення електричної схеми друковані плати будемо виготовляти по 3 класу точності. 3 клас - найбільш поширений, оскільки, з одного боку, забезпечує досить високу щільність трасування і монтажу, а з іншого – для виробництва плат за цим класом потрібно рядове, хоча і спеціалізоване, обладнання. Він характеризується шириною друкованого провідника рівною 0,3 мм та відстанню між краями сусідніх елементів провідного рисунка рівною 0,3мм. Згідно цього обираємо крок координатної сітки рівним 0,625. Крок розміщення елементів обираємо рівним 1,25.

Для визначення площі розроблювальних конструкцій друкованих плат скористаємося формулою

$$S = K_y \cdot \sum_{i=1}^n S_i, \quad (3.1)$$

де  $S_i$  – настановна площа  $i$ -го навісного елемента;

$K_y$  – коефіцієнт запасу площі плати ( $K_y = 1...3$ );

$n$  – кількість елементів.

Зробимо розрахунки для кожної плати окремо.

З огляду на наявність перехідних отворів і друкованих провідників друковану плату необхідно вибирати із запасом.

*Розрахунок для плати БК-2405*

$$S_{FCA-50B}=133 \text{ мм}^2;$$

$$S_{MKT372}=62,5 \text{ мм}^2;$$

$$S_{1206X7R}=4,8 \text{ мм}^2;$$

$$S_{2220X7R}=36,8 \text{ мм}^2;$$

$$S_{IXDN504PI}=76,2 \text{ мм}^2;$$

$$S_{MC7815CTG}=49,6 \text{ мм}^2;$$

$$S_{TDC10-25A}=170,1 \text{ мм}^2;$$

$$S_{RC1206}=4,96 \text{ мм}^2;$$

$$S_{RC2512}=19,7 \text{ мм}^2;$$

$$S_{PA1005.100NL}=61 \text{ мм}^2;$$

$$S_{BAV102}=5,92 \text{ мм}^2;$$

$$S_{IRFP4110PBF}=51,4 \text{ мм}^2;$$

$$S_{IRF5210PBF}=51,4 \text{ мм}^2;$$

$$S_{A-42404-10B2}=190 \text{ мм}^2;$$

$$S_{90121-0766}=87 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{трансформатор}}=1190 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{радіатор}}=432 \text{ мм}^2.$$

По формулі (3.1) одержуємо:

$$S=(133 \cdot 2+62,5+4,8 \cdot 4+36,8 \cdot 3+76,2+49,6+170,1+4,96 \cdot 2+19,7 \cdot 3+61+5,92 \cdot 3+51,4+190+87+1190+432) \cdot 2=5940 \text{ мм}^2$$

*Розрахунок для плати БК-2406*

$$S_{0077059A7}=299 \text{ мм}^2;$$

$$S_{0077932A7}=480 \text{ мм}^2;$$

$$S_{B45197}=30,5 \text{ мм}^2;$$

$$S_{FCA-25B}=19,6 \text{ мм}^2;$$

$$\begin{aligned}
S_{\text{FRA-25B}} &= 133 \text{ мм}^2; \\
S_{1206\text{X}7\text{R}} &= 4,8 \text{ мм}^2; \\
S_{1206\text{COG}} &= 4,8 \text{ мм}^2; \\
S_{1812\text{X}7\text{R}} &= 30 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{IR501S}} &= 19,9 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{IXDN504PI}} &= 76,2 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{LM235Z}} &= 21,8 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{MC7912CT}} &= 49,6 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{TL431ILP}} &= 76,2 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{UCC2891D}} &= 77,7 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{W934GE/2GD}} &= 45,5 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{PV12P102}} &= 45,3 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{RC1206}} &= 4,96 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{RC2512}} &= 19,7 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{PA2007NL}} &= 78 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{BAV102}} &= 5,92 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{MUR120}} &= 14,2 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{PC817x1j000F}} &= 34,3 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{IRFB3004PBF}} &= 51,4 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{IRFP4110PBF}} &= 51,4 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{IRFP4368PBF}} &= 84,3 \text{ мм}^2; \\
S_{\text{A-42404-24B2}} &= 456 \text{ мм}^2; \\
S_{6410} &= 34 \text{ мм}^2; \\
S_{90147-1206} &= 18 \text{ мм}^2.
\end{aligned}$$

По формулі (3.1) одержуємо:

$$\begin{aligned}
S &= (480 + 299 \cdot 2 + 30,5 \cdot 8 + 19,6 \cdot 2 + 133 \cdot 3 + 4,8 \cdot 12 + 30 \cdot 9 + 19,9 + 76,2 + 21,8 + 49,6 + 76, \\
&2 + 77,7 + 45,5 + 45,3 + 4,96 \cdot 21 + 19,7 \cdot 3 + 78 + 5,92 \cdot 2 + 14,2 \cdot 2 + 34,3 \cdot 2 + 51,4 \cdot 4 + 51,4 + 84,3 + 4 \\
&56 + 34 + 18 \cdot 3) \cdot 2,7 = 10176 \text{ мм}^2
\end{aligned}$$

*Розрахунок для плати БК-2408*

$$\begin{aligned}
S_{1206\text{X}7\text{R}} &= 4,8 \text{ мм}^2; \\
S_{1206\text{COG}} &= 4,8 \text{ мм}^2;
\end{aligned}$$



$$S_{1812X7R}=30 \text{ мм}^2;$$

$$S_{IR3651SPBF}=35 \text{ мм}^2;$$

$$S_{PV12P102}=45,3 \text{ мм}^2;$$

$$S_{RC1206}=4,96 \text{ мм}^2;$$

$$S_{RC2512}=19,7 \text{ мм}^2;$$

$$S_{BAV102}=5,92 \text{ мм}^2;$$

$$S_{90121-0766}=87 \text{ мм}^2.$$

По формулі (3.1) одержуємо

$$S=(4,8 \cdot 8+4,8 \cdot 2+30 \cdot 2+35 \cdot 2+45,3 \cdot 2+4,96 \cdot 16+19,7 \cdot 4+5,92 \cdot 2+87 \cdot 2) \cdot 3=1945,9 \text{ мм}^2$$

Відповідно до вищевикладеного ДП будуть мати наступні розміри:

$$\text{БК} - 2405 - 132 \times 45;$$

$$\text{БК} - 2406 - 147 \times 78;$$

$$\text{БК} - 2408 - 64 \times 30;$$

З огляду на те, що розроблюваний блок буде використовуватися на атомних станціях, перед ним ставлять високі вимоги стосовно пожежної безпеки.

Діелектричною основою для виготовлення ДП використаємо склотекстоліт негорючий фольгований листовий GFN (FR-4):

- для зовнішніх шарів 35/0 - однобічний (товщина фольги 35 мкм);
- для внутрішніх шарів 35/35 - двосторонній.

Товщина чотирьохшарової ДП 1,6 мм.

Товщина двосторонніх ДП 1,5 мм.

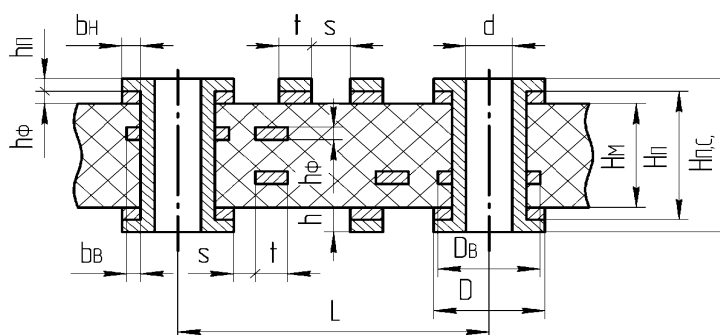
### 3.2 Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованої плати

Конструкторсько-технологічний розрахунок ДП виконують з урахуванням виробничого рисунку провідних елементів, фотошаблону, базування, свердління, експонування, тобто з урахуванням технології виготовлення.

Кожен клас точності друкованого монтажу характеризується граничними параметрами. Тому при розрахунку використовують граничні

значення елементів друкованого монтажу з урахуванням похибки їх виконання. [5]

Основні умовні позначки параметрів друкованого монтажу й графічне зображення БДП наведені на рисунку 3.1. Номінальні значення основних параметрів друкованого монтажу для вузького місця наведені в таблиці 3.1. [6]



$H_{пс}$  – сумарна товщина ДП;  $H_p$  – товщина плати;  $H_m$  – товщина діелектрика плати;  $a$  – відстань до края плати;  $d$  – діаметр отвору;  $b$  – гарантований поясок;  $t$  – ширина друкованого провідника;  $S$  – відстань між краями сусідніх елементів проводячого рисунка;  $L$  – відстань між осями (центрами) друкованих елементів;  $h$  – товщина проводячого рисунка;  $D$  – діаметр контактного майданчика;  $h_p$  – товщина хіміко-гальванічного покриття;  $h_ф$  – товщина фольги.

Рисунок 3.1 – Багатошарова друкована плата

Таблиця 3.1 - Номінальні значення основних параметрів друкованого монтажу для вузького місця

Найменування розрахункового елемента	Позначення	Значення параметрів для 3-го 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 паска, мм	$b_m$	0,10

### 3.2.1 Визначення розмірів перехідних і монтажних отворів [6]

У проєктованих ДП є перехідні й монтажні отвори. Діаметри перехідних і монтажних отворів повинні відповідати ГОСТ 10317-79.

Під перехідним отвором ДП мається на увазі отвір, що служить для сполуки провідних шарів ДП.

Мінімальний діаметр перехідного отвору визначають зі співвідношення:

$$d_{no} \geq I H_{nn}, \quad (3.2)$$

де  $H_{nn}$  – товщина друкованої плати;

$I$  - відношення діаметра металізованого отвору до товщини друкованої плати відповідно до таблиці 3.1;

Використовуючи формулу (3.2) розрахуємо діаметри перехідних отворів ДП для:

БК – 2405 ( $H_{nn} = 1,5$  мм);

$$d_{no} \geq 1,5 \times 0,33 = 0,495 \text{ мм}$$

БК – 2406 ( $H_{nn} = 1,6$  мм);

$$d_{no} \geq 1,6 \times 0,33 = 0,528 \text{ мм}$$

БК – 2408 ( $H_{nn} = 1,5$  мм);

$$d_{no} \geq 1,5 \times 0,33 = 0,495 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр перехідного отвору  $d_{no} = 0,6$  мм для трьох плат.

Визначаємо номінальне значення діаметра монтажного отвору зі співвідношення

$$d_{mo} \geq d_B + |\Delta d_{HO}| + \Delta, \quad (3.3)$$

де  $d_B$  – максимальне значення діаметра виводу навісного елемента;

$\Delta d_{HO}$  – нижнє граничне відхилення номінального значення діаметра отвору (таблиця 3.2);

$\Delta$  - зазор між выводами й монтажним отвором для пайки ( $\Delta = 0,1-0,4$  мм).

Припустимі погрішності виконання конструктивних елементів для 3-го класу точності вказані у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Припустимі погрішності виконання конструктивних елементів для 3-го класу точності

Погрешность	Обозначение	Максимальное значение, мм
1	2	3
Допуск на отвір без металізації: При $\varnothing \leq 1$ мм При $\varnothing > 1$ мм	$\Delta d$	$\pm 0,05$ $\pm 0,10$
Допуск на отвір з металізацією: При $\varnothing \leq 1$ мм При $\varnothing > 1$ мм	$\Delta d$	$\pm 0,1$ $\pm 0,15$
Допуск на ширину провідника: без покриття; с покриттям	$\Delta t$	$\pm 0,05$ $\pm 0,10$
Допуск на розташування отворів при розмірі ДП: $L \leq 180$ мм $180 < L \leq 360$ мм $L > 360$	$\delta d$	0,08 0,10 0,15
Допуск на розташування контактних площадок при розмірі ДП: $L \leq 180$ мм $180 < L \leq 360$ мм $L > 360$	$\delta p$	0,25 0,30 0,35
Допуск на розташування провідників	$\delta l$	0,03

Для розрахунку діаметрів монтажних отворів діаметри виводів елементів розіб'ємо по розмірах на кілька груп і для кожної групи знайдемо  $d_{MO}$  по формулі (3.3)

$$d_{M1} \geq 0,5 + 0,1 + 0,1 = 0,7 \text{ мм},$$

$$d_{M2} \geq 0,8 + 0,1 + 0,1 = 1 \text{ мм},$$

$$d_{M3} \geq 0,95 + 0,1 + 0,1 = 1,15 \text{ мм},$$

$$d_{M4} \geq 1,12 + 0,15 + 0,1 = 1,37 \text{ мм},$$

$$d_{M5} \geq 1,48 + 0,15 + 0,1 = 1,73 \text{ мм},$$

Приймаємо діаметри монтажних отворів:

$d_{M1} = 0,7$  мм – для резисторів PV12P102 і т.д.;

$d_{m2}=1$  мм – для мікросхеми MC7918C, транзисторів IRF4110PBF, IRFp3004PBF, і т.д.;

$d_{m3}=1,2$  мм – для вилок Molex 90121-0766;

$d_{m4}=1,4$  мм – для саморобного трансформатору;

$d_{m5}=1,8$  мм – для вилок Molex A-42404-24B2 та A-42404-24B2.

### 2.2.2 Визначення номінального значення ширини провідника

Зменшення ширини провідників і зазорів дозволяє збільшити кількість трас на кожному шарі плати. Однак зменшення ширини провідників обмежено струмонесучими властивостями й омичним опором провідників.

Є також обмеження й на зменшення відстаней між провідниками (ізоляційні зазори).

Номінальне значення ширини провідника  $t$ , мм розраховують по формулі

$$t = t_M + |\Delta t_{HO}|, \quad (3.4)$$

де  $t_M$  - мінімальна припустима ширина провідника (таблиця 3.1);

$|\Delta t_{HO}|$  - нижнє граничне відхилення ширини провідника (таблиця 3.2).

$$t = 0,25 + 0,05 = 0,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $t = 0,3$  мм.

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного рисунка в міліметрах визначається по формулі

$$S = S_M + \Delta t_{BO}, \quad (3.5)$$

де  $S_M$  – мінімально припустима відстань між сусідніми елементами провідного рисунка (таблиця 3. 1);

$\Delta t_{BO}$  – верхнє граничне відхилення ширини провідника (таблиця 3.2).

$$S = 0,25 + 0,05 = 0,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $S = 0,3$  мм.

### 3.2.3 Визначення розмірів контактних майданчиків

Істотним стримуючим фактором збільшення трасувальної здатності є великий діаметр контактних майданчиків навколо наскрізних металізованих отворів. Для виконання призначених йому функцій контактний майданчик повинен охоплювати металізований отвір. Розрахунок мінімального розміру контактних майданчиків роблять із умов забезпечення мінімальної ширини гарантованого паска охоплення, з обліком всіх неминучих погрішностей виробництва.

Розрахунок мінімального діаметра контактного майданчика роблять по формулі:

$$D = (d_{MO} + \Delta d_{BO}) + 2 \cdot b_M + \Delta t_{BO} + 2 \cdot \Delta d_{TP} + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_{HO}^2}, \quad (3.6)$$

де  $\Delta d_{BO}$  – верхнє граничне відхилення діаметра отвору (таблиця 3.2);

$\Delta d_{TP}$  – підтравлювання діелектрика (приймає рівним 0,03мм);

$$D_1 = 0,7 + 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,25^2 + 0,05^2} = 1,39 \text{ (мм)}$$

Приймаємо  $D_1 = 1,4$  мм

$$D_2 = 1 + 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,25^2 + 0,05^2} = 1,69 \text{ (мм)}$$

Приймаємо  $D_2 = 1,7$  мм

$$D_3 = 1,2 + 0,15 + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,25^2 + 0,05^2} = 1,94 \text{ (мм)}$$

Приймаємо  $D_3 = 1,95$  мм

$$D_4 = 1,4 + 0,15 + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,25^2 + 0,05^2} = 2,14 \text{ (мм)}$$

Приймаємо  $D_4 = 2,15$  мм

$$D_5 = 1,8 + 0,15 + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,25^2 + 0,05^2} = 2,54 \text{ (мм)}$$

Приймаємо  $D_5 = 2,55$  мм

Розрахунок мінімальної відстані для прокладки n-ої кількості провідників з контактними майданчиками діаметрів  $D_1$  й  $D_2$  роблять по формулі

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + t_M \cdot n + S \cdot (n + 1) + \delta l, \quad (3.7)$$

де n - кількість провідників;

$t_M$  – ширина провідника ( $t_M = 0,25$  мм по таблиці 3.1);

S - номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного рисунка (S=0,3 мм - розрахункове);

$\delta l$  - допуск на розташування провідників ( $\delta l=0,03$  мм по таблиці 3.2).

$$l = \frac{1,4+1,7}{2} + 0,25 \cdot 1 + 0,3 \cdot (1+1) + 0,05 = 2,45 \text{ мм}$$

Так, ми отримуємо: діаметр перехідного отвору 0,6 мм; діаметри монтажних отворів 0,7; 1,0; 1,2; 1,4; 1,8 мм; діаметри контактних майданчиків 1,4; 1,7; 1,95; 2,15; 2,55 мм.

### 3.3 Розрахунок по постійному струму [6]

Перетин проведення S розраховується по припустимому спаданню напруги  $U_n$  на провіднику:

$$U_n = \rho l / h_\phi b_{np}, \quad (3.8)$$

де  $\rho$  - питомий опір провідника ( для мідної катаної фольги  $\rho$  становить 0,017 Ом·мм<sup>2</sup>/м;

$h_\phi$  - товщина фольги, мм;

$b_{np}$  - ширина провідника, мм ;

$l$  - довжина провідника, м ;

$I$  - струм, А.

#### 3.3.1 Розрахунок сигнальних ланцюгів

Необхідний перетин друкованого провідника сигнального ланцюга :

$$S_c \geq \rho \cdot I \cdot l / U_{з.пк}, \quad (3.9)$$

де  $U_{з.пк}$  – запас завадостійкості логічного елемента.

Для сучасних серій мікросхем  $U_{з.пк}$  не гірше 0,5-0,7 В; струм, видаваний у навантаження  $I$ , не перевищує 0,1 А; максимально можлива довжина траси 500мм.

$$S_c \geq 0,017 \cdot 0,1 \cdot 0,5 / 0,5 = 0,017 (\text{мм}^2)$$

Необхідна ширина друкованого провідника для сигнальних ланцюгів:

$$b_{np.c} \geq S_c / h_\phi \quad (3.10)$$

$$b_{прс} \geq 0,017/0,035 = 0,49 \text{ мм}$$

З технологічних міркувань приймаємо ширину друкованого провідника  $b_{пр.с} = 0,5 \text{ мм}$ .

Визначимо опір металізованого перехідного отвору:

$$R_{п.о.} = \rho \cdot h_{мо} / 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot h_m, \quad (3.11)$$

де  $\rho$  – питомий опір, залежить від способу одержання ПП. Тому що стінки перехідних отворів металізуються методом хімічного нарощування міді  $\rho = 0,05 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ ;

$h_{мо}$  – висота металізованого отвору, мм;

$r_1$  – зовнішній радіус отвору, мм;

$h_m$  – товщина металізації, мм.

Для БК-2405 та БК-2408

$$R_{п.о.} = 0,05 \cdot 0,0015 / 2 \cdot 3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,035 = 0,00056 \text{ Ом}$$

Для БК -2406

$$R_{п.о.} = 0,05 \cdot 0,0016 / 2 \cdot 3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,035 = 0,0006 \text{ Ом}$$

Мінімальна ширина провідника для сигнальних ланцюгів буде визначатися технологічними можливостями виробництва.

### 3.3.2 Розрахунок ланцюгів живлення та землі

Розрахунок по постійному струму практично виконується для ланцюгів живлення й землі.

Необхідний перетин друкованого провідника шини землі й живлення:

$$S_{н.з} \geq \rho \cdot I \cdot l / (0,01 \div 0,02) U_H, \quad (3.12)$$

де  $U_H$  – номінальне значення підводимої напруги. ( $U_H = 27 \text{ В}$ );

$$S_{н.з} \geq 0,017 \cdot 1,5 \cdot 0,35 / 0,01 \cdot 27 = 0,033 \text{ мм}^2,$$

Необхідна ширина провідника ланцюгів живлення й землі:

$$b_{н.з} \geq S_{н.з} / h_{\phi}, \quad (3.13)$$

$$b_{н.з} \geq 0,033 / 0,035 = 0,94 \text{ мм},$$

Приймаємо ширину ланцюга живлення й землі з живлячою напругою 27В  $b_{п.з} = 1 \text{ мм}$ .



Кількість контактів  $n_k$  з'єднувача непрямої сполуки, що здійснюють підвід напруги живлення 27В й землі визначають зі співвідношення

$$n_k = S_{п.з} / (\pi \cdot d_b \cdot h) \quad (3.14)$$

де  $d_b$  – діаметр виводів, мм.

$$n_k = \frac{0,033}{3,14 \cdot 1,6 \cdot 0,035} = 0,2 \text{ шт}$$

Приймаємо  $n_k = 1$ , один на живлення та один на землю.

Ланцюги живлення повинні мати низкоомний опір, щоб розподіл потенціалів був рівномірним по всій площині плати. Але крім низького опору від ланцюгів живлення та заземлення потрібно ще й низька індуктивність для ослаблення імпульсних перешкод, обумовлених швидкістю перемикання в схемах з високою швидкодією.

Найбільш вдало ці проблеми вирішуються в БДП, що виготовляють методом металізації наскрізних отворів, де є можливість виділити для ланцюгів землі й живлення окремі шари, що грають одночасно роль електричних екранів, заземлених по високій частоті.

Отримані результати розрахунку по постійному струму показують правильність прийнятих у попередньому розділі значень конструкторсько - технологічних показників, а також показують можливість нормального функціонування проектованого виробу з погляду навантажувальної здатності провідників по струму, високий опір ізоляції й високу діелектричну міцність основи ДП.

### 3.4 Розрахунок по змінному струму

Методика розрахунку беремо з [6]

Припустимо довжину трьох паралельно розташованих сигнальних провідників визначають по формулі

$$l_{np} = \frac{0,5 \cdot l_{cd} \cdot l_{Lnp}}{l_{cd} + l_{Lnp}}, \quad (3.15)$$

де  $l_{cd}$ ,  $l_{pr}$  - припустима довжина паралельно розташованих провідників при впливі тільки ємнісного паразитного зв'язку й тільки індуктивного паразитного зв'язку відповідно.

Припустима довжина паралельно розташованих сусідніх провідників при впливі тільки ємнісного паразитного зв'язку визначається по формулі 3.16:

$$l_{cnp} = \frac{C_{Pr}}{C_{II}}, \quad (3.16)$$

де  $C_{Pr}$  - припустима ємність паразитного зв'язку, обумовлена завадостійкістю мікросхем,  $C_{II} = 60$  пф;

$C_{II}$  – погонна ємність пф/см, визначається по формулі:

$$C_{II} = K_{II} \xi', \quad (3.17)$$

де  $K_{II}$  – коефіцієнт пропорційності,  $K_{II} = 0,17$ ;

$\xi$  – діелектрична проникність середовища.

Для провідників, розташованих на поверхні плати:

$$\xi' = \frac{\xi_0 + \xi}{2}, \quad (2.18)$$

де  $\xi_0$  – діелектрична проникність лаку, якщо плата покрита лаком,  $\xi_{II} = 4$ ;

$\xi$  - діелектрична проникність матеріалу плати,  $\xi_{дп} = 6$ .

По формулі 3.18, одержуємо, що

$$\xi' = \frac{4 + 6}{2} = 5$$

Підставляючи  $\xi'$  у формулу 3.17, одержуємо значення погонної ємності  $C_{II}$

$$C_{II} = 0,17 \cdot 5 = 0,85 \text{ нФ/см};$$

Значення  $C_{II}$  підставляємо у формулу 3.17 й обчислюємо припустиму довжину паралельно розташованих сусідніх провідників при впливі тільки ємнісного паразитного зв'язку:

$$l_{cnp} = \frac{60}{0,85} \approx 71 \text{ см};$$

Припустима довжина паралельно розташованих сусідніх провідників при впливі тільки індуктивного паразитного зв'язку для плати без площини, що екранує, визначають по формулі:

$$l_{Lnp} \left[ \ln \left( \frac{2l_{m0}}{S + 0,5(t_1 + t_2)} \right) - 1 \right] = \frac{t_{3c}(U_{ny} + U_o)}{K_3 \Delta I}, \quad (3.19)$$

де  $U_{ny}$  – значення завадостійкості мікросхем наведене в ТУ, довідниках,  $U_{ny} = 0,4$  В;  $U_o$  – напруга логічного 0, наведеного в ТУ,  $U_o = 0,3$  В;

$\Delta I$  – перепад струму в ланцюзі живлення при перемиканні ІС,  $\Delta I = 0,01$  А;

$t_{3,cp}$  - середній час затримки,  $t_{3,cp} = 14$  нс;

$K_3$  - коефіцієнт запасу,  $K_3 = (0,5 \dots 1)$ .

Для рішення рівняння використовуємо ітераційний метод Ньютона.

Введемо позначення:

$$Z = l_{m0}, \quad (3.20)$$

$$C = \frac{t_{3c}(U_{ny} + U_o)}{K_3 \Delta I}; \quad (3.21)$$

$$B = -1; \quad (3.22)$$

$$A = \frac{S + 0,5(t_1 + t_2)}{2} \quad (3.23)$$

Тоді початкове рівняння перетвориться до вигляду

$$Z \left[ \ln \left( \frac{Z}{A} \right) + B \right] - C = 0 \quad (3.24)$$

Ітераційна формула матиме наступний вигляд

$$Z_{i+1} = \frac{Z_i + C}{\ln \left( \frac{Z_i}{A} \right) + B + 1} \quad (3.25)$$

Обчислювання за ітераційною формулою виконують до тих пір, поки не виконається умова

$$|Z_{i+1} - Z_i| \leq \Delta \quad (3.26)$$

де  $\Delta$  – точність обчислювань.

$$C = \frac{14 \cdot (0,4 + 0,3)}{0,5 \cdot 0,01} = 1960$$

$$B = -1$$

$$A = \frac{0,5 + 0,5(0,5 + 1)}{2} = 0,63$$

Приймаємо  $Z_0 = 100$ ;  $\Delta = 1$ .

$$Z_1 = \frac{100 + 1960}{\ln\left(\frac{100}{0,63}\right) - 1 + 1} = 404$$

$|Z_1 - Z_0| = |404 - 100| = 304 > 1$  – необхідна умова не виконується.

$$Z_2 = \frac{404 + 1960}{\ln\left(\frac{404}{0,63}\right) - 1 + 1} = 366$$

$|Z_2 - Z_1| = |366 - 404| = 38 > 1$  – необхідна умова не виконується.

$$Z_3 = \frac{366 + 1960}{\ln\left(\frac{366}{0,63}\right) - 1 + 1} = 365,7$$

$|Z_3 - Z_2| = |365,7 - 366| = 0,3 < 1$  – необхідна умова виконується.

Після трьох кроків рішення одержуємо, що  $l_{\text{мд}} \approx 366 \text{ см}$ .

Тоді по формулі 3.15 визначимо припустиму довжину трьох паралельно розташованих сигнальних провідників:

$$l_{\text{д}} = \frac{0,5 \cdot 366 \cdot 71}{366 + 71} \approx 29,7 \text{ см}$$

Припустиму довжину шини землі визначимо по формулі:

$$l_{зд} = \frac{2 \cdot t_{\phi} \cdot (u_o + u_{пв})}{L_n \sum_{I=1}^n \Delta I_I}, \quad (3.27)$$

де  $n$  - число ІС на платі, підключених до шини землі,  $n=10$ ;

$\Delta I$  – струм перемикачів ІС, А;

$L_n$  – погонна індуктивність шини землі,  $L_n = 13$  нГн/см;

$t_{\phi}$  – середня тривалість фронту сигналу, що визначається по формулі

3.21:

$$t_{\phi} = \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad (3.28)$$

де  $t_1, t_2$  – тривалість фронту сигналу,  $t_1 = t_2 = 14$  нс.

Підставивши вихідні дані у формулу 3.21, одержимо:

$$l_{зд} = \frac{2 \cdot 14 \cdot (0,4 + 0,3)}{13 \cdot 10 \cdot 0,01} = 1,5 \text{ м};$$

Аналізуючи наведений вище розрахунок по змінному струму, можна виділити наступні основні параметри :

-припустима довжина трьох паралельно розташованих сигнальних провідників не повинна перевищувати 30 см;

- припустима довжина шини землі не повинна перевищувати 150 см.

### 3.5 Розміщення навісних елементів на друкованій платі

Множина методів вирішення задачі розміщення пояснюється бажанням їх розробників створити найбільш сприятливі умови для виконання складних етапів проєктування, вчасності трасування.

В результаті вирішення задачі компоновки буде отримано необхідну кількість та згідно схеми електричної принципової - склад КЕ, що необхідно розташувати в монтажному просторі з числом зовнішніх зв'язків не більше необхідного.

Розміщення елементів на платі, плат в блоці і т.д. є наступною конструкторською задачею. [5]

Елементи розміщені з урахуванням вимог, складених при аналізі технічного завдання. У центрі ДП установлені ІМС, що мають найбільше число виводів і зв'язків, що забезпечить зручність трасування й можливість розташування мікросхем рядами й зменшить довжину зв'язків між ЕРЕ. ІМС і пов'язані з ними ЕРЕ розміщені в безпосередній близькості друг від друга. Це дозволить використати ДП із більшою корисністю (ефективністю).

Розміщення елементів було виконано на полі контуру розроблюваних ДП у середовищі редактора РСВ, що входить до складу системи автоматизованого проектування блоків елементів Р-CAD. Розміщення виконувалося ручним способом.

З'єднувачі були розміщені в крайовому полі й зафіксовані.

Розміщення ІС зводилося до розміщення їх в оптимальне посадкове місце відповідно до аналізу технічного завдання. Конденсатори по згладжуванню пульсацій сигналів були встановлені біля кожної мікросхеми.

Інші елементи були розміщені на вільних зонах ДП.

### **3.6 Трасування друкованого монтажу**

Задача трасування з'єднань полягає в конструкторській реалізації зв'язків між виводами елементів згідно з електричною принциповою схемою та обмеженнями на друковані провідники у шарах друкованого монтажу.

У більшості випадків трасування друкованих плат виконується за допомогою автоматизованих систем проектування, особливості яких наведено у наступному розділі. А зараз зупинимося на методологічних основах процесу трасування друкованих провідників. [6]

Трасування друкованого монтажу було виконано за допомогою пакета програм Р-CAD за допомогою редакторів:

- Library Executive для створення початкової бази даних топології;
- РСВ для розміщення ЕРЕ на ДП та для ручного трасування друкованих сполук.

Отримані креслення представлені в графічній частині дипломного проекту.

### **3.7 Перевірочний розрахунок теплового режиму**

Перевірочний розрахунок будемо проводити на стабілізованому перетворювачі напруги СПН-25. Інші блоки розраховуються за цією ж методикою оскільки в них використовується аналогічна елементна база.

У даному пристрої застосуємо метод примусового повітряного охолодження за допомогою автономного вентилятора. При цьому методи теплонавантажені елементи прохолоджуються за рахунок як природної конвекції повітря, так і безпосередньо за рахунок переміщення повітря уздовж осі, навколо якої обертається вентилятор.

Але незважаючи на таку систему охолодження у схемі є деякі чутливі до температури елементи, які додатково потрібно встановлювати на радіатори.

Тепловим розрахунком підтверджується правильність обраного способу охолодження, інакше обирається більш ефективний спосіб охолодження. Існуючі методики теплових розрахунків електронних апаратів різноманітні, але в більшості з них теплонавантажені компоненти разом з конструктивними елементами, на які вони встановлені, моделюються умовно нагрітою зоною. Методика, по якій проводиться розрахунок, має погрішність не гірше 10 %. Розрахунок проведено на ЕОМ по наявній програмі “Терло.exe”. Вихідними даними до розрахунку є:

- тип використаного корпусу;
- розміри блоку;
- температура навколишнього середовища;
- потужність, що розсіюється в блоці;
- дані про елементи, критичних до перегріву й т.д.

Як елементи, що вимагають теплового розрахунку, обрані мікросхема MC7815CCTG, транзистори IRF5210PBF, IRFP4110PBF, IRFB3004PBF і діод

BAV102, потужність розсіювана кожним з вище зазначених елементів у розрахунку приймається рівної 0,5Вт.

Вихідні дані й результати теплового розрахунку наведені в додатку А.

При виконанні теплового розрахунку температура мікросхем MC7815CCTG вийшла досить високою (73,58), але не перевищуючою припустимі значення. Робоча температура діода BAV102 склала 69,92<sup>0</sup>С, що також не перевищує його припустимих температур експлуатації. Робоча температура транзисторів IRF5210PBF, IRFP4110PBF, IRFB3004PBF склала 78,2, 79,58, 77,78 <sup>0</sup>С.

За результатами розрахунку можна зробити висновок, що температури хоч і не перевищують припустимі значення, проте в блоці використовується штучне охолодження, тому що блок працює в зоні підвищеної небезпеки де потрібно встановлювати відповідну систему охолодження для уникання аварійних ситуацій. Отримані результати задовольняють технічному завданню.

### **3.8 Розрахунок надійності блоку**

З точки зору теорії надійності, будь-який виріб можна характеризувати його властивостями (параметрами), технічним станом та пристосованістю до відновлення справності.

Найважливішим комплексом властивостей виробу є його надійність.

Надійністю називають властивість виробу виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування (ТО), зберігання та транспортування. [5]

Розрахунок виконується на ЕОМ по наявній програмі NAD32.exe. Вихідними даними до розрахунку є інформація про типи використовуваних елементів та їхня кількість.



Розрахунок надійності будемо проводити на стабілізованому перетворювачі напруги СПН-25. Інші блоки, що входять до БПт-208, розраховуються за цією ж методикою.

Результати розрахунку наведені в додатку Б. За результатами розрахунку середнє напрацювання на відмову СПН-25 склало 268916 годин. Оскільки в інших вузлах блока живлення використовується аналогічна елементна база приймемо отриманий результат для усього блоку. Можна зробити висновок про те, що отримані дані задовольняють вимогам ТЗ на розробку.

### **3.9 Розробка конструкції блоку**

В процесі конструювання електронної техніки розробка корпусу є необхідним завданням, оскільки корпус є несною конструкцією. Несні конструкції призначені для розміщення електронної частини апаратури і забезпечення її функціонування в реальних умовах експлуатації. Використання несних конструкцій дозволяє поліпшити компоновання, тепловідвід, екранування і заземлення, а також підвищити надійність і технологічність складових частин і виробу в цілому.

Електронна частина сучасного пристрою може містити значне число дискретних елементів: інтегральних мікросхем різного рівня інтеграції, напівпровідникових приладів, резисторів, конденсаторів, трансформаторів і так далі. Тому компоновальним рішенням конструкції може бути моноблочний варіант і варіант, що складається з поєднання окремих конструктивно закінчених складальних одиниць-модулів.

У данному дипломному проекті наша мета полягає у проектуванні корпусів для стабілізованого перетворювача напруги СПН-25 і для усього блоку живлення БПт-208. Конструкція блоку БПт-208 визначається як місцем його установки у шафі системи мікропроцесорного контролю та управління МСКУ-2, так і компонентами, що входять до його складу.

СПН-25 в конструкції блоку живлення займає нижчий рівень ієрархії, його корпус призначений для поєднання між собою і закріплення усіх блоків БК, і забезпечення їх нормального функціонування. Також він забезпечує механічний захист компонентів, що в нього монтуються, від навантажень і навколишнього середовища.

Габаритні розміри корпусу СПН-25 напряму залежать від блоків, які до нього входять. Після розрахунків ми маємо наступні габарити блоків БК, які входять до складу СПН-25:

БК - 2405 -  $132 \times 45 \times 40,45$ ;

БК - 2406 -  $147 \times 78 \times 35$ ;

БК -2408 -  $64 \times 30 \times 10$ .

Те, що в процесі розробки конструкції друкованих плат ми обрали саме конструкцію з трьох окремих невеликих плат замість однієї плати більшої площі, покращило естетичні та ергономічні показники виробу.

У якості корпусу СПН-25 ми обираємо шасі, що складається з основи та кришки які кріпляться між собою за допомогою гвинтів. Блоки БК будуть монтуватися у корпус як вертикально так і горизонтально, тому форма корпусу буде у вигляді прямокутного паралелепіпеда. Монтаж блоків БК наочно продемонстрований на рисунку 3.2.

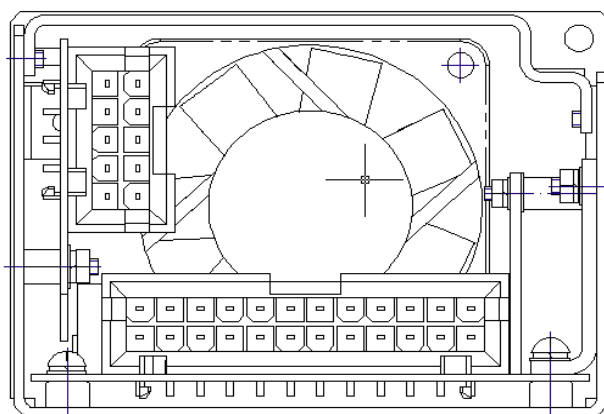


Рисунок 3.2 – Монтаж блоків БК у загальному корпусі СПН-25

Блок БК - 2406 становиться горизонтально на чотири різьбові втулки, які попередньо развальцьовані на дні корпусу, до яких кріпиться за допомогою

гвинтів з використанням шайб. Також на дві втулки паралельно бічній стінці впритул становиться радіатор, до якого згідно проведеного теплового розрахунку, кріпляться компоненти. Оскільки компоненти виділяють тепло дуже інтенсивно між радіатором та корпусом будемо наносити теплопровідну пасту КПТ- 131-179, яка дуже ефективно знижує тепловий опір, забезпечуючи надійний тепловідвід від елементів, що гріються. Також до радіатора буде кріпитися за допомогою гвинта з потайною голівкою різьбова стійка. На цю стійку надалі вертикально кріпитиметься блок БК -2408. Для установки БК -2405 на ліву бокову стінку кріпитимуться стойки з різьбовими кінцями. Потім на ці стойки буде встановлен і закріплен за допомогою гайок і шайб БК -2405. Така конструкція забезпечує високу механічну міцність і жорсткість.

Електричний зв'язок блоків БК між собою, а також з зовнішніми пристроями буде здійснюватися за допомогою роз'ємів. Єдиним провідним монтажем являється сполука блоку БК-2406 з вентилятором. Блоки БК-2405 та БК-2408 не з'єднуються між собою, вони сполучаються тільки з БК -2406. Блок БК-2408 роз'ємами Х9, Х10 приєднується до роз'ємів Х7, Х8 блоку БК -2406, а блок БК -2405 роз'ємом Х3 сполучається з роз'ємом Х4 блоку БК -2406. СПН-25 кріпиться до ген монтажної плати БКнт-104 за допомогою роз'ємів Х5, Х2.

Оскільки виріб реалізовує імпульсну схему, він являється джерелом електромагнітних завад, що може привести до збою в роботі пристроїв з якими проєктований виріб контактує. Щоб цього уникнути треба використати екрани. Для екранування обираємо металевий корпус без перфорованих отворів. У якості матеріалу з якого буде виготовлятися корпус СПН-25 обираємо прокат листовий холоднокатаний із сталі конструкційної вуглецевої якісної марки 08 кп. Цифра 08 показує вміст вуглецю в сотих долях відсотка, тобто 0,08% вуглецю. Низький вміст вуглецю сприяє гнуттю деталей без тріщин як по напрямку прокату, так і проти. Саме цей показник робить цю сталь пріоритетною для нас по відношенню до інших матеріалів.

Зважаючи на те, що в корпус закритий і погано вентиляований, а в конструкції є елементи з великим випромінюванням тепла, ми додатково

використовуємо примусове повітряне охолодження за допомогою вентилятора. Вентилятор буде кріпитися на передній панелі, де для нього вирубаний спеціальний отвір. Вентилятор буде робити за принципом видування гарячого повітря з середини блоку. Саме цей принцип роботи забезпечує найбільш продуктивне охолодження пристрою. Для зручності в транспортуванні та експлуатації на передню панель монтується ручка. Також на передню панель монтується індикатор.

Зовнішній вигляд передньої панелі СПН-25 з вмонтованими в нею вентилятором, ручною та індикатором показана на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд передньої панелі СПН-25

Конструкція БПт-208 складається з двох СПН-25, одного СПН-24 та генмонтажної плати БКнт-104, які будуть встановлені в середину шасі і закриті зверху та позаду кришками. БКнт-104 закріплюється на спеціальних утримлювачах, які кріпляться до обох стінок шасі. Також в шасі на одній із стінок відігнуті всередину полки, а на іншій стінці, напроти кожної полки, монтуються направляючі, які служать опорою СПН-25 та СПН-24. Передня панель БПт-208 показана на рисунку 3.4.

Конструкція БПт-208 дозволяє розібрати корпус і розкласти всі блоки, з'єднані роз'ємами, на столі для зручності настроювання й пошуку несправностей, а також для швидкої заміни того чи іншого блоку та зручної модернізації.

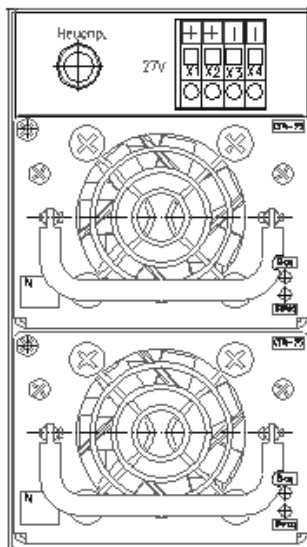


Рисунок 3.4 – Передня панель БПт-208

Елементи індикації й керування позначені написами, нанесеними на передню панель. Колір написів - чорний для забезпечення гарного зображення на світлому фоні, як при ввімкнених, так і при відключених індикаторах пристрою.

Загальний вид БПт-208 наведений на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Загальний вид БПт-208.

Конструкції СПН-25 і БПт-208 показані на складальних кресленнях.

## 4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСТРОЮ

### 4.1 Розробка структурної схеми технологічного процесу

#### 4.1.1 Вибір методу виготовлення друкованих плат

Технологія виготовлення БПт-208 повинна бути спрямована на максимальне використання типових технологічних процесів виготовлення й зборки, скорочення строків виробництва, мінімізацію витрат матеріалів, забезпечення мінімальної вартості й високої якості виробу.

У якості прикладу виготовлення друкованих плат обираємо стабілізований перетворювач напруги СПН-25, до складу якого входять три друковані плати БК (за аналогічною методикою будуть виготовлятися плати СПН-24 та ген монтажна БКнт-104). Виготовлення корпусу розглянемо на прикладі усього БПт-208. Структурна схема виготовлення пристрою представлена на окремому рисунку.

ДДП має одну основу, на обох сторонах якої виконані провідні рисунки та всі необхідні з'єднання. Перехід струмопровідних ліній з одного боку на іншу здійснюється металізованими перехідними отворами.

БДП складається з шарів ізоляційного матеріалу, що чергуються з провідними рисунками на двох і більше шарах, між якими виконані необхідні з'єднання.

БДП дозволяє зменшити габаритні розміри, внаслідок підвищення щільності монтажу, і трудомісткість виконання монтажних з'єднань. При цьому добре вирішується завдання перетину та розподілу провідників.

Багатошарові друковані плати забезпечують можливість передачі наносекундних сигналів без спотворення за рахунок наявності екрануючих шарів і ізоляційних прокладок між сигнальними шарами, короткі електричні зв'язки, можливість збільшення числа шарів без значного зростання тривалості технологічного циклу і вартості, можливість електричного екранування, стійкість до зовнішніх впливів та ін.

За способом виготовлення ДП поділяють на плати, виготовлені хімічним травленням, електрохімічним осадженням, комбінованим способом.

Хімічна металізація використовується як основний шар при виготовленні плат адитивним методом, при цьому після відповідної активації на них осаджують хімічним способом провідний шар товщиною до 3 мкм, а потім його посилюють гальванічним способом до необхідної товщини, так як гальванічне осадження значно дешевше. В основному цей метод застосовують для осадження міді та нікелю у міжшарових переходах ДП.

Процес хімічної металізації заснований на окислювально-відновній реакції іонів металу з його солі в певному середовищі, при якій необхідні для відновлення катіонів металу електрони отримують в результаті окислення спеціальних речовин, які називаються відновниками.

Методи виготовлення ДП поділяють на дві групи: субтрактивні та адитивні.

У субтрактивних методах (subtratio-віднімання) в якості основи для друкованого монтажу використовують фольговані діелектрики, на яких формується провідний рисунок шляхом видалення фольги з непровідних ділянок. виготовлення ДП.

При адитивному методі вихідним є нефольгирований діелектрик. Адитивні (additio -додаток) методи засновані на вибіркового осадженні струмопровідного покриття на діелектричне основання, на яке попередньо може наноситися шар клейової композиції. У порівнянні з субтрактивними вони мають наступні переваги:

- однорідністю структури, тому що провідники та металізація отворів виходять в єдиному хіміко-гальванічному процесі;
- усувають підтравлення елементів друкарського монтажу;
- покращують рівномірність товщини металізованого шару в отворах;
- підвищують густину друкованого монтажу;
- спрощують ТП через усунення низки операцій (нанесення захисного покриття, травлення);

- економлять мідь, хімікати для травлення та витрати на нейтралізацію стічних вод;
- зменшують тривалість виробничого циклу.

У комбінованому методі на поверхні нефольгованого діелектрика спочатку отримують хімічним методом шар міді товщиною 5 мкм, який служить основою для селективного гальванічного нарощування рисунка провідника. Однак через нерівномірний розподіл щільності струму гальванічних ванн, можлива нерівномірна товщина покриттів в отворах. Оскільки активація за допомогою розчинів SnCl<sub>2</sub> і PbCl<sub>2</sub> проводиться на всій поверхні ДП, то після створення захисного рельєфу та гальванічного нарощування необхідна коротка операція травлення тонкого шару хімічно обложеної Cu з небажаних місць.

Для виготовлення БДП розроблено багато варіантів конструктивно-технологічного виконання, номенклатура їх постійно оновлюється і вдосконалюється. Практичний досвід виготовлення БДП показує, що найбільш технологічним є варіант БДП з металізацією наскрізних отворів. Він дозволяє отримувати до 20 шарів БДП, характеризується високою щільністю, гарною якістю міжшарових з'єднань, відносною простотою та економічністю.

При цьому методі використовуються: для зовнішніх шарів односторонній фольгований діелектрик, для внутрішніх одно-або двосторонній фольгований діелектрик, а в якості міжшарової ізоляції склокань. З цих матеріалів виготовляють заготовки, в яких пробивають базові отвори для суміщення шарів і роблять очищення поверхонь.

На заготівлях внутрішніх шарів рисунок отримують з двох сторін негативним фотохімічним методом, виконуючи при необхідності контактні переходи хіміко-гальванічної металізацією. Рисунок зовнішніх шарів одержують комбінованим позитивним фотохімічним методом. Виготовлені шари поєднують один з одним за базовими отворами, прокладаючи між ними міжшарову ізоляцію, і спресовують в монолітну структуру.

При виготовленні БДП для внутрішніх шарів (2 й 3) використовуємо склотекстоліт негорючий GFN (FR4) товщиною 0,9 мм. Для зовнішніх шарів



(1 й 4) використовуємо два склотекстоліта негорючих GFN (FR4) товщиною 0,15 мм. Товщина мідної фольги 35 мкм.

Багатошарові ДП з металізацією наскрізних отворів. Дані плати теоретично володіють безмежною трасувальною здатністю та дозволяють монтувати будь-які елементи з однієї або з двох сторін.

Вартість БДП висока та залежить від кількості шарів та технології. БДП часто використовують у високошвидкісній ЕА та там, де потрібно забезпечити мінімальні габарити та вагу.

#### 4.1.2 Вибір технології сборки та монтажу компонентів

Проаналізуємо елементну базу розроблюваного блоку СПН-25 виділені кілька типорозмірів, склад яких представлений у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Склад навісних елементів

Типорозмір	Тип ЕРЕ	Кількість	Склад, %
КПМ	Резистори:		
	RC1206	38	
	RC2512	9	
	Конденсатори:		
	B45197	8	
	X7R	36	
	COG	5	
	Діод BAV 102	7	
	Оптопара 817X1J1000F	2	
	Мікросхеми:		
	UCC 2891D	1	
	IR5001S	1	
	IR3651SPBF	2	
	Трансформатори:		
PA2007NL	2		
PA1005.100NL	1		
			73,13
ЕРЕ з ОВ	Діод MUR 120	2	
	Мікросхема IXDN504PI	2	
			2,55
ЕРЕ з АВ	Резистор PV12	3	
	Конденсатори:		
	FCA	4	
	FRA	3	
	MKT372	1	
	HVY5P-3	1	
	Індикатор W934GEI/2GD	1	
Запобіжник TDC10-25A	1		

Продовження таблиці 4.1

Типорозмір	Тип ЕРЕ	Кількість	Склад, %
	Транзистори: IRF5210PBF IRFP4110PBF IRFB3004PBF IRFP4368PBF Мікросхеми: MC7815CTG TL431ILP MC7912CT LM235Z	1 3 4 1 1 1 1 1	17,98
Оригінальні ЕРЕ	Вилки: А-40404-24В2 А-40404-10В2 6410 22-29-2021 90121-0766 Розетки: 90147-1206 2695 22-01-3027	1 1 1 3 3 1	6,34

Залежно від кількості навісних елементів різних типорозмірів і з обліком отриманого процентного співвідношення, вони будуть установлюватися в наступному порядку:

- компоненти поверхневого монтажу становлять 73,13 % і будуть установлюватися автоматично;

- ЕРЕ з аксіальними виводами становлять 17,98 % і будуть установлюватися як вручну так і напівавтоматично;

- ЕРЕ з осьовими виводами становлять 2,55 % і будуть установлюватися як вручну, так і напівавтоматично;

- оригінальні ЕРЕ становлять 6,34 % і будуть установлюватися вручну.

#### 4.2 Аналіз технологічності виробу

Технологічність конструкцій ЕС - сукупність властивостей конструкції, що виявляються при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті, в порівнянні з відповідними показниками однотипних

конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості та прийнятих умовах виготовлення, експлуатації та ремонту.

Поняття «технологічність» включає велику кількість параметрів виробу, техпроцесів і безпосередньо виробництва. Аналіз технологічності дозволяє оцінити можливість використання для виготовлення деталей, складання та монтажу виробу відомих методів виконання операцій і процесів, що виконуються на досить високому рівні механізації та автоматизації.

Залежно від конструктивно-технологічних особливостей збірні одиниці розбиваються на групи:

- 1) електронні блоки (логічні, аналогові та індикаторні, блоки оперативної пам'яті, генератори сигналів і т.д.);
- 2) радіотехнічні блоки (вторинні та стабілізовані джерела живлення, випрямлячі, приймально-передавальні блоки і т.д.);
- 3) електромеханічні та механічні блоки (механізми приводу, відлікові пристрої, кодові перетворювачі, редуктори, хвилеводні блоки і т.д.);
- 4) комутаційно-розподільні блоки (комутатори, розподільчі коробки, перемикачі і т.д.).

Для кожної групи виробів визначено склад із семи базових показників. Їх вибирають з урахуванням найбільшого впливу на технологічність конструкції блоків. Склад базових показників, їх ранжована послідовність залежить від виду групи.

Кількісна оцінка технологічності електронних вузлів проводиться за системою базових показників (див. нижче). За базовими показниками розраховується комплексний показник технологічності.

У якості прикладу розрахунку технологічності конструкції обиремо стабілізований перетворювач напруги СПН-25 (за аналогічною методикою будуть проводитися розрахунки СПН-24 та БКнт-104).

Комплексний показник визначається на основі відносних часних показників і ступенів їхнього впливу на технологічність виробу  $\phi_i$ .

Коефіцієнт використання мікросхем і мікроборок:

$$K_{II} = \frac{H_C}{H_{\text{э}} + H_C}, \quad (4.1)$$

де  $H_C$  - загальне число мікросхем і мікрозборок;

$H_{\text{э}}$  - загальне число ЕРЕ;

$$K_{II} = \frac{10}{137+10} = 0,068.$$

Коефіцієнт автоматизації й механізації підготовки елементів до монтажу:

$$K_{IIIM} = \frac{H_{IIIM}}{H_{\text{э}} + H_C}, \quad (4.2)$$

де,  $H_{IIIM}$  - число ЕРЕ й ІМС, підготовка яких до монтажу здійснюється механізованими або автоматизованими способами;

$$K_{IIIM} = \frac{139}{137+10} = 0,94.$$

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ:

$$K_{IIIOB} = 1 - \frac{H_T}{H_{\text{э}} + H_C}, \quad (4.3)$$

де,  $H_T$  - число всіх типорозмірів ЕРЕ;

$$K_{IIIOB} = 1 - \frac{28}{137+10} = 0,81.$$

Коефіцієнт застосовності ЕРЕ:

$$K_{II} = 1 - \frac{H_{TO}}{H_T}, \quad (4.4)$$

де  $H_{TO}$  - число типорозмірів оригінальних ЕРЕ:

$$K_{II} = 1 - \frac{3}{28} = 0,89$$

Коефіцієнт установочних розмірів:

$$K_y = 1 - \frac{H_{Tr}}{H_p} \quad (4.5)$$

де  $H_{Tr}$  – число типів установочних розмірів;

$H_p$  – число всіх установочних розмірів.

$$K_y = 1 - \frac{27}{157} = 0,83$$

Коефіцієнтом впливу:

$$\varphi_i = \frac{i}{2^{i-1}}, \quad (4.6)$$

де  $i$  – порядковий номер базового показника  $K_i$  в ранжируваній послідовності.

$$\varphi_1 = 1; \varphi_2 = 1; \varphi_3 = 0,75; \varphi_4 = 0,5; \varphi_5 = 0,313.$$

$$K_1=K_{и}; K_2=K_{пм}; K_3=K_{пов}; K_5=K_{п}; K_6=K_{у}.$$

Комплексний показник розраховуємо:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^5 K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^5 \varphi_i}, \quad (4.5)$$

$$K = \frac{0,068 \cdot 1 + 0,94 \cdot 1 + 0,81 \cdot 0,75 + 0,89 \cdot 0,5 + 0,83 \cdot 0,313}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,313} = 0,65$$

Виходячи з розрахунків можна зробити висновок про те, що проєктований виріб має достатнє значення показника технологічності, так як нормативний показник технологічності для дрібносерійного виробництва становить 0,45 ... 0,75 і розраховане значення лежить в цих межах.

### 4.3 Технологія виготовлення корпусу

Вирубка зовнішнього контуру заготівлі та вирубка отворів, що розміщені на полі заготівлі, будуть виконуватися на просічному пресі «Amada Europa-258» методом поелементного штампування. Отвори, що виконуються в заготівлі, призначені для монтажу ручки, вентилятора, кріплення кришки до корпусу, під установку різьбових втулок і стоек, на які після їх розвальцовки будуть монтуватися і кріпитися блоки БК. Після зачистки задирок, зенкування отворів, а також рихтування заготівля корпусу спрямовується на операцію гнуття, де на пресі «Amada MFE 80-25» виконується гнуття корпусу як СПН-25, так і всього БПт-208.

Корпус СПН-25 гнеться у вигляді коробки з трьома стінками: передньої та двома боковими. На передній стінці вирубается вікно для вентилятора, через яке буде викидатися повітря. Вентилятор ставиться зсередини і кріпиться на передній стінці за допомогою саморізів. Також на передній стінці

вирубаються отвори для індикатора. Для зручності транспортування СПН-25 на передню панель кріпиться ручка. Як видно з вищевказаного передня панель досить навантажена, тому щоб уникнути її відгин на бокових стінках передбачені полочки, котрі після гнуття корпусу притиснуться впритул до передньої стінки. Після цього вони зафіксуються через спеціальні отвори за допомогою гвинтів, гайок і шайб. Таким чином буде досягнута необхідна жорсткість конструкції.

Корпус блока виготовляється за цією ж самою технологією. Він гнеться у вигляді коробки з двома боковими стінками. На задню стінку за допомогою кріпильних деталей монтується блок БКнт-104, у який через передній отвір загальної конструкції монтується два СПН-25 і один СПН-24.

Для уникнення корозії металу при експлуатації виробу на завершальному етапі виготовлення на устаткуванні Лесом поверхня корпусів покривається захисним гальванічним покриттям Ц6 хр. бцв. б.

Після виготовлення корпусів, деталей та сборочних одиниць проводиться індивідуальна ручна зборка кожного блока на спеціальному монтажному стенді. Цей стенд обладнаний спеціальними приладами завдяки яким проводиться функціональний контроль і налаштування блоків. Якщо блок проходить контроль далі він монтується до шафи МСКУ-2, яка упаковується у транспортувальну тару і відправляється замовнику.

## ВИСНОВОК

У процесі виконання дипломного проекту були розглянуті усі питання, зазначені в завданні на проектування й розроблення блока живлення, характеристики якого повністю задовольняють необхідним вимогам ТЗ.

Габаритні розміри блока живлення склали 183x87x155, маса у повній комплектації не перевищує 4 кг.

При проведенні аналізу ТЗ визначені основні вимоги до конструкції розроблюваного блоку з погляду його призначення й складу, умов експлуатації, використаної елементної бази і передбачуваної технології виготовлення. Крім того, розгляд особливостей побудови сучасної РЕА дозволив виділити ряд конструкторських рішень, використання яких у розроблювальному виробі значно підвищило його експлуатаційні характеристики.

Виконання конструктивно-технологічного розрахунку показало доцільність виготовлення ДП блоків по 3 класу точності. Імовірність безвідмовної роботи блоку після закінчення заявленого в ТЗ періоду часу 250000 годин склала 0,38028125. Результати теплового розрахунку свідчать про чутливість деяких компонентів до перегріву, тому найбільш теплонавантажені елементи були встановлені на радіатори, також в блоці використовується штучне повітряне охолодження за допомогою вентиляторів. Таке охолодження забезпечує нормальний режим роботи пристрою.

У технологічній частині проекту складена загальна структурна схема виготовлення розроблювального блоку з урахуванням передбачуваного типу виробництва. Розглянуто можливі способи виготовлення елементів конструкції й обґрунтовано обрані найбільш ефективні з них. Технологічність виготовлення розроблювального виробу перебуває в припустимих для дрібносерійного виробництва межах (комплексний показник технологічності дорівнює 0,65 при нормативних значеннях 0,45...0,75).

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА / Под ред. В.Т.Белинского. – К.: Вища школа, 1992. - 494 с.
2. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование.: Пер. с англ. – К.: "МК-Пресс", 2007. - 288 с., ил.
- 3 <https://uk.wikipedia.org/wiki>
4. ДСТУ 15150Машини, прилади і інші технічні вироби. Виконання для різних кліматичних районів. Категорії, умови експлуатації, зберігання і транспортування в частині дії кліматичних чинників зовнішнього середовища. Зі Змінами 1-III-78, 2-IV-83, 3-II-89, 4-III-2002
5. Фізико-теоретичні основи проектування 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.
- 6 Ганжа С.М. Конструювання друкованих плат. Навчальний посібник. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2006 – 136 с.
- 7 Ганжа С. М. Основи конструювання радіоелектронних апаратів: видавництво. – ТІ СНУ ім В.Даля, 2011. – 492 с.
- 8 "Навчальне проектування радіоелектронних апаратів" Під ред. О. П. Арушанова, С. М. Ганжи, М. І. Хіля Луганськ, 2011.
- 9 ДЕРЖСТАНДАРТ 23752-94. Плати друковані. Вимоги й методи конструювання.
- 10 ДЕРЖСТАНДАРТ 3166-95. Вимоги до монтажу націпних елементів на друковану плату.
- 11 Шерстнев В. В. Конструювання й мікромініатюризація ЭВА: Підручник для вузів. - М.: Радіо й зв'язок, 1984.- 272 с.



12 Преснухин Л. Н., Шахнов В. А. Конструювання електронних обчислювальних машин і систем: Підручник для втузів. - М.: Вища школа, 1986. - 572 с.

13 Технологія ЭВА, устаткування й автоматизація: навчальний посібник для студентів вузів спеціальності "Конструювання й виробництво ЭВА" / Алексеев В. Г., Гриднев В. Н., Нестеров Ю. И. й ін. - М.: Вища школа, 1984. - 392 с.

14 Автоматизація й механізація зборки й монтажу вузлів на друкованих платах / Під ред. Журавського В. Г. - М.: Радіо й зв'язок, 1988. - 280 с.

15 Белінський В.Т. Практична допомога з навчального конструювання РЭА. К.: Вища школа. 1992р. - 493 с.

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1 - Вихідні дані

Параметр	Значення
Перший горизонтальний розмір блоку, мм	158
Другий горизонтальний розмір блоку, мм	84
Вертикальний розмір блоку, мм	61
Температура навколишнього середовища, °С	30
Атмосферний тиск зовні, Па	$10 \cdot 10^4$
Атмосферний тиск усередині блоку, Па	$10 \cdot 10^4$
Потужність розсіювана в блоці, Вт	27
Коефіцієнт заповнення	0,4
Кількість елементів, шт.	9
Потужність розсіювана одним елементом, Вт	0,5
Площа поверхні IRF5210PBF, мм <sup>2</sup>	170,1
Площа поверхні IRFP4110PBF, мм <sup>2</sup>	170,1
Площа поверхні IRFB3004PBF, мм <sup>2</sup>	170,1
Площа поверхні MC7815CCTG, мм <sup>2</sup>	162
Площа поверхні BAV102, мм <sup>2</sup>	5,96
Вид корпусу	З повітряним охолодженням

Таблиця А.2 - Результати розрахунку

Параметр	Значення
Температура нагрітої зони, °С	66,74
Температура повітря, °С	32,20
Температура поверхні IRF5210PBF, °С	78,2
Температура поверхні IRFP4110PBF, °С	79,58
Температура поверхні IRFB3004PBF, °С	77,78
Температура поверхні MC7815CCTG, °С	73,58
Температура поверхні BAV102, °С	69,92

## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 - Розрахунок показників надійності СПН-25

Найменування елемента	Вид монтажу	Число контактів	Кількість елементів VN	Інтенсивність відмов, $\Lambda$	Коеф. навантаження, $\alpha$	$N \cdot \Lambda \cdot \alpha$
Вент. 512F	1	2	1	26	1	26
RC1206	0	2	38	0,01	1	0,38
RC2512	0	2	9	0,01	1	0,09
PV12	0	2	3	0,045	1	0,135
FCA	0	2	4	0,096	1	0,384
FRA	0	2	3	0,096	1	0,288
B45197	0	2	8	0,01	1	0,08
X7R	0	2	36	0,00012	1	0,0036
COG	0	2	5	0,00008	1	0,0005
MKT372	0	2	1	0,14	1	0,14
HVY5P-3	0	2	1	0,14	1	0,14
BAV 102	0	2	7	0,04	1	0,28
MUR 120	0	2	2	0,105	1	0,21
IRF5210PBF	0	3	1	0,19	1	0,19
IRFP4110PBF	0	3	3	0,19	1	0,57
IRFB3004PBF	0	3	5	0,19	1	0,95
IRFP4368PBF	0	3	1	0,19	1	0,19
PC817X1J000F	0	4	2	0,223	1	0,446
MC7815CTG	0	3	1	0,02	1	0,02
IXDN504PI	0	8	2	0,5	1	1
UCC 2891D	0	16	1	0,665	1	0,665
TL431ILP	0	3	1	0,665	1	0,665
MC7912CT	0	3	1	0,02	1	0,02
IR5001S	0	8	1	0,4	1	0,4
LM235Z	0	3	1	0,26	1	0,26
IR3651SPBF	0	14	2	0,5	1	1
TDC10-25A	0	2	1	0,1	1	0,1
W934GEI/2GD	0	4	1	0,015	1	0,015
90121-0766	0	6	3	0,07	1	0,21
90147-1206	0	6	3	0,07	1	0,21
6410 22-29-2021	0	2	1	0,057	1	0,057
A-40404-24B2	0	24	1	0,09	1	0,09
A-40404-10B2	0	10	1	0,09	1	0,09
2695 22-01-3027	0	2	1	0,5	1	0,5
PA2007NL	0	8	2	0,01	1	0,02
PA1005.100NL	0	6	1	0,016	1	0,016

Число пайок = 456.

Число провідників друкованих = 304,1799.

Число провідників фізичних = 1,34.

Число накруток = 0.

Параметр потоку відмов =  $3,71863143300288E-6$ .

Напрацювання на відмову = 268916,125 годин.

Таблиця Б.2 - Імовірності відмов і безвідмовної роботи

Час наробітку на відмову, годин	Імовірність безвідмовної роботи, P(t)	Імовірність відмови, Q(t)
10000	0,96349661	0,03650339
35000	0,87796188	0,12203812
60000	0,80002053	0,19997947
85000	0,72899845	0,27100155
110000	0,66428138	0,33571862
135000	0,60530958	0,39469042
160000	0,55157303	0,44842697
185000	0,50260696	0,49739304
210000	0,45798786	0,54201214
235000	0,41732984	0,58267016
260000	0,38028125	0,61971875
285000	0,34652166	0,65347834

Графік імовірності безвідмовної роботи наведено на рисунку Б.1.

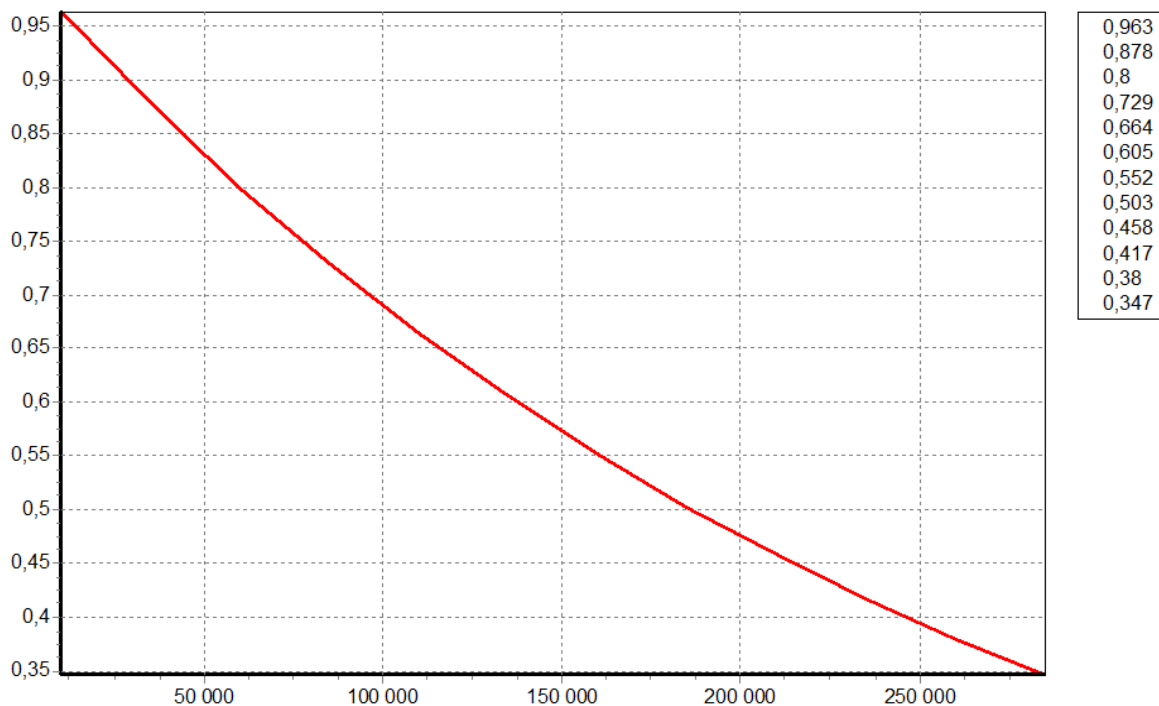


Рисунок Б.1 - Графік ймовірності безвідмовної роботи

Графік імовірності відмов наведено на рисунку Б.2.

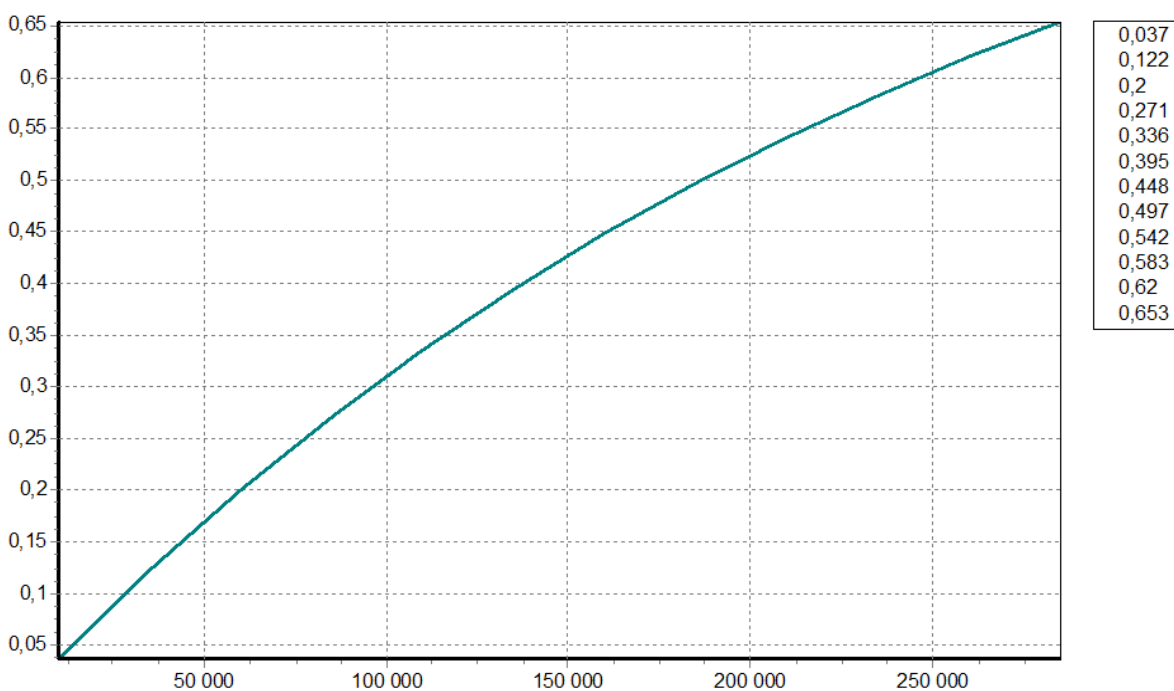


Рисунок Б.2 - Графік імовірності відмов

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			МДП 171.04.01 СК	Складальне креслення		
A1			МДП 171.04.01 ЕЗ	Схема електрична		
				принципова		
				Складальні одиниці		
		1		Стабілізований перетворювач	1	
				напруги СПН-24		
		2	МДП 171.04.02 СК	Стабілізований перетворювач	2	
				напруги СПН-25		
		3		Блок контролю БКнт-104	1	
		4		Шасі	1	
				<u>Деталі</u>		
		7		Косинець	1	
		8		Кришка	1	
		9		Кришка	1	
		10		Стійка	2	
		13		Етикетка	1	
		14		Етикетка	1	
		15		Етикетка	1	
				МДП 171.04.01 СК		
Із	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Несмашний			Літ.	Лист
Перевір.		Самойлова				1
						2
Н. контр		Самойлова			СНУ	
Затв.		Захожай			гр.ЕЛ-23дм	
					Блок живлення	



Познач.	Найменування				Кіл.	Примітка	
	<u>Конденсатори</u>						
C1,C2	FC A-50B-470 мкФ Panasonic кат. № EEUFC1H471				2		
C3...C5	VJ2220 X7R-50 B-1 мкФ±5% Vishay кат. № VJ2220Y105JXAAT				3		
C6	VJ1206 X7R-100 B-0,01 мкФ ±5% Vishay кат. № VJ1206Y103JXBAT				1		
C7...C9	VJ1206 X7R-50 B-0,22 мкФ ±10% Vishay кат. № VJ1206Y224KXAAT				3		
C10	МКТ 372-100 B-0,47 мкФ±10% Vishay кат. № 2222 372 21474				1		
C11	HV Y5P-3 кВ-1500 пФ±10 % Vishay кат. № 2252 613 37126				1		
C12...C16	VJ1206 X7R-50 B-0,22 мкФ ±10% Vishay кат. № VJ1206Y224KXAAT				5		
C17	VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±5 % Vishay кат. № VJ1206Y104JXAAT				1		
C18	VJ2220 X7R-50 B-1 мкФ±5% Vishay кат. № VJ2220Y105JXAAT				1		
C19	VJ1206 X7R-50 B-0,22 мкФ ±10% Vishay кат. № VJ1206Y224KXAAT				1		
C20	VJ1206 C0G-50 B-120 пФ±10 % Vishay кат. № VJ1206A121KXAAT				1		
C21	FC A-25 B-47 мкФ Panasonic кат. № EEUFC1E470				1		
C22, C23	FR A-25 B-1800 мкФ Panasonic кат. № EEUFR1E182				2		
C24	VJ1206 X7R-50 B-0,22 мкФ ±10% Vishay кат. № VJ1206Y224KXAAT				1		
C25, C26	VJ1812 X7R-50 B-1 мкФ±10% Vishay кат. № VJ1812Y105KXAAT				2		
C27	VJ1206 X7R-50 B-0,22 мкФ ±10% Vishay кат. № VJ1206Y224KXAAT				1		
C28	VJ1812 X7R-50 B-1 мкФ±10% Vishay кат. № VJ1812Y105KXAAT				1		
C29	FR A-25 B-1800 мкФ Panasonic кат. № EEUFR1E182				1		
C30	VJ1812 X7R-50 B-1 мкФ±10% Vishay кат. № VJ1812Y105KXAAT				1		
C31	FC A-25 B-47 мкФ Panasonic кат. № EEUF1E470				1		
C32, C33	VJ1812 X7R-50 B-1 мкФ±10% Vishay кат. № VJ1812Y105KXAAT				2		
					МДП 171.04.02 ПЕЗ		
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Несмашний				Стабілізований перетворювач напруги СПН-25 Перелік елементів		
Перевір.	Самойлова						
Н. контр	Самойлова				Літ.	Лист	Листів
Затв.	Захожай					1	5
					СНУ гр.ЕЛ-23дм		



Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
C34, C35	VJ1206 X7R-100 B-0,01 мкФ $\pm 5\%$ Vishay кат. № VJ1206Y103JXBAT	2	
C36	VJ1206 C0G-50 B-120 пФ $\pm 10\%$ Vishay кат. № VJ1206A121KXААТ	1	
C37	VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ $\pm 5\%$ Vishay кат. № VJ1206Y104JXААТ	1	
<b>C38</b>	VJ1206 C0G-50 B-120 пФ $\pm 10\%$ Vishay  кат. № VJ1206A121KXААТ	1	
<b>C39</b>	VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ $\pm 5\%$ Vishay кат. № VJ1206Y104JXААТ	1	
C40, C41	VJ1206 C0G-50 B-120 пФ $\pm 10\%$ Vishay кат. № VJ1206A121KXААТ	2	
C42, C43	VJ1206 X7R-50 B-0,22 мкФ $\pm 10\%$ Vishay кат. № VJ1206Y224KXААТ	2	
C44, C45	VJ1206 X7R-100 B-0,01 мкФ $\pm 5\%$ Vishay кат. № VJ1206Y103JXBAT	2	
C46...C48	VJ1812 X7R-50 B-1 мкФ $\pm 10\%$ Vishay  кат. № VJ1812Y105KXААТ	3	
C49	B45197-6,3 B-680 мкФ $\pm 10\%$ Epcos кат. № B45197-A1687-K509	1	
C50	B45197-20 B-100 мкФ $\pm 20\%$ Epcos кат. № B45197-A4107-M509	1	
C51	B45197-6,3 B-680 мкФ $\pm 10\%$ Epcos кат. № B45197-A1687-K509	1	
C52	B45197-20 B-100 мкФ $\pm 20\%$ Epcos кат. № B45197-A4107-M509	1	
C53	B45197-6,3 B-680 мкФ $\pm 10\%$ Epcos кат. № B45197-A1687-K509	1	
C54	B45197-20 B-100 мкФ $\pm 20\%$ Epcos кат. № B45197-A4107-M509	1	
C55	B45197-6,3 B-680 мкФ $\pm 10\%$ Epcos кат. № B45197-A1687-K509	1	
C56	B45197-20 B-100 мкФ $\pm 20\%$ Epcos кат. № B45197-A4107-M509	1	
C57	VJ1206 X7R-50 B-0,22 мкФ $\pm 10\%$ Vishay кат. № VJ1206Y224KXААТ	1	
C58	1206 X7R-16 B-2,2 мкФ $\pm 10\%$ Murata кат. № GRM31MR71C225KC11L	1	
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис
МДП 171.04.02 ПЕЗ			Лист
			2

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
<u>Мікросхеми</u>			
D1	MC7815CTG ON Semiconductor	1	
D2, D3	IXDN504PI IXYS	2	
D4	UCC2891D Texas Instruments	1	
D5	TL431ILP ON Semiconductor	1	
D6	MC7912CT ON Semiconductor	1	
D7, D8	IR3651SPbf Intern. Rectifier	2	
D9	IR5001S Intern. Rectifier	1	
D10	LM235Z SGS-Thomson	1	
F1	Запобіжник TDC10-25A Bussman	1	
H1	Індикатор W934GE/2GD Kingbright	1	
<u>Дроселі</u>			
L1	ИТКЯ.671342.138	1	
L2, L3	ИТКЯ.671342.137	2	
<u>Резистори</u>			
R1	RC1206 J R F 510R Yageo	1	
R2...R4	RC2512 J R F 3R0 Yageo	3	
R5	RC1206 J R F 1K0 Yageo	1	
R6	RC1206 J R F 2K0 Yageo	1	
R7	RC1206 J R F 1K8 Yageo	1	
R8, R9	RC2512 J R F 3R0 Yageo	2	
R10	RC1206 J R F 10K Yageo	1	
R11, R12	RC1206 J R F 75K Yageo	2	
R13	RC1206 J R F 150K Yageo	1	
R14, R15	RC1206 J R F 10K Yageo	2	
R16	RC1206 J R F 12K Yageo	1	
R17	RC1206 J R F 1K0 Yageo	1	
R18	RC1206 J R F 510R Yageo	1	
R19	RC1206 J R F 10K Yageo	1	
R20, R21	RC1206 J R F 510R Yageo	2	
R22	RC1206 J R F 20K Yageo	1	
R23	PV12P102A01 Murata	1	
R24	RC1206 J R F 1K0 Yageo	1	
R25	RC1206 J R F 2K0 Yageo	1	
R26	RC1206 J R F 100R Yageo	1	
			Лист
			МДП 171.04.02 ПЕЗ
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис
			Дата
			3

Познач.	Найменування	Кіл	Примітка
R27, R28	RC1206 J R F 1K0 Yageo	2	
R29, R30	RC1206 J R F 5K1 Yageo	2	
R31, R32	RC1206 J R F 200K Yageo	2	
R33	RC1206 J R F 3R0 Yageo	1	
R34	RC2512 J R F 3R0 Yageo	1	
R35	RC1206 J R F 20K Yageo	1	
R36	RC2512 J R F 3R0 Yageo	1	
R37	RC1206 J R F 3R0 Yageo	1	
R38	RC2512 J R F 3R0 Yageo	1	
R39	RC1206 J R F 20K Yageo	1	
R40	RC2512 J R F 3R0 Yageo	1	
R41, R42	RC1206 J R F 18K Yageo	2	
R43, R44	PV12P102A01 Murata	2	
R45	RC1206 J R F 51K Yageo	1	
R46	RC1206 J R F 1K5 Yageo	1	
R47	RC1206 J R F 27K Yageo	1	
R48	RC1206 J R F 1K5 Yageo	1	
R49	RC1206 J R F 8K2 Yageo	1	
R50	RC1206 J R F 620R Yageo	1	
<u>Трансформатори</u>			
T1	PA1005.100NL Pulse	1	
T2	ИТКЯ.671117.035	1	
T3, T4	PA2007NL Pulse	2	
V1...V3	Діод BAV 102 NXP	3	
V4	Транзистор IRF5210PBF Intern. Rectifier	1	
V5, V6	Транзистор IRFP4110PBF Intern. Rectifier	2	
V7	Оптопара PC817X1J000F Sharp	1	
V8	Транзистор IRFP4110PBF Intern. Rectifier	1	
V9, V10	Діод BAV 102 NXP	2	
V11	Оптопара PC817X1J000F Sharp	1	
V12, V13	Діод MUR120 ON Semiconductor	2	
V14, V15	Діод BAV 102 NXP	2	
V16...V19	Транзистор IRFB3004PBF Intern. Rectifier	4	
V20	Транзистор IRFP4368PBF Intern. Rectifier	1	
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис
			Дата
МДП 171.04.02 ПЕЗ			Лист
			4

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Розетки</u>		
X1	Розетка 2695 №22-01-3027 Molex	1	
X4	Розетка 90147-1206 Molex	1	
X7, X8	Розетка 90147-1206 Molex	2	
	<u>Вилки</u>		
X2	Вилка А-42404-10В2 Molex кат. № 15-24-9105	1	
X3	Вилка 90121-0766 Molex	1	
X5	Вилка А-42404-24В2 Molex кат.№15-24-9245	1	
X6	Вилка 6410 Molex №22-29-2021	1	
X9, X10	Вилка 90121-0766 Molex	2	
Y1	Вентилятор 512F Papst	1	
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис
			Дата
МДП 171.04.02 ПЕЗ			Лист
			5

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
A2			МДП 171.04.02СК	Складальне креслення		
A2			МДП 171.04.02ЕЗ	Схема електрична		
A3				принципова		
A4			МДП 171.04.02ПЭЗ	Перелік елементів		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Ручка	1	
		2	МДП 171.04.03СК	Блок комбінований БК-2405	1	A1
		3	МДП 171.04.04Ск	Блок комбінований БК-2406	1	A2
		4	МДП 171.04.05СК	Блок комбінований БК-2408	1	A3
		5		Вентилятор	1	У1
				<u>Деталі</u>		
		10	МДП 171.04.09	Корпус	1	
		11		Кришка	1	
		12		Стійка	4	
		13		Втулка	4	
		14		Етикетка	1	
		15		Етикетка	1	
		16		Етикетка	1	
				МДП 171.04.02СК		
Ізм.	Лист	№ докум	Підп.	Дата		
Розроб.		Несмашний			Лист	Лист
Перевірив		Самойлова				1
Н. контроль		Самойлова			СНУ	
Затв.		Захожай			Гр. ЕЛ-23дм	
Стабілізований перетворювач напруги СПН-25						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Стандартні вироби</u>		
		21		Винт WW M2,5×6 KN	14	
		22		Винт WW M2,5×8 KN	3	
		23		Винт WW M3×8 KN	2	
		24		Винт WW M2,5×6 KN Mar	2	
		25		Винт WW M2,5×8 KN	2	
		26		Гайка N M3N Marcopol	2	
		27		Гайка N M4N Marcopol	2	
		28		Гайка M2,5-6H.04.013	8	
				ДСТУ ГОСТ5916: 2008		
		29		Шайба 2,5 65Г.016	12	
				ГОСТ 6402-70		
				Шайби ГОСТ 11371-78		
		30		C2,5.01.10.16	12	
		31		C3.01.10.16	2	
		32		Шайба 4.65Г.016	2	
				ДСТУ ГОСТ10463: 2008		
		33		Шайба C2,5.01.10.16	1	
		34		Шуруп 1-5x16 Ц6 ДСТУ 1145:2008	4	
		35		Стійка 5.12.083 Ettinger	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		39		Решітка захисна LZ31 Papst	1	
МДП 171.04.02СК						Лист 2
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A2			МДП 171.04.03СК	Складальне креслення		
A2			МДП 171.04.02ЕЗ	Схема електрична принципова		
A4			МДП 171.04.02ПЕЗ	Перелік елементів		
				Складальні одиниці		
		1		Трансформатор	1	T2
				<u>Деталі</u>		
		4		Втулка	2	
		5		Радіатор	1	
		6		Прокладка	2	
		7		Прокладка	1	
		8	МДП 171.04.07	Плата друкована	1	
				МДП 171.04.03СК		
Ізм.	Лист	№ докум	Підп.	Дата		
Розроб.	Несмашний				Лит	Лист
Перев.	Самойлова					1
Н.контр	Самойлова				Листов	
Затв.	Захожай				4	
				Блок комбінований БК-2405	СНУ гр. ЕЛ-23дм	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Стандартні вироби</u>		
		15		Гвинт WW M2,5×6 KN Marcopol	2	
		16		Гвинт WW M3×10 KN Marcopol	1	
		17		Гвинт WW M3×12 KN Marcopol	3	
		18		Шайба С3.01.10.016 ГОСТ 10450-78	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		23		Конденсатор FC A-50B-470 мкФ Panasonic кат. № EEUFC1H471	2	C1,C2
		24		Конденсатор МКТ 372-100 В-0,47 мкФ±10%Vishay кат. № 2222372 21474	1	C10
		25		Конденсатор VJ1206 X7R-100 В-0,01 мкФ ±5% Vishay кат. № VJ1206Y103JXBAT	1	C6
		26		Конденсатор VJ1206 X7R-50 В-0,22 мкФ ±10% Vishay кат. № VJ1206Y224KXAAT	3	C7...C9
		27		Конденсатор VJ2220 X7R-50 В-1 мкФ±5% Vishay кат. № VJ2220Y105JXAAT	3	C3...C5
						Лист
						2
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	МДП 171.04.03 СК	





Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Матеріали</u>		
				Паста паяльна NC254 Sn62/Pb32/		
				Ag2 фірми АІМ		
				Припій Прв.КР2 ПОС-61		
				Клей DP-100 FR фірми 3М		
				Лак силіконовий DCA фірми Electrolube		
				Фарба Plastistar фірми Sericol		

					МДП 171.04.03 СК	Лист
						4
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка		
				Документація				
A2			МДП 171.04.04СК	Складальне креслення				
A2			МДП 171.04.02ЕЗ	Схема електрична принципова	A2			
A4			МДП 171.04.02ПЕЗ	Перелік елементів	A4			
				<u>Складальні одиниці</u>				
		1		Дросель	2	L2, L3		
		2		Дросель	1	L1		
		3	МДП 171.04.06СК	Плата друкована багатошарова М4Д-5224	1			
				<u>Деталі</u>				
		9		Радіатор	1			
		10		Прокладка	1			
		11		Прокладка	4			
		12		Прокладка	2			
					МДП 171.04.04СК			
Ізм.	Лист	№ докум	Підп.	Дата				
Розроб.		Несмашний			Блок комбінований БК-2406	Лит	Лист	Листов
Перев.		Самойлова				1	5	
Н.контр		Самойлова				СНУ гр. ЕЛ-23дм		
Затв.		Захожай						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
				<u>Стандартні вироби</u>			
		18		Гвинт WS M2,5×8 KN Marcopol	4		
		19		Гвинт WS M3×10 KN Marcopol	2		
		20		Гайка N M3N×12 Marcopol	2		
		21		Гайка M2,5-6 KN ГОСТ 10450-78	4		
				<u>Інші вироби</u>			
		28		Конденсатор B45197-20 B-100 мкФ ±20% Epcos кат. № B45197-A4107-M509	4	C50, C52 C54, C56	
		29		Конденсатор B45197-6,3 B-680 мкФ ±10% Epcos кат. № B45197-A1687-K509	4	C50, C52, C54, C56	
		30		Конденсатор FCA-25 B-47 мкФ Panasonic кат. № EEUF1E470	2	C21, C31	
		31		Конденсатор FRA-25B-1800 мкФ Panasonic кат. № EEUFR1E182	3	C22, C23 C29	
		32		Конденсатор VJ1206 X7R-50 B-0,22 мкФ ±10% Vishay кат. № VJ1206Y224KXAAT	2	C13, C15	
				МДП 171.04.04СК			Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		33		Конденсатор VJ1206 C0G-50	1	C20
				B-120 пФ±10 % Vishay		
		34		Конденсатор VJ1206 X7R-50	1	C17
				B-0,1 мкФ±5 % Vishay		
		35		Конденсатор VJ1206 X7R-50	5	C50, C52
				B-0,22 мкФ ±10% Vishay		C54, C56
				кат. № VJ1206Y224KXAAT		C57
		36		Конденсатор VJ1206 X7R-50	1	C19, C27
				B-0,22 мкФ ±10% Vishay		
				кат. № VJ1206Y224KXAAT		
		37		Конденсатор VJ2220 X7R-50	1	C18
				B-1 мкФ±5% Vishay		
		38		Конденсатор VJ1812 X7R-50	7	C25, C26
				B-1 мкФ±10% Vishay		C28, C30
				кат. № VJ1812Y105KXAAT		C46-C48
		39		Конденсатор 1206 X7R-16	1	C58
				B-2,2 мкФ±10 % Murata кат. №		
				GRM31MR71C225KC11L		
		40		Мікросхема IR5001S	1	D9
				Intern. Rectifier		
		41		Мікросхема IXDN504PI IXYS	1	D3
		42		Мікросхема LM235Z SGS-	1	D10
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	МДП 171.04.04СК	
						Лист 3

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
		43		Мікросхема MC7912CT	1	D6	
		44		Мікросхема TL431ILP	1	D5	
				ON Semiconductor			
		45		Мікросхема UCC2891D	1	D4	
		46		Індикатор W934GE/2GD	1	H1	
		47		Резистор PV12P102A01 Murata	1	R23	
		48		Резистор RC1206 J R F 1K0 Yageo	1	R17,R24	
		49		Резистор RC1206 J R F 1K8 Yageo	1	R7	
		50		Резистор RC1206 J R F 10K Yageo	2	R14,R15	
		51		Резистор RC1206 J R F 20K Yageo	1	R22	
		52		Резистор RC1206 J R F 510R Yageo	1	R20	
		53		Резистор RC1206 J R F 12K Yageo	1	R16	
		54		Резистор RC1206 J R F 75K Yageo	2	R11, R12	
		55		Резистор RC1206 J R F 100R Yageo	1	R26	
		56		Резистор RC1206 J R F 2K0 Yageo	2	R6, R25	
		57		Резистор RC1206 J R F 10K Yageo	2	R10,R19	
		58		Резистор RC1206 J R F 510R Yageo	2	R18, R21	
		59		Резистор RC1206 J R F 620R Yageo	1	R50	
		60		Резистор RC1206 J R F 150K Yageo	1	R13	
		61		Резистор RC1206 J R F 8K2 Yageo	1	R49	
		62		Резистор RC2512 J R F 3R0 Yageo	2	R8, R9	
		63		Трансформатор PA2007NL Pulse	2	T3, T4	
		64		Діод BAV 102 NXP	1	V9	
		65		Діод MUR120	2	V12, V13	
				МДП 171.04.04СК			Лист
						4	
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		66		Діод BAV 102 NXP	1	V10
		67		Оптопара PC817X1J000F Sharp	2	V7, V11
		68		Транзистор IRFB3004PBF	4	V16...V19
				Intern. Rectifier		
		69		Транзистор IRFP4110PBF	2	V6, V8
				Intern. Rectifier		
		70		Транзистор IRFP4368PBF	1	V20
		71		Вилка А-42404-24В2	1	X5
				Molex кат.№15-24-9245		
		72		Вилка 6410 Molex №22-29-2021	1	X6
		73		Розетка 90147-1206 Molex	3	X4
						X7, X8
		75		Затискач GW52231 GEWISS	2	
		76		Затискач GW52233 GEWISS	1	
				<u>Матеріали</u>		
				Паста паяльна NC254 Sn62/Pb32/		
				Ag2 фірми AIM		
				Припій Прв.КР2 ПОС-61		
				Клей DP-100 FR фірми 3М		
				Лак силиконовый DCA		
				фірми Electrolube		
				Фарба Plastistar фірми Sericol		
				МДП 171.04.04СК		Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	5	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
A2			МДП 171.04.05СК	Складальне креслення		
A2			МДП 171.04.02 ЕЗ	Схема електрична		
				принципова		
				<u>Деталі</u>		
		1	МДП 171.04.08	Плата друкована	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		7		Конденсатор VJ1206 C0G-50	2	C40, C41
				B-120 пФ±10 % Vishay		
				кат. № VJ1206A121KХААТ		
		8		Конденсатор VJ1206 X7R-100	4	C34,C35
				B-0,01 мкФ ±5% Vishay		C44, C45
				кат. № VJ1206Y103JХВАТ		
		9		Конденсатор VJ1206 X7R-50	2	C37, C39
				B-0,1 мкФ±5 % Vishay		
				кат. № VJ1206Y104JХААТ		
				МДП 171.04.05СК		
Ізм.	Лист	№ докум	Підп.	Дата		
Розроб.	Несмашний					
Перев.	Самойлова					
Н.контр	Самойлова					
Затв.	Захожай					
				Блок комбінований		
				БК-2408		
				Лит		Лист
				Лит		Листов
				1		3
				СНУ Гр.-23дм		



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
		10		Конденсатор VJ1206 X7R-50 В-0,22 мкФ ±10% Vishay	2	C42, C43	
		11		Конденсатор VJ1812 X7R-50 В-1 мкФ±10% Vishay кат. № VJ1812Y105KXAAT	2	C32, C33	
		12		Конденсатор VJ1206 C0G-50 В-120 пФ±10 % Vishay	2	C36, C38	
		13		Мікросхема IR3651SPbf	2	D7, D8	
		14		Резистор PV12P102A01 Murata	2	R43,R44	
		15		Резистор RC1206 J R F 1K0 Yageo	2	R27, R28	
		16		Резистор RC1206 J R F 1K5 Yageo		R46, R48	
		17		Резистор RC1206 J R F 18K Yageo	2	R41, R42	
		18		Резистор RC1206 J R F 20K Yageo		R35, R39	
		19		Резистор RC1206 J R F 200K Yageo	2	R31, R32	
		20		Резистор RC1206 J R F 27K Yageo	1	R47	
		21		Резистор RC1206 J R F 3R0 Yageo	2	R33, R37	
		22		Резистор RC1206 J R F 5K1 Yageo	2	R29, R30	
		23		Резистор RC1206 J R F 51K Yageo	1	R45	
		24		Резистор RC2512 J R F 3R0 Yageo	4	R34, R36	
						R38, R40	
		25		Діод BAV 102 NXP	2	V14, V15	
		26		Вилка 90121-0766 Molex	2	X9, X10	
				МДП 171.04.05СК			Лист 2
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата			





