

Конструювання друкованих плат (ДП), друкованих вузлів (ДВ)

1. Техніка електричного монтажу ЕА (провідний монтаж, друкований монтаж, поверхневий монтаж)
2. Класифікація конструкцій ДП
3. Топологічне конструювання ДП
4. Розміщення конструктивних елементів (КЕ) на ДП
5. Трасування з'єднань
6. Конструювання ДВ

Зі схеми монтажу слідує, що з'єднання елементів різних рівнів (розводка з'єднань) виконується такими видами монтажу:

- провідний (навісний, об'ємний) монтаж
- друкований монтаж штирьових компонентів (К типу 1, 2, 3, EPE) та SMD компонентів (IC, чіп резистори та конденсатори і т.д.)

Провідний монтаж - (до 50 -х років прошлого століття був єдиним) традиційний, відрізняється простотою технологічних процесів. На даний час вирішуються певні задачі для зменшення L_0 та C_0 .

Провідному монтажу притаманні такі основні недоліки:

- не забезпечується висока надійність
- низька продуктивність ручної праці для КЕ високого рівня
- займає великий об'єм - жгути в міжблочних з'єднувачах (наприклад в цифрових АТС, комп'ютерних мережах - кабельні канали)
- важко забезпечити одноманітність монтажу
- обмежує можливості висошвидкісної елементної бази, тому що різко зростає L_0 та C_0 , в зв'язку з тим, що самі довгі провідники мають велике власне значення C та L . Вони входять в загальну довжину лінії зв'язку
- важко уявити як монтувати SMD компоненти провідним монтажем

Провідний монтаж має одне незаперечну перевагу $\sum L_{зв} = \min$, тому що дозволяється накладувати, перетинати провідники.

Не думайте, що провідний монтаж не розвивається: при провідному монтажу використовується нефольгований діелектрик, нема хіміко-гальванічних процесів, тобто нема втрат міді, не витрачаються драгметали, провідники наклеюються на поверхню плати та припаюються до КМ.

Техніка електричного монтажу

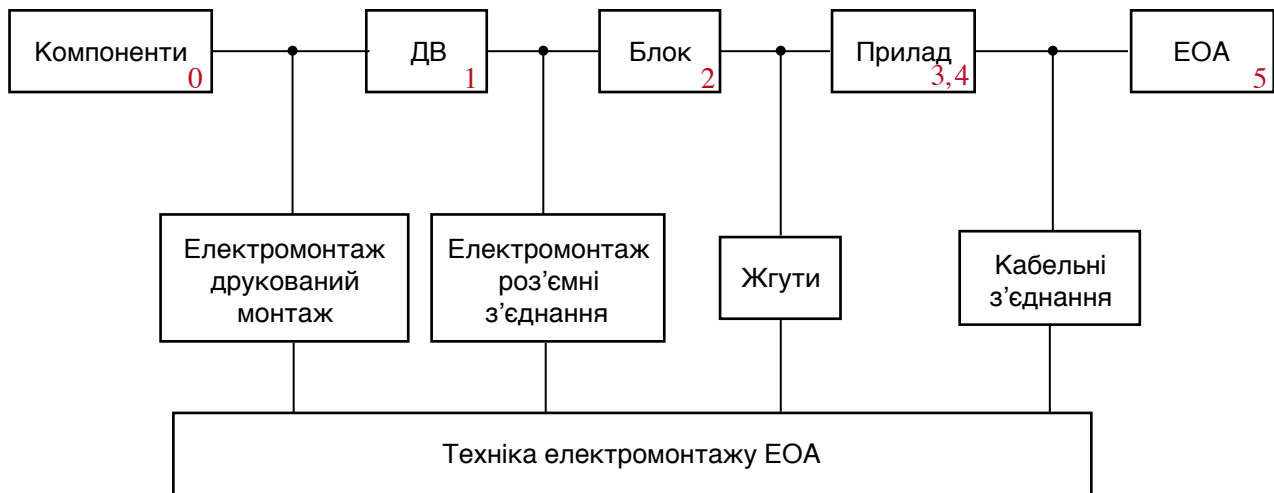
Однією з важливих проблем практичної реалізації ЕА є пошук оптимальної технології електромонтажу, що відповідає сучасним технічним можливостям та вимогам.

Цю проблему не уникнути при сучасних методах конструювання, при яких реалізація схем досягається за допомогою EPE та IC. Більш того, неминучим є поділ складного пристрою на невеликі конструктивні одиниці (ієрархічний метод - той, що ми з вами хвалили). Тому монтаж ЕОА виконується у вигляді послідовних етапів, що представлені на мал.

Виграш, досягнутий на окремих етапах, наприклад максимальна щільність упаковки, не призводить до аналогічних переваг відносно в'язу приладу, якщо не враховується наступна технологія складання та монтажу. Тому необхідно розглядати технологічний ланцюг виготовлення електронних приладів як систему з ціллю пошуку оптимального техніко-економічного рішення.

Кожен з цих етапів має специфічні **особливості**, при чому всі вони пов'язані одне з одним в конструктивно- технологічному відношенні.

Етапи монтажу ЕОА



Для електричного з'єднання ЕРЕ між собою служать **друковані провідники** (друкований монтаж). Таким чином **друкований провідник** є основним комутаційним елементом при створенні будь-якої складної конструкції. При цьому істотною перевагою друкованого провідника є можливість **одночасного** виготовлення всіх друкованих провідників всіх елементів друкованого монтажу та групового конструювання всіх виводів, тобто одночасної пайки виводів, установлюваних виводів на основі пайки хвилею припою або іншими методами пайки.

Для електричного з'єднання вузлів між собою служать провідники, що технологічно вибираються по електричним параметрам, що вимагаються.

Для з'єднання цих провідників з **ДВ** використовуються в більшості випадків електричні з'єднувачі - **роз'єми** - з різними методами конструювання (компоненти, елементи друкованого монтажу - ламелі), що придатні для електромонтажу приладів.

Необхідні роз'ємні та нероз'ємні з'єднання є в монтажному ланцюгу критичними у відношенні надійності.

Особливу увагу при цьому слід уділити вибору технології складання та монтажу на першому етапі, тобто при **виготовленні ДВ**, тому що безпосередньо тут виникають найбільші витрати. Оптимальні параметри друкованого вузлу з конструкторсько-технологічної та експлуатаційної точки зору визначає оптимальну технологію складання та монтажу всього пристрою.

З рисунку слідує, що на всіх рівнях ієрархії необхідно КЕ з'єднати.

Як "витрачається" надійність при переході від технології з'єднання:

- контакт роз'єму $\lambda = 0.2 \times 10^{-7}$ 1/г
- навісний 124-контактний роз'єм - $\lambda = 0.248 \times 10^{-5}$ 1/г. Ще додайте до цього пайку кожного виводу
- паяні з'єднання ножек ІС $\lambda = 0.5 \times 10^{-9}$ 1/г

З 1952 року в промисловості (СРСР) все в більшому об'ємі набуває застосування **ДП** - друкований монтаж, що став в теперішній час домінуючим в процесі виробництва РЕА та ЕОА.

Піонером в області винаходу методу виготовлення **ДП** був Едісон. Він в 1906 році описав спосіб виготовлення провідників на ізоляторі за допомогою металевих порошків.

Подальшим технологічним вирішенням явилася розробка компанією Telefunken в 1927 році методу монтажу з відштампованих відповідним чином полосок латунної фольги, що з елементами накладувалася на ізоляційну основу.

В 1924 році в США був виданий патент на спосіб виготовлення **ДП**, що й до поточного часу успішно використовується в промисловості - хімічний метод.

Запровадження **ДП** (друкованого монтажу) для техніки електромонтажу перший крок на шляху прогресивних інтегральних процесів. Для електромонтажу став використовуватися **КЕ-ДП**, що виконує роль одночасно функції несучої основи для розміщення РЕА та їх монтажу.

Найважливішою ознакою **ДП** є її багат шарова структура, що дозволяє здійснювати економічне, масове виробництво при хорошому відтворенні параметрів виробів.

Тільки великі техніко-економічні переваги дозволили друкованому монтажу зайняти монопольне становище в технології монтажу.

Друкований монтаж має ряд суттєвих **переваг**, основні з яких наступні:

- висока масовість виробництва та висока продуктивність праці - використовується автоматичне виробництво
- висока степінь механізації виконання монтажу (установка елементів, пайка, випробовування, тощо)
- висока надійність друкованого монтажу ($\lambda = 0.5 \times 10^{-9}$ 1/г), висока стійкість до впливів (це вже властивість матеріалу **ДП**)
- висока відтворюваність від зразка до зразка
- має мале значення L_0 та C_0 , високу електричну міцність при високій вологості та температурі
- висока щільність установки РЕ, висока щільність монтажу
- автоматизація проектування **ДП**

Однак друкований монтаж має ряд **недоліків**, типові з них такі:

- потребується спеціальне технологічне обладнання та матеріали (драгматеріали - контакти роз'ємів), великі виробничі площі, підвищена витрата кольорових металів
- робота в агресивному середовищі
- достатньо великий час розробки
- труднощі ремонту (особливо при використанні КЕ з великою кількістю виводів)
- складність внесення змін до топології **ДП**
- провідники не можуть перетинатися в одній площині, що збільшує монтажний шлях ($\sum L_{зв}$)
- необхідно мати фотошаблони, фотоштампи, трафарети. Щоб їх виготовити необхідні тривалі попередні роботи. Автоматизація цього процесу стикається з певними труднощами - точність виготовлення, збільшення роздільної здатності

Дано визначення елементам друкованого монтажу комутаційних плат (показати на **ДП**)

Друкований провідник - ділянка металізованого шару, нанесеного на ізоляційну основу, еквівалентний звичайному провіднику.

Друкована плата - елемент конструкції, що складається з плоских провідників, нанесених на ізоляційну основу та забезпечуючих необхідне електричне з'єднання елементів електричного ланцюгу (необхідне з'єднання елементів забезпечує конструктор).

Друкований монтаж - система друкованих провідників, що забезпечує електричні з'єднання елементів ланцюга

Монтажний отвір (МО) - отвір, що призначений для закріплення виводів ЕРЕ.

Монтажний (контактний) майданчик - металізована ділянка навколо МО або біля нього, що має електричний контакт з друкованим провідником, та забезпечує можливість електричного з'єднання дискретного елементу з друкованим монтажем.

Координаційна сітка (КС) - прямокутна сітка, що складається з паралельних рівновіддалених ліній, умовно або фактично накладуваних на **ДП** для визначення розташування отворів та розмірів провідників.

Крок координатної сітки (ККС) - відстань між двома найближчими паралельними лініями **КС**.

Вузол КС - точка перетину двох ліній **КС**

База сітки - вузол сітки, що приймається за точку початку відліку. Як правило, це лівий нижній кут або ліве нижній МО **ДП**.

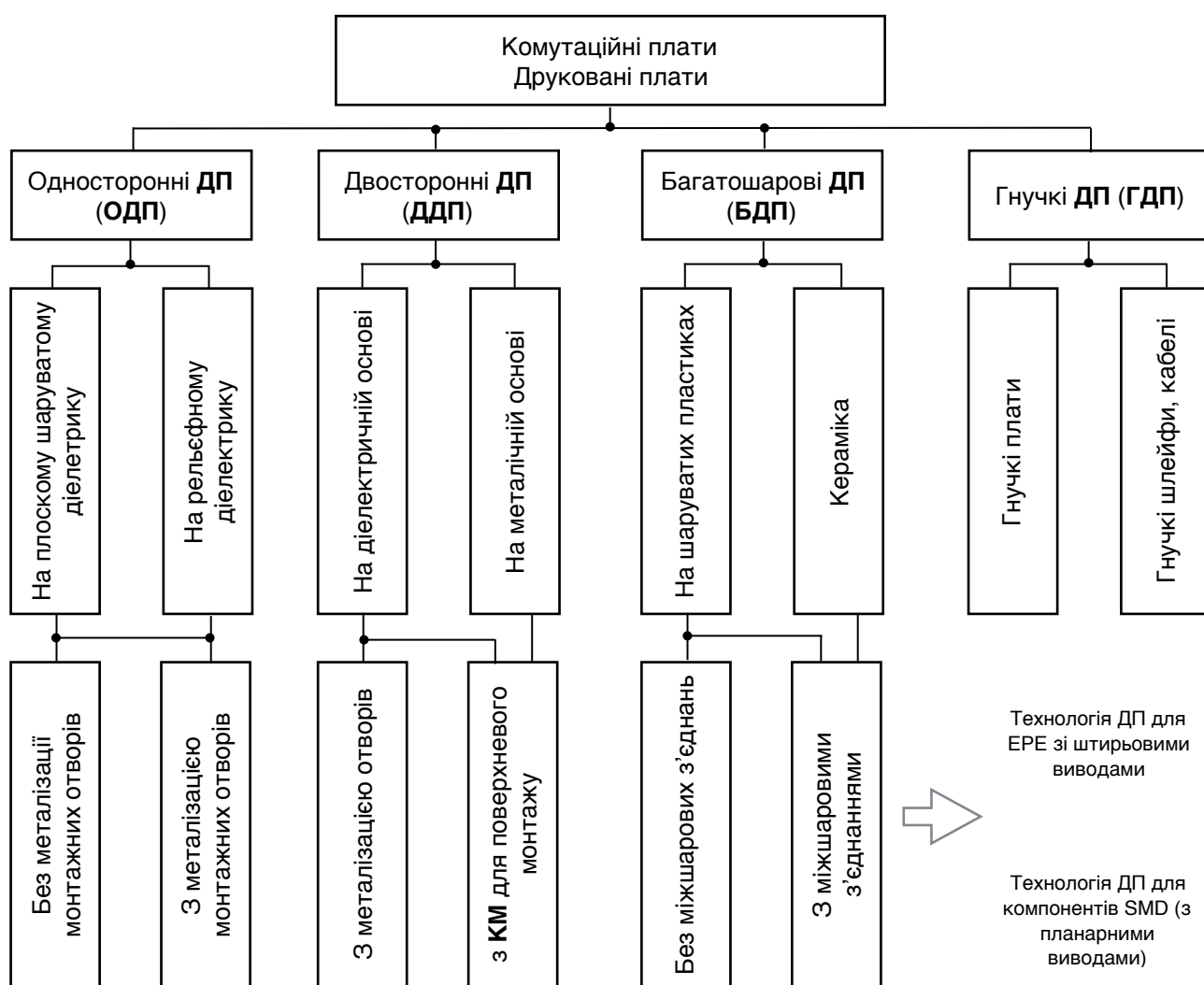
Класифікація конструкцій ДП

- збільшити міцність від механічних впливів, тепловіддачу, та стійкість до кліматичних впливів
- механізувати операції складання та монтажу ЕОА, зменшити працемісткість та знизити вартість виробу
- автоматизація проектування **ДП** (проектування **ДП** - тривалий та болісний процес)

В теперішній час розроблена велика кількість різних по конструкції та технології виготовлення комутаційних плат (друкованих плат, монтажних плат)

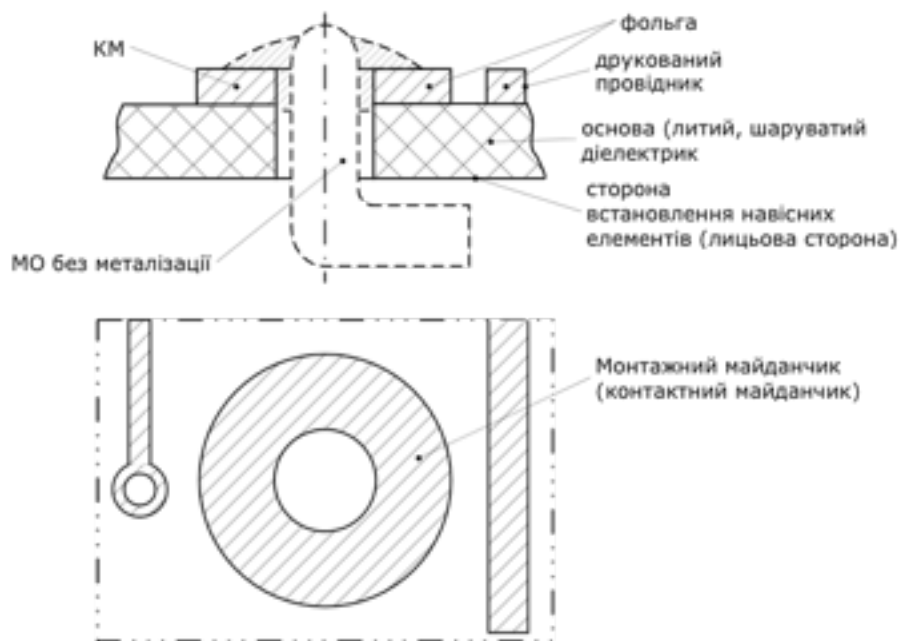
Один з варіантів класифікації комутаційних плат приведено на мал.. Класифікація не охоплює все багатоманіття **ДП**, в ній віділена основна увага платам, що широко використовуються в теперішній час.

В залежності від числа провідних шарів комутаційні плати поділяються на **ОДП**, **ДДП**, **БДП**. По комутаційному виконанню: на жорсткі та гнучкі.



Коротко охарактеризуємо кожну з різновидностей ДП.

ОДП. виконується на шаруватій пресованій або рельєфній литій основі без металізації отворів (для силової електроніки використовується металізація)

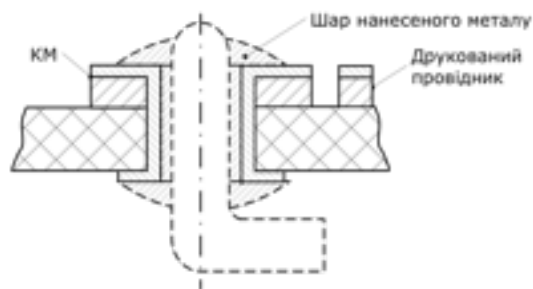


Для ПМ

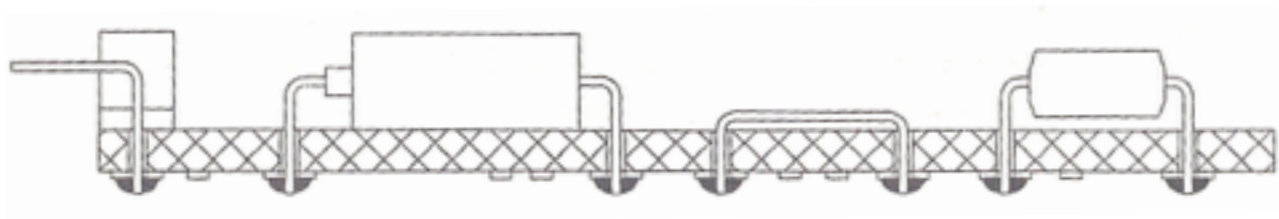


З металізацією МО

Для збільшення міцності кріплення елементів можливе виготовлення ОДП з металізацією отворів. Мотажні та трасувальні можливості таких плат низькі. Надійність ОДП та вихідна міцність кріплення компонентів також низька. Щоб уникнути відшарування друківаних провідників всі елементи слід монтувати без зазорів між корпусом елемента та ДП.



ОДП виконуються на шаруватій пресованій або рельєфній литій основі без металізації або з металізацією МО. Плати на шаруватому діелектрику прості по конструкції та економічні у виготовленні. Їх використовують для монтажу побутової РЕА, в силовій електроніці (БЖ), в н/ч пристроїв техніки зв'язку.



Нагадаю, що загально-прийнято рахувати першим (верхнім) шаром той, на якому розташовані компоненти. При двосторонньому розміщенні елементів за верхній приймається шар, на якому знаходиться з'єднувач або інші пристрої зовнішньої комутації (монтажні контакти, колодки, плати з'єднувальні і т.д.).

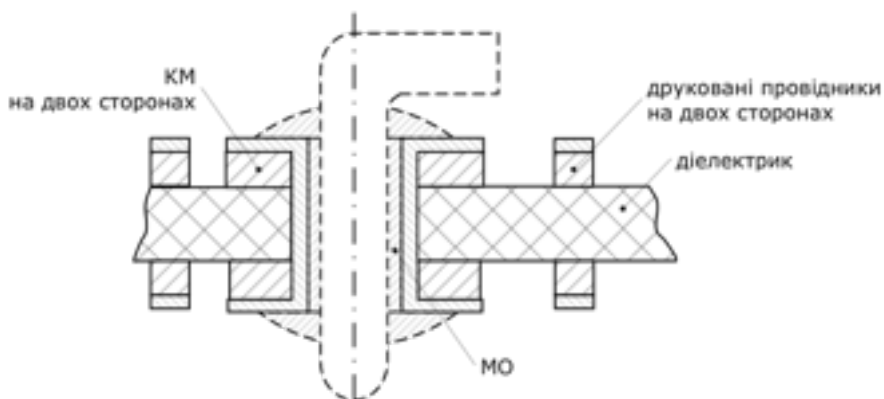
МО - є (металізований) отвір, призначений для закріплення виводів дискретних елементів (показати на малюнку).

Монтажний майданчик (КМ) - металізований участок біля **МО** або біля нього, що має електричний контакт з друкованим провідником та забезпечує можливість електричного з'єднання дискретного елемента з друкованим монтажем.

Для ПМ КМ - металізований участок, що має електричний контакт з друкованим провідником та забезпечує електричне з'єднання дискретного елемента з друкованим монтажем.

З ціллю збільшення щільності монтажу використовують ДДП - двосторонні друковані плати.

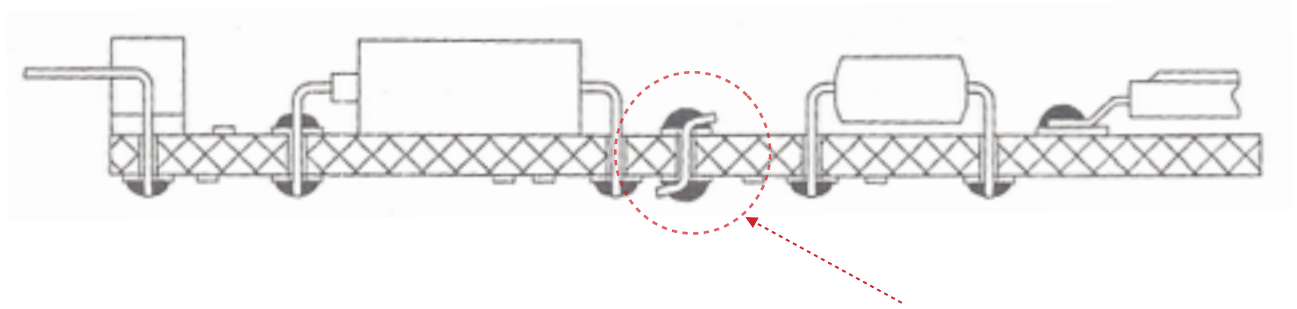
ДДП мають провідний рисунок на обох сторонах діелектричної основи



Елементи встановлюються на одній - лицьовій стороні діелектричної або металевої основи. Електричний зв'язок шарів друкованого монтажу виконується за допомогою металізації отворів.

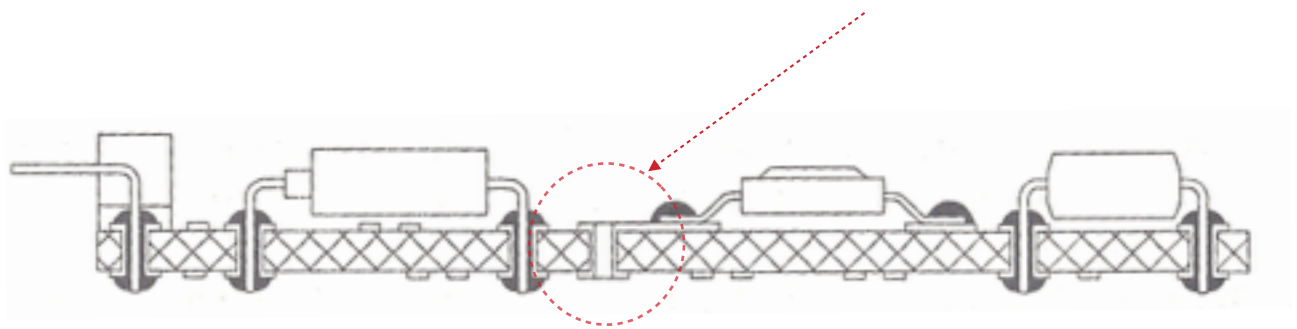
ДПП мають високу трасувальну здатність, високу надійність з'єднань, забезпечують високу щільність монтажу елементів та хорошу механічну міцність їх кріплення, використовуються для **ПМ**.

без металізацією отворів



зверніть увагу яким чином виконується перехід на іншу сторону плати

з металізацією отворів



Розглянемо коротко поняття **металевої основи**.

Металева основа використовується для спец апаратури. Це новий рівень друкованих плат.



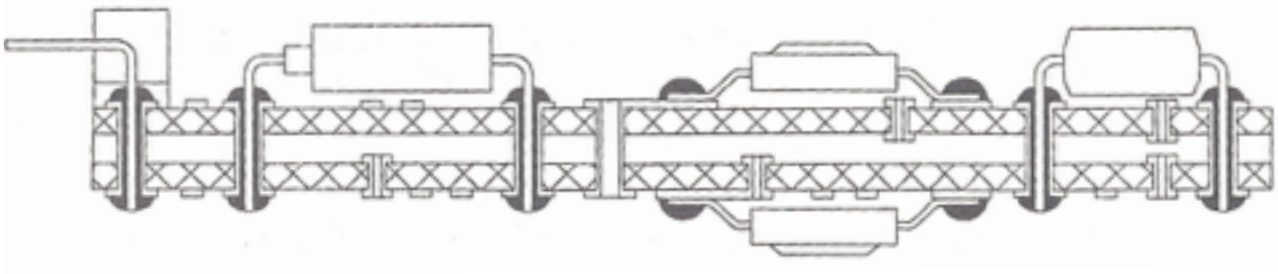
Ці плати прекрасні для поверхневого монтажу. **КМ** наносяться електро-хімічним способом. ЕРЕ з планарними виводами. Ніяких **ПО** в таких **ДП нема**. Ніяких **МО нема**.

ДПП з металевою основою мають кращий тепловідвід, але потребують нанесення ізоляційного покриття та складні у виготовленні (своя технологія).

Багатошарові друковані плати (БДП)

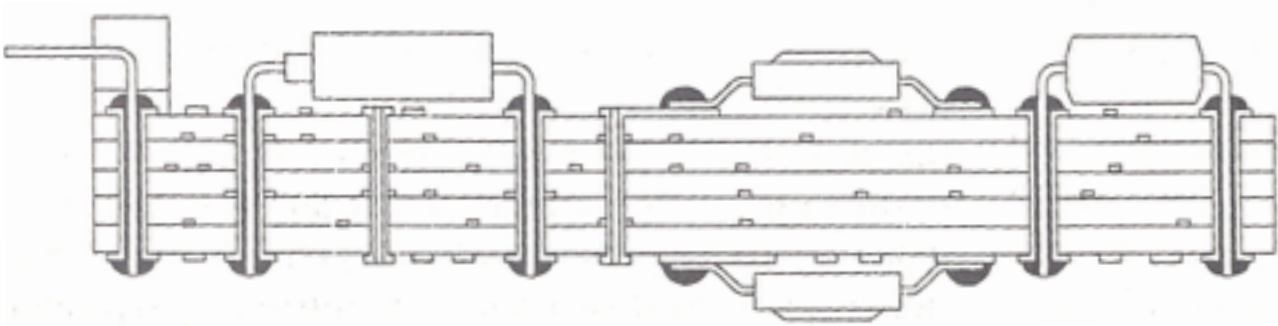
БДП відрізняються високою трасувальною здатністю та щільністю монтажу елементів. Варіантів виготовлення **БДП** багато, але практичне використання мають два.

*Чотирьох-шарові **ДП** попарного пресування.* При виготовленні таких плат використовується технологія **ДДП** з металізацією наскрізних отворів. Ці **ДП** відносно прості у виготовленні та є самим дешевими з багатошарових плат. Вони мають більш високу трасувальну здібність у порівнянні з аналогічними двошаровими платами. Часто такі плати використовують у варіанті, коли два шари відводяться для ланцюгів “земля” та “живлення” (у вигляді сітчатих шарів), а решта - для трасування функціональних ланцюгів.



З появою інших приємів виготовлення **БДП** технологія попарного пресування стала використовуватися рідко.

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



Вартість **БДП** висока та залежить від кількості шарів та технології. **БДП** використовуються у високочастотній ЕА та де потрібно забезпечити мінімальні габарити та вагу.

Матеріал основи.

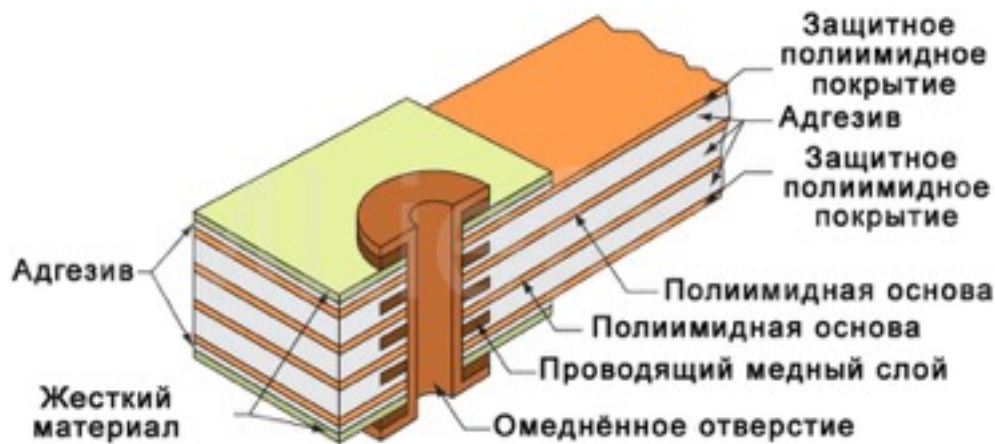
Вибір марки та товщини матеріалу основи надає великий вплив на властивості ДП: жорсткість, об'єм, теплопровідність.

Встановлено розмірний ряд товщин ДП: ..., 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 (враховуючи і БДП)

Найбільше розповсюдження отримали $h_{\text{ДП}} = 1.0; 1.5; 2.0$, які допускають отримати мінімальний діаметр металізованого отвору 0.32; 0.48 мм.

Гнучкі друковані плати (ГДП)

Виготовлення ГДП ґрунтується на використанні в якості вихідного матеріалу багатошарової підкладки, що складається з мідної фольги, клею та гнучкої ізоляційної плівки на основі поліаміду. Цей матеріал широко використовується в електроніці, особливо в апаратурі військового призначення. Він забезпечує стабільність розмірів плати, має високі електричні характеристики, витримує температуру, необхідну для пайки хвилею.



На тій стороні підкладки, де знаходиться шар міді, витравлюється рисунок елементів друкованого монтажу. Отримана структура може бути використана як друкована плата, як плоский друкований кабель або як їх комбінація, тобто гнучка БДП.

ГДП використовуються в першу чергу у виробках, в яких жорсткі обмеження на об'єм та масу, в літальних апаратах та переносній апаратурі. Наступною перевагою ГДП є її здатність вигинатися більш ніж в одній площині або приймати форму корпусу складної конфігурації (наприклад циліндричного).

ГДП мають малу товщину. Вона складає від 0.1 мм до 0.28 мм. Тоді як товщина шароко використовуваних в ЕОА жорстких ДП - 1.5 мм. Така мала товщина в поєднанні з невеликою питомою масою ізолювальної плівки забезпечує малу масу ГДП.

Слід зазначити ще одну перевагу ГДП - їх ударостійкість. Вібрації та удари, що привели б до появи тріщин в жорстких ДП, надають слабкий вплив на ГДП або зовсім не впливають на них. Іменно по цій причині вони нашли застосування в апаратурі, що піддається мезанічним впливам.

Зрозуміло, ГДП мають і свої недоліки. Один з них полягає в тому, що на високих частотах важко забезпечити стабільність характеристичного опору ліній передачі, що утворюється багатошаровою структурою. Другий основний недолік - висока коштовність матеріалу.

Шановні, в ТЗ на КР ми з вами не обговорювали яку ДП будемо конструювати: ОПП, ДПП (діелектрична чи металева основа чи гнучка), БДП. ВИБИРАЙТЕ!

Співвідношення трудомісткості виготовлення таке - ОДП, ДПП, МПП 1, 4, 20