МIНIСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАІНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАІНИ

«КИЇВСКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

КАФЕДРА КЕОА

**Домашня робота №4**

**з курсу: «Фізико-теоретичні основи конструювання»**

**Тема: «Вибір друкованої плати. Конструкторсько-технологічний розрахунок елементів друкованого монтажу»**

Виконав:

студент ІІІ-го курсу

гр. ДК-41

Білаш Б.О.

Київ – 2017

1. **Вибір типу та матеріалу ДП**

Друкована плата— пластина, виконана з [діелектрика](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B8) ([склотекстоліт](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82), [текстоліт](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82), [гетинакс](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D1%81), [ситал](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8) тощо), на якій або всередині якої [сформований хоча б один шар](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B4%D1%80%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82) з провідними доріжками. На друковану плату монтуються [електронні компоненти](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%96_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8), які з'єднуються своїми виводами з елементами провідного рисунка [паянням](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F), у результаті чого складається [електронний модуль](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C) — змонтована друкована плата.

Друковані плати за конструкцією поділяються на такі класи:

-односторонні (одношарові) - ОДП,

-двосторонні (двошарові) – ДДП,

-багатошарові - БДП.

Односторонні друковані плати використовуються виключно для одностороннього монтажу елементів гладкі (неметалізовані) отвори. Установка елементів на поверхню практикується зазвичай в аматорських або макетних конструкціях. Весь електричний монтаж здійснюється на одному шарі. Загальноприйнято вважати першим (верхнім) шаром той, на якому розташовані елементи.

Відомо два різновиди двосторонніх ДП (ДДП): без металізації і з металізацією наскрізних отворів. Плати без металізації по багатьом параметрам відповідають одностороннім платам. Але за наявності ще одного шару підвищується трасувальна здатність ДП і щільність компонування елементів. Плати з металізацією перехідних отворів мають високу трасувальну здатність, забезпечують високу щільність монтажу елементів і хорошу механічну міцність їх кріплення. Технологічний процес виготовлення двосторонніх плат, також як односторонніх, є частиною більш загального процесу виготовлення багатошарових ДП. Однак для двосторонніх плат не потрібно застосовувати пресування шарів, значно простіше виконується очищення отворів після свердління.

Також слід зауважити, що популярна і проста в своєму логічному розумінні методика трасування ДП на одній стороні перпендикулярно ніж на іншій також має найбільш практичне застосування саме на ДДП і не потребує більших шарів, тому що траси і так не будуть пересікатись одна з іншою.

БДП складаються із спресованих шарів, ізольованих один від одного ізоляційною основою. Вони діляться на дві групи: з міжслойованими сполуками, коли з'єднання шарів здійснюється об'ємними деталями (штирями, заклепками, перекриттями та ін) або за допомогою хіміко-гальванічної металізації; без міжшарових з'єднань. На платі можуть бути наскрізні і перехідні отвори, що забезпечують електричну зв'язок між шарами. Також вони включають додаткові екранні шари (земля і харчування), а також кілька сигнальних шарів.

Згідно ТЗ і схеми електричної принципової вибираємо ДДП для нашого завдання. Вибираємо саме завдяки тому, що схема не має велику складність. Щоб не було більших затрат на виробництво усю конструкцію достатньо розмістити на ДДП.

Правильний вибір матеріалів, технологічних процесів і елементної бази при розробці сучасних друкованих вузлів багато в чому визначає рівень працездатності і надійність електронного пристрою в цілому при раціональних економічних витратах у виробництві.

При виробництві ДП застосовуються вітчизняні та імпортні матеріали різних виробників. Матеріали, що застосовуються в якості основи для ДП повинні мати:

-високі електроізоляційні властивості,

-достатню механічну міцність,

-бути стійкими до кліматичних впливів.

Цим вимогам задовольняють електротехнічні матеріали: склотекстоліт, кераміка, фторопластова плівка, сапфір і ін..

В даний час введено новий параметр - опірність займання. Для цього параметру виділені полімерні композиційні матеріали FR-1 ... FR-5 в залежності від вибраного класу точності. Попередньо обраний клас точності 4 говорить, що необхідно вибрати FR-4. Саме він є айбільш поширеним матеріалом для виробництва ДДП і БДП, а також вітчизняний СФ2. Обираємо саме FR-4, бо він імпортний та більш надійний і сучасний, ніж його вітчизняний аналог. Стандартний FR-4 представляє собою композитивний матеріал на основі скловолокна (склотекстоліти). Має товщину 1,5 мм і складається з 8 шарів склотекстоліту. Застосування FR-4 дозволяє отримати отвори високої якості, а це важливо для монтажу елементів в отвори.

Таким чином, для реалізації ДДП обраний сучасний, з високими параметрами матеріал FR4-2-35-1,5. Даний матеріал є фольгованим склотекстолітом з підвищеною нагрівостійкістю, товщиною 1,5 мм, облицювальний з двох сторін мідною електролітичної фольгою товщиною 35 мкм.

**2. Вибір класу точності ДП**

Точність виготовлення ДП залежить від комплексу технологічних параметрів і з практичної точки зору визначає основні параметри елементів ДП. В першу чергу це відноситься до мінімальної ширини провідників, мінімального зазору між елементами провідного малюнка і до ряду інших параметрів.

ГОСТ 23571-86 передбачає п'ять класів точності ПП. Вибір класу точності завжди пов'язаний з конкретним виробництвом. Спроба вирішити цю задачу в зворотному порядку може призвести до того, що проект не буде реалізований.

При конструкторському-технологічному розрахунку необхідно використовувати граничні значення елементів друкованого монтажу з урахуванням похибки їх виконання. Необхідні граничні значення елементів друкованого монтажу і допустимі похибки наведені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1. Граничні значення основних параметрів ПМ  


Таблиця 2. Допустимі похибки виконання елементів ПМ

Виготовлення ДП п'ятого класу точності вимагає застосування унікального високоточного обладнання, спеціальних (як правило, дорогих) матеріалів і навіть створення у виробничих приміщеннях «чистої зони». Таким вимогам відповідає не кожне виробництво. Однак, ДП невеликого розміру можуть виконуватися по п'ятому класу на обладнанні, що забезпечує виробництво плат четвертого класу.

ДП четвертого класу випускаються на високоточному обладнанні, але вимога до матеріалів, обладнання і виробничих приміщень нижче, ніж для п'ятого класу.

ДП третього класу - найбільш поширені, оскільки, з одного боку, забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, а з іншого - для їх виробництва достатньо звичайного спеціалізованого обладнання.

Випуск ДП другого і третього класів здійснюється на звичайному не спеціалізованому обладнанні. Такі ДП, з невисокими конструктивними параметрами, призначені для недорогих пристроїв з малою щільністю монтажу.

Для даного завдання вибираємо 4-ий клас точності, так як він забезпечує достатню щільність трасування і монтажу з урахуванням необхідних габаритів пристрою. Також обраний клас точності дозволяє проводити друковані провідники поміж контактних майданчиків мікросхем з планарними виводами.

**3. Обґрунтування методу виготовлення ДП**

При виборі необхідного методу виготовлення розглянули наступні методи: -хімічний субтрактивний метод,

-комбінований позитивний метод,

-метод попарного пресування друкованих плат,

-метод пошарового нарощування,

-метод металізації наскрізних отворів.

Вивчивши переваги, недоліки комбінованого методу і вимоги викладені в ТЗ, будемо використовувати комбінований позитивний метод.

**4. Виконання конструкторсько-технологічного**

**розрахунку елементів ДМ**

4.1. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі.

Мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму bmin I (мм) для ланцюгів живлення та «землі» визначається виразом 4.1.1:

(4.1.1)

де *Imax*– максимально можливий струм в ланцюгу, А

*j*доп – допустима щільність струму для ДП, яка виготовлена комбінованим позитивним методом,

*t*пров– товщина друкованого провідника, яка визначається виразом (4.1.2)

Друкований провідник виготовлюється комбінованим позитивним методом. Згідно методу виготовлення:

, (4.1.2)

де *hф* – товщина фольги, *hф=*0,035 мм

*hгм* – товщина шара гальванічно осадженої міді, hгм = 0,055 мм

*hхм*– товщина шара хімічно осадженої міді, hхм = 0,0065 мм

*tпров*=0,035+0,055+0,0065=0,0965 мм

Параметр *Imax* в виразі (4.1.1) визначається як сума струмів, які споживають усі активні елементи схеми. Значення струмів, які споживають активні елементи схеми, наведені у таблиці 3.

Таблиця 3. Струми, які споживають елементи схеми

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ІС | Кількість ІС | Iспож, мА |
| CD4033 | 1 | 0,02 |
| CD4020A | 1 | 0,03 |
| SN74ALS573 | 1 | 24 |
| IP3604 | 1 | 10 |
| CD4011A | 1 | 0,01 |
| IL311ANM | 1 | 6 |
| АЛС324Б | 3 | 11\*3=33 |

У результаті:

*Imax =*0,02+0,03+24+10+0,01+6+33=73 мА

Мінімальна ширина друкованого провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та «землі» визначається наступним чином:

Отримане значення мінімальної ширини провідника bminI = 0,0158 мм входить в значення обраного 4 класу точності = 0,15 мм). Таким чином, оптимальна ширина провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та «землі» дорівнює розрахованому значенню.

4.2. Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому

Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, визначається (4.2.1):

(4.2.1)

де ρ–питомий опір провідника, виготовленого комбінованим позитивним методом, ρ=0,0175

Lпров – довжина найдовшого друкованого провідника ДП, Lпров=178мм

Uдоп – допустиме падіння напруги на друкованому провіднику, Uдоп=0,05×Eп,

Uдоп =0,05×12=0,6 В

4.3. Визначення номінального діаметру монтажного отвору

, (4.3.1)

де dвэ – діаметр виводу елементів, для якого визначається діаметр монтажного отвору,

∆d – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру МО, ∆dмо=0,1 мм

r– різниця між мінімальним діаметром МО та максимальним діаметром виводу елемента, r=0,1…0,2 мм

4.4. Визначення діаметра контактної площини

, (4.4.1)

де Dmin1 – мінімальний ефективний діаметр КМ, мм,

hф – товщина фольги, hф = 0,035 мм. Коефіцієнт 1,5hф враховує підтравлювання фольги друкованого провідника у ширину,

0,03 – КМ виготовлюють комбінованим позитивним методом.

, (4.4.2)

де dmax– максимальний діаметр отвору в ДП, мм,

bпо - ширина пояска КМ, bпо =0,05 мм (табл.1)

δо- похибка розташування центру отвору відносно вузла КС, δо=0,07 мм (табл.2),

δкм- похибка розташування центру КМ відносно вузла КС, δкм=0,05 (табл.2).

Максимальний діаметр отвору ДП:

dmax=d+∆d+(0,1…0,15), (4.4.3)

де d– номінальний діаметр МО, мм,

∆d- допуск на діаметр отвору, ∆d=0,05 мм

dmax=d+∆d+(0,1…0,15)=0,8+0,05+0,1=0,95 мм

Максимальний діаметр КМ:

D max = Dmin+0,02, (4.4.4)

D max = 1,27+0,02=1,39 мм

4.5. Визначення мінімальної ширини провідника

bmin=, (4.5.1)

де –мінімальна ширина провідника. Визначаємо з таблиці класів точності (табл.1). Для 4-го класу точності ДМ

bmin=

Максимальна ширина провідника:

bmax=bmin+0,02, (4.5.2)

bmax=0,23+0,02=0,25 мм

4.6. Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною



(4.6.1)

де L0– відстань між центрами отворів та друкованим провідником, які кратні кроку КС, L0=1,25 мм (найгірший випадок).

Dmax - максимальний діаметр КП,

bmax - максимальна ширина провідника,

δкм - похибка розташування центра КП відносно вузла КС, δкм=0,05 (табл.2),

δсп - похибка, яка враховує зміщення провідника, δсп=0,05 мм

4.7. Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками (між краями провідників)



(4.7.1)

4.8. Визначення мінімальної відстані між двох контактних площин



, (4.8.1)

де L01- відстань між центрами сусідніх КП, L01=2,5 мм.

Отримане значення задовольняє 4й клас точності.

**Висновки:** В даній роботі в першу чергу був обраний клас точності для проекту. Для 5 класу використовують спеціальні умови, обладнання і тд., його використовувати не має сенсу. Із тих, що залишились, класів найдоречніше обрати 4 клас. Тому всі розрахунки ширини, діаметру доріжок, контактних площадок мають бути менші або такого значення, які подані для 4 класу. В розрахунках було отримано дані менші, що є добрим показником. Після того, як розрахунки підтвердили можливість використання 4 класу, було обрано матеріал для друкованої плати, FR4-2-35-1,5. Насправді цей матеріал був імовірно вибраний на початку роботи, але виходячи з того, що наша схема не досить складна, а за допомогою 4 класу точності виготовляються і набагато складніші схеми, то зрозуміло, що 4 клас точності повністю підходить для даного проекту.