

“Конструкції електричних з’єднань

Розділ 7

- *Вплив електричних з’єднань*
- *Класифікація електричних з’єднань*
- *Вибір та види електричних з’єднань*
- *Друкований монтаж*

Вплив електричних з'єднань

Компонування РЕЗ здійснюється просторовим розміщенням компонентів за рівнями конструкторської ієрархії. Окремі компоненти РЕА (ЕРЕ, ІМС і ін.), елементи конструкторської ієрархії повинні бути електрично з'єднані між собою.

Електричні з'єднання - частини конструкції (лінії передачі (ЛП) і електричні контакти), призначені для забезпечення електрично-нерозривних зв'язків елементів і складових частин РЕА між собою відповідно до принципової або монтажною схеми.

Технологічний процес підключення електроустаткування називається **електромонтажем**.

Якість підключення електроустаткування і його конструктивне і технологічне виконання в значній мірі визначають ефективність і якість конструкції всієї РЕА.

Негативний вплив: електричні з'єднання можуть вносити спотворення, загасання і затримку безперервного або дискретного сигналу при поширенні в електричній лінії зв'язку, а виникаючі в ній паразитні зв'язки та перешкоди можуть порушити нормальне функціонування РЕА (збій цифрового чи зміна параметрів аналогового сигналу – коефіцієнт підсилення, смугу частот, стійкість до збудження, фазовий зсув, ...).

Трудомісткість складальних і електромонтажних робіт при виробництві РЕМ складає 40 ... 60% всієї трудомісткості виготовлення виробів.

Лінії передачі повинні володіти:

- мінімальним активним і реактивним опорам;
- однорідним по довжині лінії хвильовим опором;
- мінімальним полем навколо лінії при протіканні по ній струму;
- здатністю передавати електричні сигнали в широкому діапазоні частот, струмів і напруг;
- мінімальною товщиною ізоляційного шару дроту з діелектричною проникністю, близькою до одиниці;
- здатністю до об'єднання в вузли;
- можливістю здійснювати комутацію без механічної підтримки;
- здатністю до автоматизації при проведенні монтажних робіт.

Вибір та види електричних з'єднань

В конструкціях застосовують різноманітні типи ЛП залежно від функціональних особливостей як ЛП, так і апаратури. На вибір типу ЛП впливають форма переданих сигналів, їх напруга і частота, ослаблення сигналу на одиницю довжини лінії, механічна гнучкість, технологічні вимоги та деякі інші чинники.

Вибір конструктивно-технологічного варіанту виконання електричних з'єднань - важливе і складне завдання, яке значною мірою впливає на якість проекрованої ЕА.

За виконуваними функціями розрізняють:

- **сигнальні ЛП** (об'єднують входи і виходи елементів і модулів і призначені для передачі сигналів),
- **електроживлення** (здійснюють підвід електричної енергії до елементів).
- **зворотний провід**, «земля», лінія нульового потенціалу, загальний провід (протікають зворотні струми сигнальних ліній і ліній електроживлення).

*Виділяють **неекрановані** і **екрановані** ЛП. Екрани забезпечують захист ліній від впливу електричних, магнітних і електромагнітних полів.*

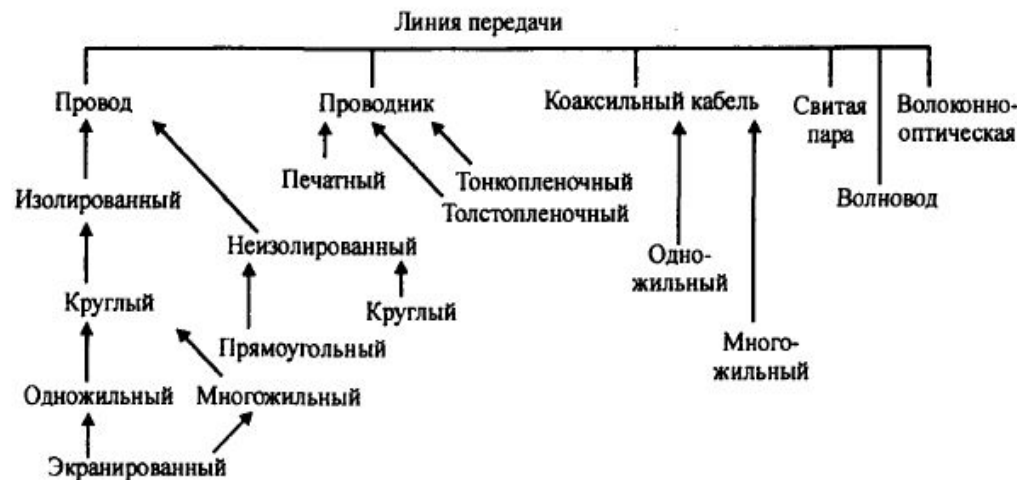
Електричні з'єднання бувають:

*внутрішньо- і міжмодульні,
внутрішньо- і міжчарункові,
внутрішньо- та міжблочні , ...*

Електричний сигнал передається по провіднику струму, яким є металевий дріт, плівкові і друковані провідники. В перерізі дроти бувають круглими або прямокутними, плівкові і друковані провідники - тільки прямокутними. Дроти захищаються ізолюючими діелектричними оболонками, або оболонками і екранами.

Хвилеводами і волоконно-оптичним ЛП передається електромагнітна енергія радіочастотного (хвилевід) і світлового діапазонів (світловід).

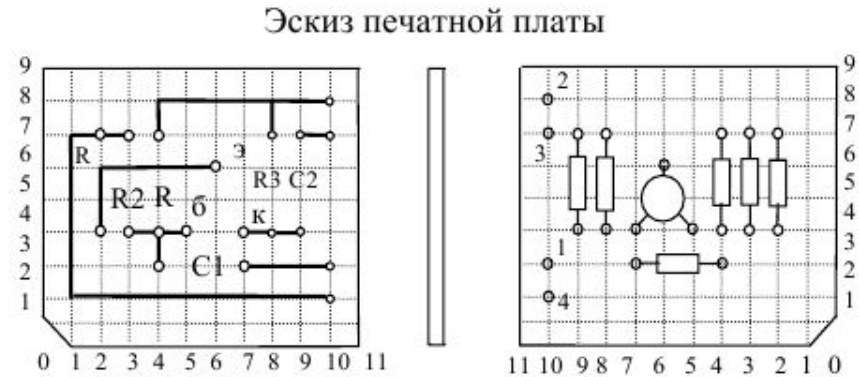
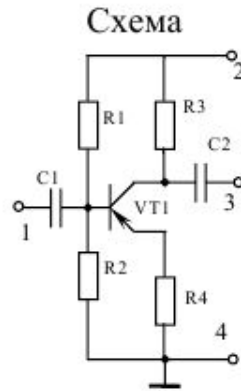
Класифікація електричних з'єднань



Сигнальні лінії передачі

Друкований монтаж

Друкована плата (ДП) - основа друкованого монтажу РЕА, при якому ІМС, напівпровідникові прилади, ЕРЕ і елементи комутації встановлюються на ізоляційну підставку з системою струмопровідних смужок (провідників), якими вони електрично з'єднуються між собою відповідно до електричної принципової схеми.



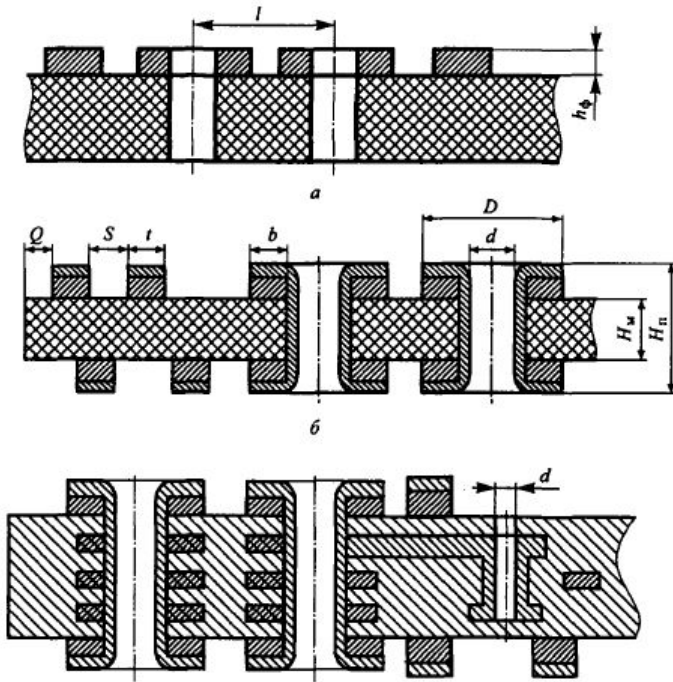
Друкований монтаж – спосіб монтажу, при якому електричне з'єднання елементів електронного вузла, виконано за допомогою друкованих провідників.

Друкований провідник – провідна смужка в друкованому малюнку.

Стандартом визначені такі типи ДП:

- одностороння друкована плата (ОДП) – ДП, на одній стороні якої виконаний провідний рисунок;
- двостороння друкована плата (ДДП) – ДП, на обох сторонах якої виконані провідні рисунки і всі необхідні з'єднання;
- багатошарова друкована плата (БДП) – ДП, що складається з перемежованих шарів ізоляційного матеріалу з провідними рисунками на двох або більше шарах, між якими виконані необхідні з'єднання;
- гнучка друкована плата (ГДП) – ДП, що має гнучку основу;
- гнучкий друкований кабель (ГДК) – система паралельних друкованих провідників, розміщених на гнучкій основі.

Друкований монтаж



t – ширина печатного проводника;
 s – расстояние между печатными проводниками;
 Q – расстояние от края ПП (выреза, паза) до элементов проводящего рисунка;
 b – расстояние от края просверленного отверстия до края контактной площадки (поясок);
 D – диаметр контактной площадки;
 d – диаметр отверстия;
 h_{Φ} – толщина фольги;
 $H_{\text{м}}$ – толщина материала основания печатной платы;
 $H_{\text{п}}$ – толщина ПП;
 l – расстояние между центрами (осями) отверстий.

Друкований рисунок – сукупність всіх елементів на окремому шарі ДП, утворених провідним матеріалом (друковані провідники, контактні площинки, крайові контакти друкованого роз'єму і ін.).

Перемичка ДП – відрізок провідникового матеріалу, який не входить до рисуку ДП і забезпечує електричне з'єднання між двома точками друкованого рисунку на одній стороні ДП (встановлюється при неможливості виконати з'єднання друкованим провідником).

Різновиди отворів на ДП:

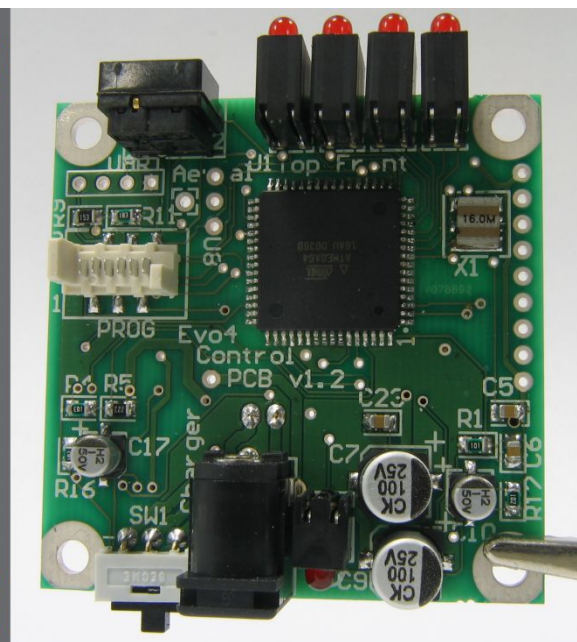
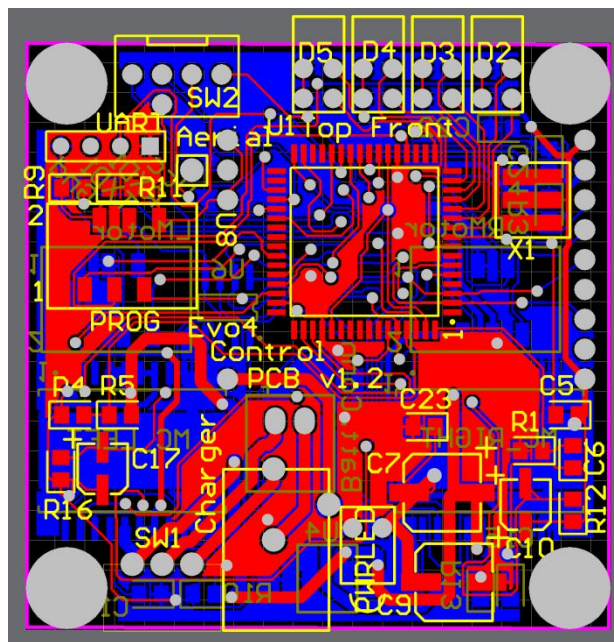
- монтажні (можуть бути металізовані)
- перехідні (з'єднання провідникового рисунку кількох шарів)
- кріпильні (для механічного кріплення ДП на шасі, для кріплення роз'ємів і т.д.).

Кожне монтажне і перехідний отвір має бути охоплено контактним майданчиком.

Послідовність проектування ДП

Етапи проектування друкованих плат

Аналіз завдання
Аналіз електричної принципової схеми плати
Попередній вибір виду друкованої плати
Вибір варіанту електричного приєднання та закріплення плати в приладі
Вибір методу виготовлення друкованої плати
Вибір матеріалу основи друкованого монтажу та провідників
Вибір класу точності та класу щільності друкованого монтажу
Вибір елементної бази
Вибір варіантів встановлення ЕРЕ на платі
Розрахунок необхідної площі плати і вибір її розмірів
Розрахунок параметрів друкованого монтажу
Розміщення ЕРЕ на друкованій платі
Трасування з'єднань
Оформлення комплекту КД



Конструктивні характеристики ДП

Точність виробництва і щільність монтажу ДП залежать від технології виробництва. Існує 5 класів точності плат:

Условные обозначения элементов печатного монтажа	Класс точности ПП				
	1	2	3	4	5
t , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
s , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
b , мм	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025
$\gamma = d/H$	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20
Δt , мм (без покрытия)	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	0; $-0,03$
Δt , мм (с покрытием)	$+0,25$; $-0,20$	$+0,15$; $-0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$
T_b , мм (ОПП, ДПП, ГПК и МПП — наружные слои)	0,15	0,10	0,05	0,03	0,03
T_i , мм (МПП — внутренние слои)	0,20	0,12	0,10	0,05	0,03

1-й і 2-й класи ДП застосовують у випадку малого насичення поверхні ДП дискретними елементами і мікросхемами малого ступеня інтеграції; 3-й клас ДП — для мікросхем зі штирьовими і планарними выводами при середньому і високому насиченні поверхні ДП елементами; 4-й клас ДП - при високому насиченні поверхні ДП мікросхемами з выводами і без них; 5-й клас ДП - при дуже високому насиченні поверхні ДП елементами з выводами і без них. Для поверхневого монтажу елементів використовують в основному 4-й і 5-й класи ДП.

Хімічний і комбінований методи виробництва передбачають процес травлення фольги, а значить, не можуть забезпечити точність вище 3 класу.

Чим вище необхідна точність виробництва плати, тим менші її допустимі розміри.

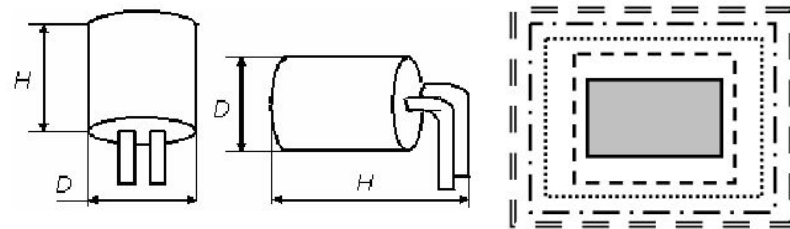
Друковані плати 4, 5 класу отримують за адитивними технологіями, тобто електрохімічними методами нарощування провідників.

Якщо схема містить мікросхему з великою щільністю выводів, то можуть передбачатися БДП.

Конструктивні характеристики ДП

Габаритні розміри ДП визначаються:

- мінімальною площею, яку займають ЕРЕ;
- стандартною сіткою ДП;
- обмеження номенклатури корпусів;
- побажанням замовника.



Мінімальна площа ДП: сума площ, які займають ЕРЕ з урахуванням зон.

$$S_{\text{ДП}} = 1 \sum S_{\text{мг}} + 1,5 \sum S_{\text{сг}} + 2(\text{чи } 3) \sum S_{\text{вг}}$$

$S_{\text{мг}}$, $S_{\text{сг}}$, $S_{\text{вг}}$ – площі мало-, середньо- та великогабаритних ЕРЕ.

Стандартна сітка. Розміри плати повинні бути кратні:

- 2,5 мм при значенні розмірів менше 100 мм;
- 5 мм при значенні від 100 мм до 350 мм;
- 10 мм при значенні більше 350 мм.

Допуски на лінійні розміри сторін друкованої плати повинні відповідати ГОСТ 25346 і ГОСТ 25347. Для спряжених розмірів ДП (наприклад, для установки) встановлюється допуск по 12-му квалітету, для неспряжуваних – по 14-му.

Відхилення від перпендикулярності ДП не повинно бути більше 0,2 на 100 мм довжини.

- Площадь, определяемая физическим объемом ЭРЭ без учета зон
- - - Границы тепловой зоны
- Границы зоны коммутации
- · - Границы зоны под автоматизированную сборку
- = = Границы зоны электромагнитного влияния

Размер сторон печатных плат, мм					
Ширина	Длина	Ширина	Длина	Ширина	Длина
22,5	60	70	(70); (90); 110; 120; (140); 150	120	140; (160); 180; 200; 220; 240; 280
30	40; 55; 60; (90)	75	170	130	150; 170; 200; 300
35	100	80	80; 90; 100; (110); 140; 160; 200; 240	140	(140); 150; 220; 240; 280
40	(40); 50; 60; (80); 100; 120	85	150	150	170; (180); 200; 240; 280
50	(50); 60; (70); 75; 80; 100	90	(90); 100; 110; 120; 130; 150; 160; 170; (180); 200; 260	160	200; 210; 240; 320
60 62,5	60; (75); 80; 90; (100); 125	100 105	100; 110; 120; 150; 160; (170) 125; 130	170 185	170; 200; 240; 250; 270; 280; 300; 340 205; 270
65	90; 100	110	150; (160); 170; (200); 260	200	220; 240; 3200
				240	300; 320

Конструктивні характеристики ДП

Координатна сітка ДП необхідна для координації елементів друкованого рисунку. У вузлах сітки розташовуються монтажні і перехідні отвори.

Основними кроками координатної сітки для метричної системи: **2,5 1,25 0,625 0,3125**.

При використанні мікросхем закордонного виробництва з відстанями між виводами в дюймовій системі допускається використання кроку координатної сітки, кратного **2,54мм**.

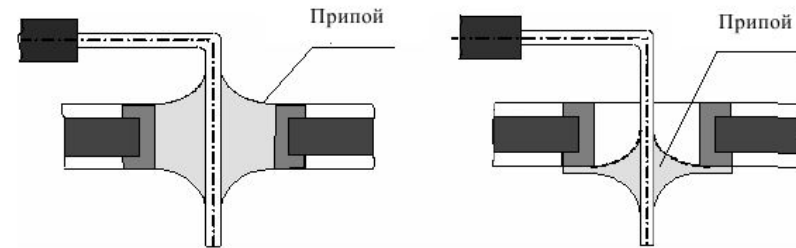
Основними кроками координатної сітки для метричної системи: **2,54 1,27 0,635 0,3175**.

Діаметри монтажних і перехідних отворів (металізованих і неметалізованих) повинні відповідати ГОСТ 10317-79 і вибиратися з ряду

0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0.

$$D_{\min} = d_0 + \Delta d_{BO} + 2b_{\min} + \Delta t_{BO} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{HO}^2},$$

де d_0 - діаметр отвору; Δd_{BO} - допуск на діаметр отвору (верхнє відхилення); $b_{\min}$ - відстань від краю отвору до краю контактної площадки; $\Delta t_{BO(HO)}$ - допуск на ширину друкованого провідника; T_D - позиційний допуск, похибка в розміщенні контактних майданчиків; T_d - позиційний допуск, похибка в розміщенні центрів отворів.



Для плат 3-го класу точності маємо наступні значення параметрів:

- Δd_0 залежить від d_0 : якщо $d_0 \leq 1$ мм, $\Delta d_0 = \pm 0,05$ мм; якщо $d_0 > 1$ мм, $\Delta d_0 = \pm 0,1$ мм;

- $b_{\min} = 0,1$ мм в 3-му класі;

- похибка ширини провідника $\Delta t = \pm 0,1$ мм;

- якщо плата мала $\ell < 180$ мм, $T_d = 0,08$ мм;

$180 < \ell < 360$ мм, $T_d = 0,1$ мм;

$\ell > 360$ мм, $T_d = 0,15$ мм;

- $T_D = 2T_d$

рисунку

До параметрів елементів друкованої схеми, які необхідно визначити перед трасуванням, відносяться:

- діаметри монтажних і перехідних отворів;
- форма і розміри контактних майданчиків;
- розміри друкованих провідників;
- відстані між елементами друкованого малюнка.

Форма контактних площинок (КП):

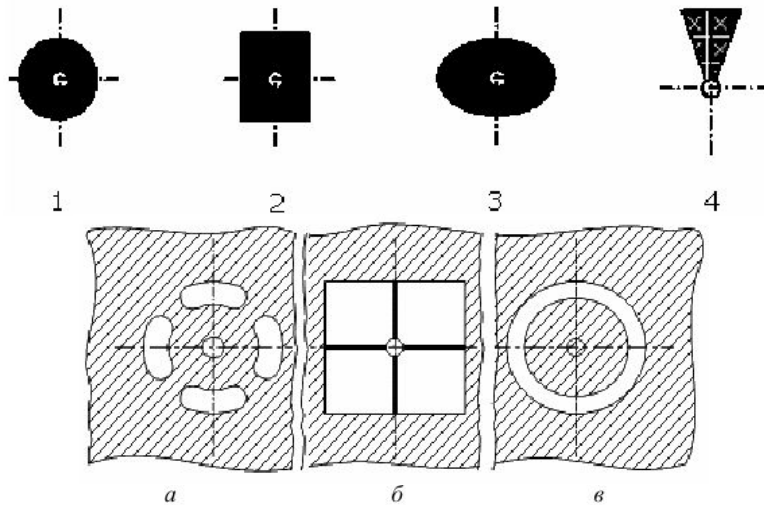
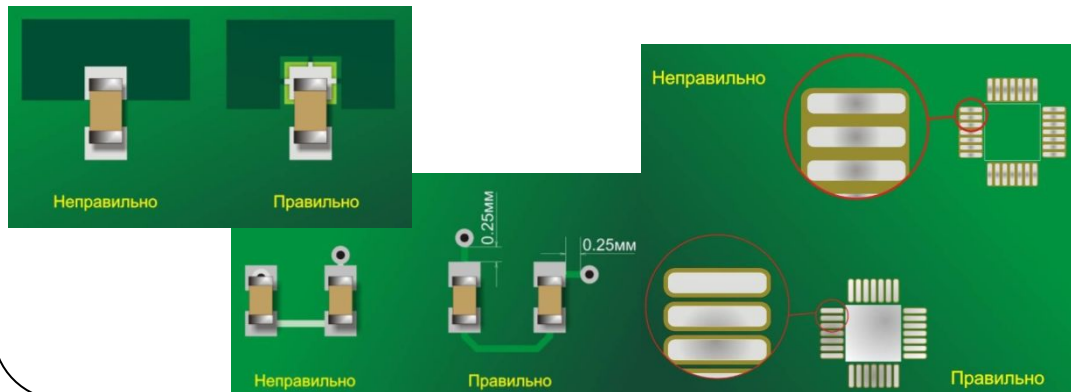
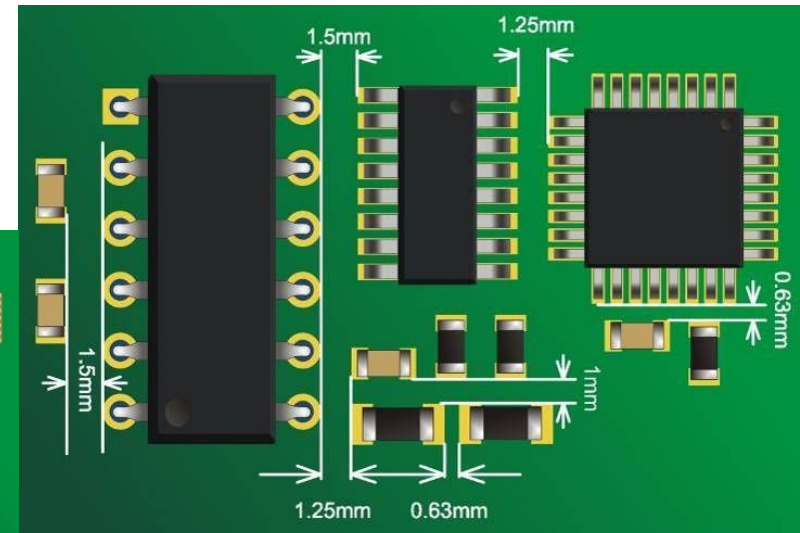


Рис. Формирование контактных площадок в зоне экрана:
а, б – при электрическом контакте с экраном; в – без электрического контакта



Найпоширеніша КП – кругла, більш технологічна і забезпечує рівномірне розтікання припою. Овальна КП при рівномірному розтіканні припою створює більш міцне і надійне з'єднання. Прямокутна контактна площадка, через нерівномірність розтікання припою і, відповідно, низької якості з'єднання, для монтажу виводів ЕРЕ в отвори практично не застосовується. Основне її призначення - КП для пайки планарних виводів мікросхем і безкорпусних ЕРЕ та позначення ключових виводів. Клиновидні КП застосовуються у вузьких місцях при нестачі площі під інші типи контактних майданчиків.



рисунок

Реперні мітки:

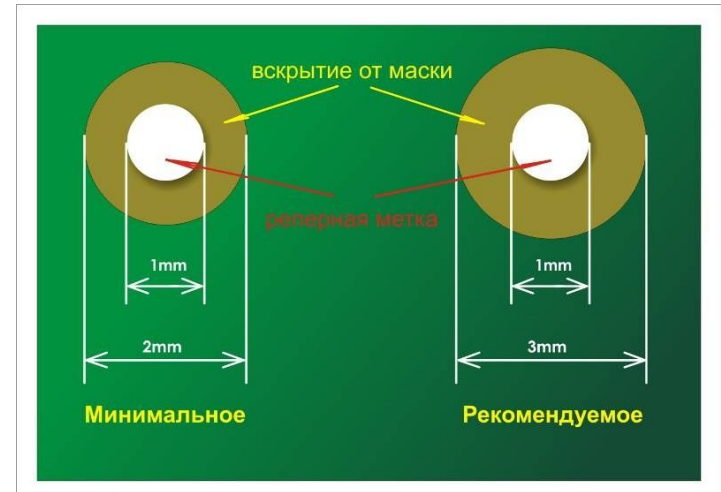


Рис. 8. Принципы расположения реперных знаков: а- размещение глобальных и общих локальных реперных знаков, б - рекомендуемое размещение локальных реперных знаков..

рисунку

Ширина друкованих провідників визначається від щільності струму і від технологічних обмежень.

У друкованому провіднику щільність струму $j_{\text{дон}} = 20 \text{ А/мм}^2$. В навісному монтажі з ізоляцією щільність струму 10 А/мм^2 .

Залежно від струму через провідник, ширина провідника розраховується за формулою:

$$j = I / (t \cdot \delta), t = I / (\delta \cdot j_{\text{дон}}),$$

де t - ширина провідника; h , δ - товщина провідника.

Якщо $\delta = 50$ мкм, то на кожен ампер струму необхідно 1мм ширини провідника.

Якщо струми схеми малі, то ширину провідника вибирають виходячи з можливостей виробництва: у вузькому місці за мінімальним значеннями в обраному класі; у вільному — на клас менше.

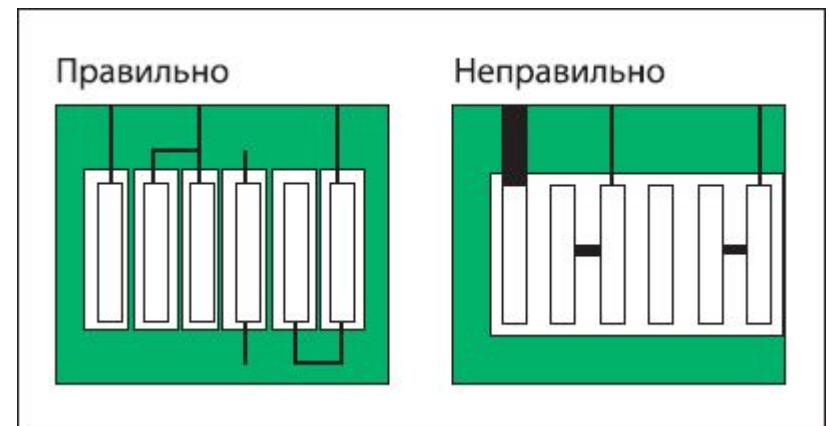
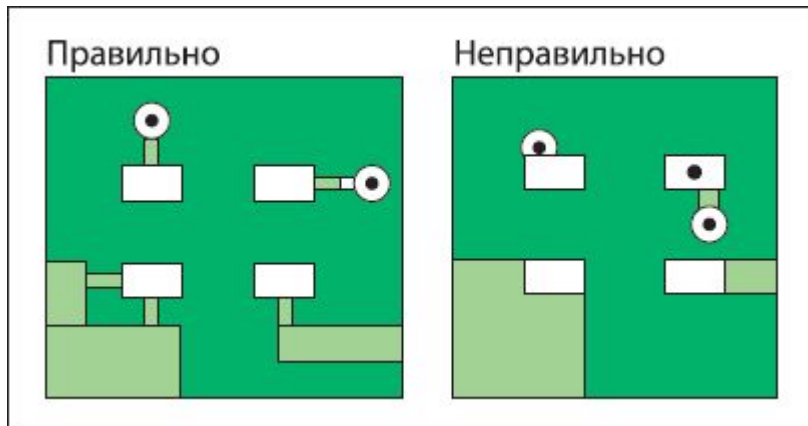
$$t = t_{\text{min}} + |\Delta t_{\text{н.в.}}|$$

Мінімально допустима ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на 3%:

$$t = \frac{l \cdot I_{\text{max}} \cdot \rho}{h \cdot U_{\text{жив}} \cdot 0,03}$$

Якщо напруги малі, то зазор вибирають виходячи з можливостей обраного класу точності.

Вимоги при розміщенні провідників друкованого монтажу: довжина друкованих провідників повинна бути мінімальною.



КОНСТРУКЦІЇ СИГНАЛЬНИХ ЛП

Монтажні дроти. Матеріалом струмопровідних жил дротів є мідь і її сплави. Зменшення габаритів апаратури, зменшенням довжин і діаметрів монтажних дротів, посиленням вимог механічних дій, призвело до застосування мідних сплавів, що мають вищу міцність на розрив і гнучкість при невеликому погіршенні провідності.

Монтажні дроти бувають одножильними і багатожильними. Висока гнучкість, довговічність і надійність дроту в умовах дій ударів і вібрацій забезпечується звиванням декількох поодиноких дротів в багатожильний. Промисловість випускає багатожильний дріт на 3, 7, 12, 17, 19, 27 і 37 круглих жил. Багатожильний дріт з сумарною площею поперечного перерізу струмопровідних жил, рівній площі поперечного перерізу поодинокого дроту, має декілька більший діаметр і вартість, які зростають із збільшенням числа жил.

Підвищення механічної міцності багатожильних проводів досягається введенням в конструкцію дроту центральної зміцнюючої сталеві жилки. Захист від електричного замикання дроту на корпус виробу або на сусідній дріт здійснюють нанесенням на струмопровідну жилу ізоляційного покриття. Нині існує велика різноманітність різноманітних типів ізоляційних покриттів.

Дріт вибирають виходячи з необхідних умов експлуатації, навантаження по струму, допустимого падіння напруги, витоку струму, діелектричної міцності. Одножильні дроти рекомендується використовувати в стаціонарній апаратурі, яка не підпадає під дію ударів і вібрацій. Збільшення числа жил дроту підвищує його стійкість до багаторазових перегинів в умовах дії вібрацій. Багатожильні дроти застосовують в бортовій апаратурі.

Рекомендовано наступний розмірний ряд перерізів струмопровідних жил монтажних дротів: 0,03; 0,05; 0,08; 0,12; 0,20; 0,35; 0,50; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5 мм². Вибір діаметру дроту залежить від протікаючого струму і допустимого перегрівання дроту.

КОНСТРУКЦІЇ СИГНАЛЬНИХ ЛП

Монтажні дроти. В таблиці приведені марки широко використовуваних монтажних дротів.

Розрахункові формули для монтажних проводів:

- опір $R = 1,27\rho l/d^2$;
- довжина $l = 0,785 Rd^2/\rho$;
- допустимий струм $I = 0,785jd^2$;
- падіння напруги $U = I\rho \frac{l}{s}(1 + \alpha \Delta t)$

де ρ — питомий опір матеріалу проводу, Ом•мм²/м; d — діаметр проводу, мм; l — довжина проводу, м; s — переріз проводу, мм²; j — щільність струму, А/мм²; I — струм, А; α — температурний коефіцієнт опору матеріалу проводу; Δt — перегрів проводу, °С; U — напруга, В.

Марки монтажних дротів

Дріт монтажний	Марка	Темп., °С	Сфера застосування
З волокнистою і поліхлорвиниловою ізоляцією	МШВ, МГШВ, МГШВЭ, МГВ, МГВЭ, МГВЛ, ПМВ, ПМОВ, ПМВГ	-60/+70	Фіксований внутрішньо- і міжприладовий монтаж пристроїв для польових умов
З поліхлорвиниловою ізоляцією	МГТЛ, МГТЛЭ	-60/+70	Фіксований монтаж слабострумової апаратури
З лавсановою ізоляцією, теплостійкий	МГТФ, МГСТФ, МГТФЭ	-60/+150	Фіксований і гнучкий внутрішньо-приладовий монтаж
Малих перерізів	ПМП, ПМПЭ, ПМПЛ	-60/+70	Монтаж слабострумної апаратури
З поліетиленовою ізоляцією підвищеної теплостійкості		-60/+220	Внутрішньо- і міжприладовий монтаж

Допустимі струми навантаження мідних дротів

Електричний параметр	Діаметр, мм									
	0,25	0,35	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,5
Густина струму, А/мм ²	14	13	12	10	10	10	9	9	8	8
струм, А	0,7	1,3	2,5	4	7	10	14	17	20	30

Щільність струму для різних діаметрів дротів при тривалих допустимих струмових навантаженнях, що призводять до перегріву дроту. Для дротів малих діаметрів має місце велика щільність струмів за рахунок активнішого теплообміну з довкіллям.

Таблица Удельное сопротивление и температурные коэффициенты сопротивления металлов проводов

Металл	Удельное сопротивление, Ом · мм ² /м	Температурный коэффициент материала провода, °С ⁻¹
Бронза	0,08	0,004
Латунь	0,03...0,06	0,002...0,007
Медь	0,0175	0,004
Алюминий	0,028	0,004

КОНСТРУКЦІЇ СИГНАЛЬНИХ ЛП

Звита пара. Звиту пару отримують переплетенням між собою з певним кроком двох ізольованих дротів. При звиванні дротів знижуються електромагнітні зв'язки між ланцюгами і підвищується їх захищеність від взаємних і зовнішніх завад. При впливі зовнішнього магнітного поля на виту пару в кожному витку індукується струм, значення якого пропорційно площі витка. Оскільки площі витків практично однакові, то і наведений струм в витках однаковий по амплітуді і по напрямку. За рахунок зміни напрямку проводів від витка до витка при звивці наведені струми в парі витків компенсують один одного. Таким чином, при парній кількості витків сумарний наведений струм буде дорівнює нулю, а при непарному - дорівнює наявному струму в одному витку.

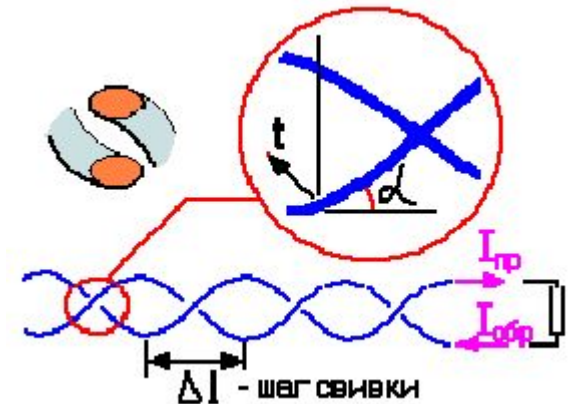
Для ЛП з діаметром жил 0,9-1,2 мм крок звивання має бути 100-300 мм, для діаметрів 0,3-0,8 мм крок вибирають в межах 40-90 мм. Для різних кроків звивання коефіцієнти послаблення завад складають наступні значення:

Крок звивання, мм	100	75	50	25.
Коефіцієнт послаблення, дБ	23	37	41	43.

Хвильовий опір звитої пари обчислюється за формулою:

$$Z_0 = \frac{276 \lg \left(\frac{2d_i}{d} \right)}{\sqrt{\frac{1}{2}(\epsilon_I + \epsilon_{II})}},$$

де ϵ_I – відносна діелектрична проникність повітря, ϵ_{II} – ізоляції дротів,
 d_i і d – діаметр дроту з ізоляцією і без ізоляції.



Звита пара відрізняється підвищеним хвильовим опір, що є позитивним. Все це визначає широке застосування звитої пари для створення комп'ютерних мереж.

Звита пара забезпечує хороший захист сигналів від впливу електромагнітних завад до частоти 100 кГц і задовільну до частоти 10 МГц, гарантуючи при цьому постійність хвильового опору.

КОНСТРУКЦІЇ СИГНАЛЬНИХ ЛП

Коаксіальний кабель. Поліпшення завадозахищеності ЛП у високочастотній апаратурі забезпечується застосуванням коаксіальних кабелів. Коаксіальний кабель є двопровідною ЛП, що складається із зовнішнього трубчастого провідника (обплетення), усередині якого співвісно розташовано дріт, відділений діелектричним середовищем від обплетення.

Промисловість випускає коаксіальні кабелі з хвильовим опором від 50 до 3200 Ом і номінальним діаметром від 0,6 до 120 мм.

Марка кабелю вказує на його тип, хвильовий опір, діаметр, групу ізоляції і термостійкість, порядковий номер розробки. Наприклад, марка кабелю РК-50-4-11 означає, що це радіочастотний кабель з хвильовим опором 50 Ом, діаметром 4 мм, звичайної термостійкості 1 з порядковим номером розробки 1.

Коаксіальний кабель використовують для передачі різноманітних сигналів в широкому частотному діапазоні. Постійність електричних параметрів, висока захищеність від електричних і електромагнітних полів обумовлює широке використання коаксіальних кабелів.

При міжприладовій комутації низькочастотної апаратури обплетення коаксіального кабелю для запобігання появі контурів заземлення заземляється на одному кінці через виводи електричного з'єднувача. Обплетення кабелю високочастотної апаратури з'єднується з лінією нульового потенціалу в декількох точках через інтервал $\lambda/4$, де λ – довжина хвилі сигналу на найвищій частоті. При протіканні значних струмів по лінії нульового потенціалу багатоточкове заземлення кабелю втрачає свою ефективність.

Наявність обплетення коаксіального кабелю призводить до різкого зростання ємності між прямим провідником та екраном, що обов'язково повинне враховуватись на етапі проектування схем. Коаксіальні кабелі мають значні габарити, складні в монтажі і рекомендуються до використання для внутриньомодульної та міжмодульної комутації.



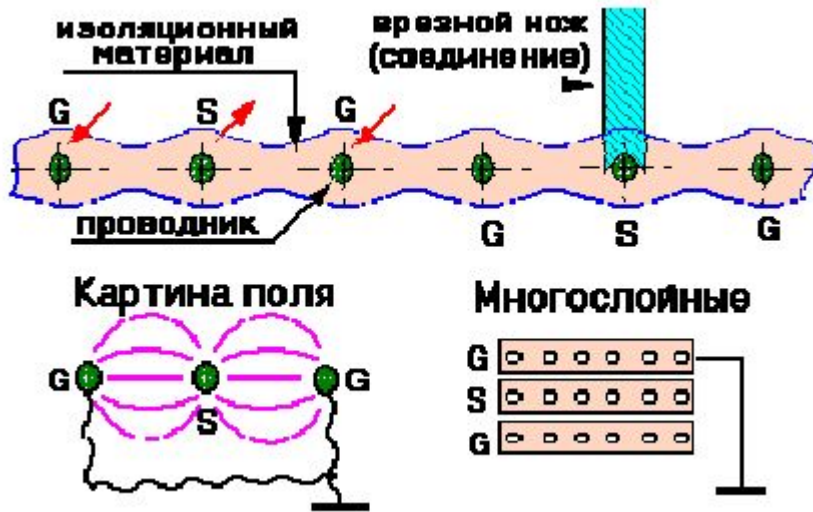
Таблица 5.5. Основные марки коаксиальных кабелей

Кабель	Марка	Рабочая температура, °С	Область применения
Радіочастотные со сплошной изоляцией	РК-50-2 РК-75-4 РК-100-7 РК-50-9 РК-75-9	-60 ... +70	Стационарная и передвижная аппаратура
Спиральные	РС-400-7 РС-1600-7	-60 ... +85	Элементы задержки импульсных сигналов
Радіочастотные теплостойкие малогабаритные	РКТ-72 РКТ-73	-60 ... +125	Внутриблочный монтаж

КОНСТРУКЦІЇ СИГНАЛЬНИХ ЛП

Плоскі стрічкові кабелі. Найпоширеніший приклад плоского кабелю - комп'ютерні шлейфи. В плоских кабелях локалізація електромагнітного поля проводиться за рахунок ряду провідників, що мають функцію екрану. Найбільш типова структура ЕКРАН-ПРОВІДНИК-ЕКРАН, або G-S-G (Земля-Сигнал-Земля).

Картину поля системи двох провідників:



У разі необхідності застосовують багатошарові конструкції, в яких зовнішні шари являють заземлені провідники і виконують роль екрану.

Сполучення в плоскому кабелі виконуються за допомогою спеціальних контактних пристроїв, які дозволяють прорізати ізоляцію і механічно контактувати з провідником.

КОНСТРУКЦІЇ СИГНАЛЬНИХ ЛП

Волоконно-оптичні ЛП. Використання багатожильних волоконнооптичних кабелів дозволяє значно зменшити об'єм і масу електричних з'єднань і виключити вплив перехресних перешкод. Основу волоконно-оптичної ЛП складає оптичний кабель - світлопровід, з прозорої серцевини, і оболонки, з різними показниками коефіцієнтів заломлення. Передача світлового сигналу відбувається із-за заломлення і багатократного повного віддзеркалення енергії сигналу на межі серцевини і оболонки при переході з середовища з одним коефіцієнтом заломлення в середовище з іншим коефіцієнтом заломлення.

n_1, n_2 - коефіцієнти заломлення діелектричних середовищ; Θ_0 - кут повного внутрішнього відбиття;

α - кут падіння променя на світловод:

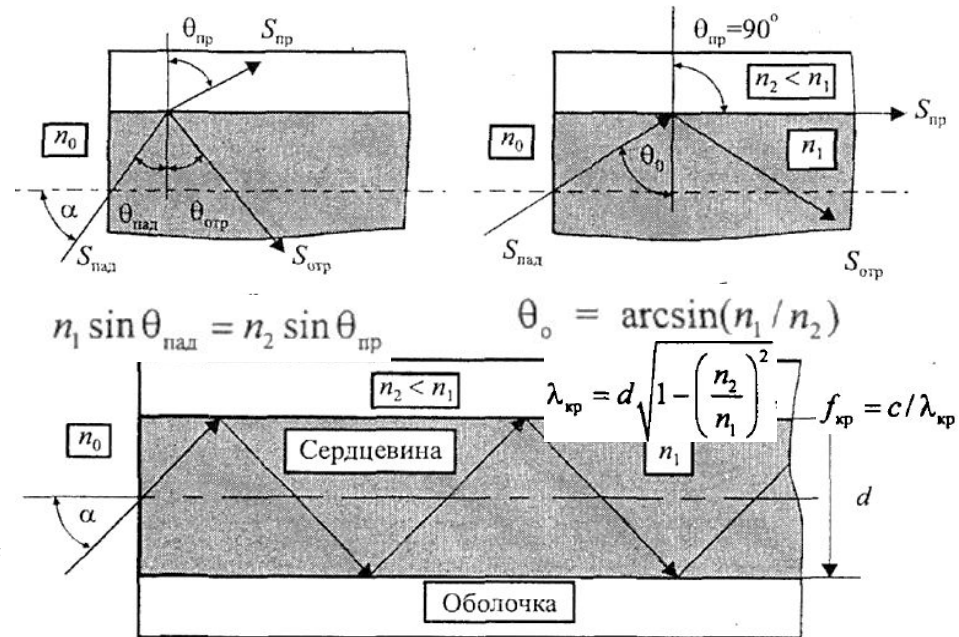
$$\alpha = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_0} \cos \theta_{\max}\right)$$

Величина ослаблення сигналу:

$$B = \frac{20 \lg\left(\frac{P_{in}}{P_{out}}\right)}{l}$$

де P_{in} і P_{out} - потужність оптичного сигналу на вході і виході світлопровода, l - довжина світлопровода.

Пропускна спроможність ЛП характеризується послабленням сигналу, яке зазвичай не перевищує 5дБ/км. Послаблення збільшується за наявності неоднорідностей і викривлень світлопровода і досягає максимуму, якщо радіус вигину стає рівним 1/2 довжини хвилі переданого сигналу. Проте для більшості матеріалів світлопроводів обмеженням на мінімальний радіус вигину (звичайний близько 50 мм) є не надмірне послаблення сигналу, а розтріскування матеріалу світлопровода. Послаблення для кварцових світлопроводів складає не більше 2 дБ/км при діаметрі світлопровода 200 мкм і радіусах вигину 50 мм.



Як матеріал світлопроводів використовують полімери, скло, кварц. Світлопроводи поставляються відрізками завдовжки до 100 м. Відрізки можна зрощувати після шліфування торців склеюванням, нагрівом кінцевих частин, зрощенням під тиском, сполучними металевими або пластмасовими втулками, що надіваються на кінцеві частини відрізків, які підлягають зрощуванню.

КОНСТРУКЦІЇ СИГНАЛЬНИХ ЛП

Волоконно-оптичні ЛП. Оптичний кабель складається із скручених світлопроводів в загальній захисній оболонці. По конструктивному виконанню багатожильні волоконнооптичні кабелі різні і відрізняються числом і формою укладання світлопроводів, способом об'єднання в єдину конструкцію, захистом від зовнішніх впливів. Кожен світлопровід покривається одно- або двошаровою захисною оболонкою. Зовнішня захисна оболонка об'єднує світлопроводи в єдину жорстку конструкцію, забезпечуючи захист від зовнішніх впливів. Центральна металева жила надає оптичному кабелю додаткову жорсткість.

Оптичні кабелі за призначенням можна класифікувати:

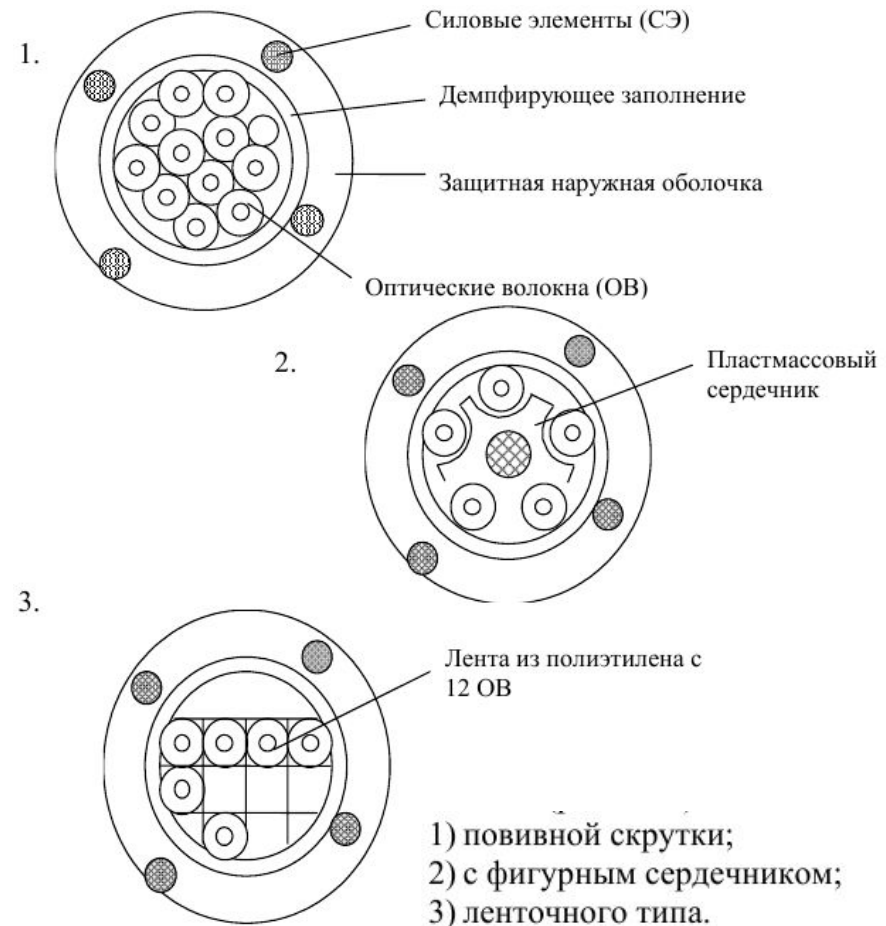
- 1) міжміські;
- 2) міські;
- 3) об'єктові;
- 4) підводні.

Міжміські кабелі призначені для передачі інформації на значні відстані, повинні володіти малим загасанням і великою інформаційно-пропускною спроможністю.

Міські використовуються для зв'язку в місті між АТС і вузлами зв'язку, працюють, як правило, на малих відстанях (5-10 км) без регенераторів.

Об'єктові використовуються для передачі інформації всередині об'єкта: відеотелефонний зв'язок, мережа кабельного телебачення, бортові мережі (літак і т.п.).

Підводні застосовують для зв'язку під водою на великих відстанях. Вони повинні володіти високою механічною міцністю і мати надійне вологостійке покриття, мале загасання, великі довжини регенераційних ділянок.



Сигнальні електричні з'єднання

Лінії електроживлення представляють собою об'ємні дроти, плівкові і друковані провідники, або провідні пластини.

*Конструктивне виконання **сигнальних ЛП** більш різноманітно і багато в чому визначається частотним діапазоном переданих сигналів. Лише оцінивши характер спотворення сигналів в ЛП, можна правильно її застосувати.*

*Всі сигнальні лінії зв'язку поділяють на **електрично довгі** і **електрично короткі**, характер спотворення сигналів в яких різний.*

Електрично короткою (далі короткою) називають ЛП, довжина якої l_k для гармонійного сигналу визначається за виразом

$$l_k \leq 0,1\lambda \leq c/(\sqrt{\epsilon}f),$$

де λ , f - довжина хвилі і частота сигналу; c - швидкість світла; ϵ - відносна діелектрична проникність середовища, навколо лінії передачі.

При розкладанні імпульсного сигналу в спектр в ньому слід виділити гармоніку найбільшої частоти і для неї визначити довжину короткої лінії (верхню межу частоти орієнтовно можна знайти за формулою $f=0,4/t_\phi$, де t_ϕ - мінімальне значення фронту імпульсного сигналу на рівні 0,1 і 0,9 амплітудного значення сигналу).

Довгу або коротку ЛП можна встановити зі співвідношення фронту переданого імпульсу t_ϕ і часу затримки проходження сигналу по лінії t_3 . Якщо має місце нерівність $t_\phi/t_3 > 2$, то ЛП електрично коротка, якщо ж зберігається співвідношення $t_\phi/t_3 < 2$, то - електрично довга.

Електрично короткі ЛП

При аналізі електричних процесів коротку ЛП моделюють еквівалентною схемою, що складається з ємності і індуктивності ЛП, або тільки ємності, зосередженими в одній точці, а не розподіленими по всій довжині лінії. При цьому нехтують активним опором лінії через його мале значення.

На рис. а показані модулі 1 і 2, електрично з'єднані короткою ЛП. Модуль 1, формуючий сигнал, представляється джерелом напруги і з послідовно включеним опором R_1 . Модуль 2 є приймачем сигналу і моделюється опором R_2 . Величини опорів R_1 і R_2 цифрових схем залежать від стану 0 або 1, в якому ці схеми знаходяться.

При $R_2 \gg R_1$ еквівалентну схему індуктивно-ємнісної короткої лінії спільно з опором R_1 можна представити резонансним контуром (рис. б), в якому можуть виникнути коливання (що діють як завади) з частотою:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} + \frac{R_1^2}{4L^2}}$$

В результаті коливного процесу напруга на вході схеми 2 може багаторазово перетнути поріг спрацьовування і викликати багатократну зміну її логічного стану.

Якщо коливання в ЛП припиняться за мінімальний час тривалості фронту переданого по лінії сигналу, то вони не вплинуть на працездатність апаратури. Умова відсутності коливань в лінії виконується при $L \leq CR^2/4$. В цьому випадку індуктивністю лінії можна нехтувати (рис. в).

Реакція ємнісної ЛП (в) на синусоїдальний сигнал проявлятиметься в зменшенні амплітуди вихідної напруги і зрушенні фази вихідного сигналу відносно вхідного. У загальному випадку сигнали на вході і виході ЛП можуть істотно відрізнятися. Якщо ЛП навантажуються на порогові схеми, то при поданні на вхід ЛП прямокутного імпульсу амплітудою U час спрацьовування схеми затримується на величину:

$$t_{\text{сп}} \geq \tau \left| \ln(1 - U_{\text{пор}} / U) \right|,$$

де $t = R_1/C$ – постійна часу, $U_{\text{пор}}$ – порогова напруга логічного елемента.

Якщо тривалість імпульсу багато більше τ , то ЛП передасть імпульс практично без спотворень. Інакше лінія передачі поводитиметься подібно до інтегруючого RC – ланцюга, знижуючи амплітуду імпульсу і згладжуючи його фронти.

Модель у вигляді ємності найкраще використовувати при аналізі схем, де управління ведеться напругою, а струми в ланцюгах відносно малі. Модель у вигляді індуктивності застосовується в ланцюгах, де протікають досить великі струм. У загальному випадку частіше використовується ємнісна модель.

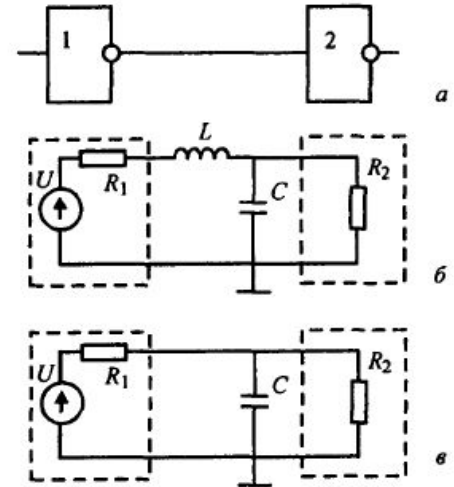
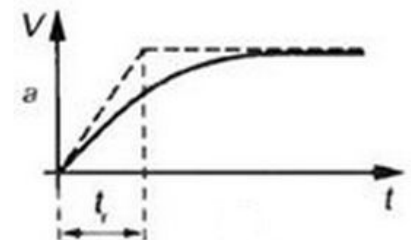


Рис. Электрически короткая линия передачи (а), индуктивно-емностная (б) и емностная (в) расчетные схемы



Перехресні завади в ЛП

Перехресні перешкоди обумовлені електричним, магнітним і електромагнітним взаємодією розташованих по сусідству ЛП. Вимоги мікромініатюризації (збільшення щільності упаковки провідників) ставлять перед конструктором важливу задачу зменшення перешкод до рівнів, які не впливають на точну і надійну роботу апаратури.

На рис. модулі, що формують сигнал, розташовані зліва, приймачі - справа. Перешкоди на вході U_3 і виході U_4 пасивної лінії передачі ЛП2 від паралельно розташованої активної ЛП1, по якій передається сигнал можна представити у вигляді (за умови одностороннього впливу):

$$U_3 = C \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \frac{dU}{dt} + M \frac{R_3}{R_3 + R_4} \frac{dI}{dt};$$

$$U_4 = C \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \frac{dU}{dt} - M \frac{R_4}{R_3 + R_4} \frac{dI}{dt},$$

$$U_3 \approx C \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \frac{\Delta U}{t_\phi} + M \frac{R_3}{R_3 + R_4} \frac{\Delta I}{t_\phi};$$

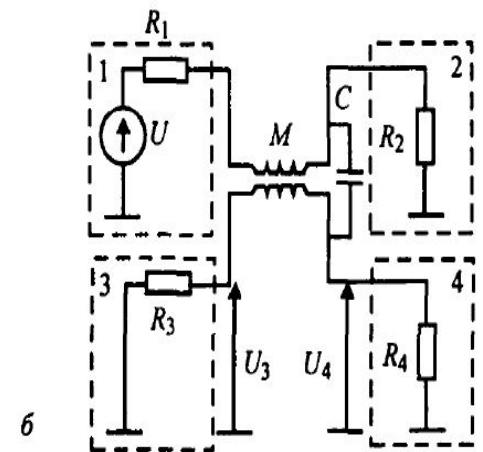
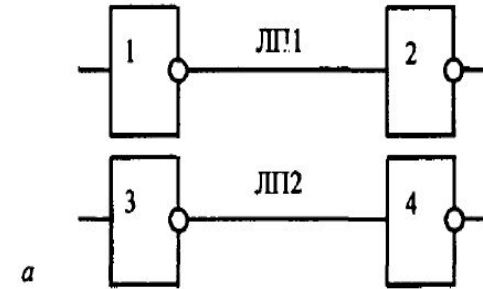
$$U_4 \approx C \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \frac{\Delta U}{t_\phi} - M \frac{R_4}{R_3 + R_4} \frac{\Delta I}{t_\phi},$$

Для імпульсних

де R_1, R_3 та R_2, R_4 – відповідно входні та вихідні опори модулів; C, M – ємність і взаємна індуктивність між ЛП. На вході приймального модуля 4 виникає перешкода U_ϕ , рівна різниці двох складових – ємнісної і індуктивної.

Заходи по зменшенню паразитних значень M і C : Знизити значення паразитної ємності між ЛП можна зменшенням довжини спільного паралельного розташування проводів на мінімально можливу відстань один від одного; збільшенням зазору між ними; укладанням проводів, що передають різні за рівнями сигнали, в окремі джгути; наближенням ЛП до землі (земля виконує функцію екрана); введенням екранованих проводів; використанням коаксіальних кабелів.

Послабити взаємну індуктивність можна за рахунок рознесення ЛП якнайдалі один від одного; зменшенням площ контурів, утворених проводами, по яких протікають прямі і зворотні струми ЛП; використанням екранованих проводів, звитих пар, коаксіальних кабелів.



Електрично довгі ЛП

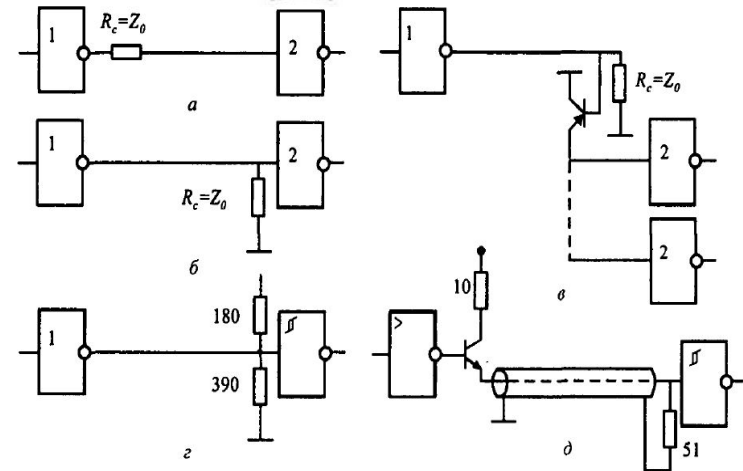
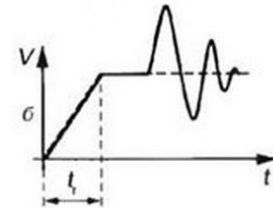
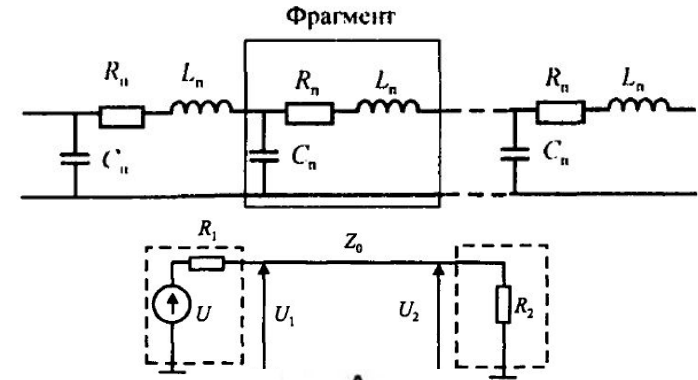
Параметри лінії є розподіленими вздовж її довжини, на еквівалентній електричній схемі ЛП їх апроксимують зосередженими, Опір і індуктивність лінії вводяться тільки в прямий провід, але з урахуванням опорів і індуктивностей зворотного дроти. Найважливіша характеристика електрично довгої ЛП це хвильовий опір Z_0 :

При передачі сигналів по др $Z_0 \approx \sqrt{\frac{L_n}{C_n}}$ іях важливо узгодити опори навантаження з хвильовим опором лінії.

При передачі гармонічних сигналів неузгодженою лінією одночасно присутня пряма хвиля (падаюча), і зворотна хвиля (відбита).

Зменшення або повне ви $\frac{U_o}{U_n} = \frac{R - Z_0}{R + Z_0} = \rho_o$ ня у довгих лініях можна добитися їх узгодженням. ЛП узгодженою, якщо опір, на який вона навантажена, рівний хвильовому опором лінії.

Підключення узгоджувального резистора R_c послідовно (рис. а) з вихідним опором передавача сигналу (послідовне узгодження) використовується, якщо вихідний опір передавача багато менше лінії. В паралельно узгодженої лінії (рис. б) резистор R_c під'єднують до входу приймача лінії передачі (вхідний опір приймача сигналу набагато більше лінії). Оскільки падіння напруги на резисторах знижує рівень переданого сигналу, режими послідовного і паралельного узгодження застосовують, коли число елементів, що навантажуються на ЛП, не більше двох. При більшій кількості навантажень для узгодження використовують емітерний повторювач (рис. в).



При конструюванні цифрової апаратури входи тригерів, одновібраторів, регістрів не рекомендується підключати безпосередньо до довгих ліній. В якості буферного каскаду в ТТЛ МС використовується тригер Шмітта (рис. з, д). В схемі узгодження коаксіального кабелю з хвильовим опором 50 Ом (рис. д) кабель на виході навантажено на опір 51 Ом.

Вплив поверхневого ефекту

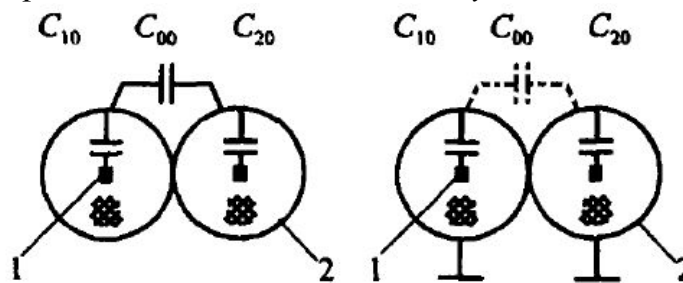
Високочастотний змінний чи імпульсний струм нерівномірно розподіляється по перетину провідника (найбільша щільність його при поверхні, що є результатом поверхневого ефекту). Поверхневий ефект збільшує опір провідника змінного струму. При високих частотах і швидкодії вплив поверхневого ефекту позначається на спотворенні фронту і форми імпульсу, тому що різні частоти загасають в матеріалі провідника неоднаково.

Для ослаблення впливу поверхневого ефекту використовують провід, звитий з великого числа ізольованих один від одного жил і скручених так, щоб кожна послідовно займала всі положення в перерізі вздовж дроту.



Ослаблення перехресних завад в довгих ЛП

Для позбавлення від перехресних завад довгі ЛП екранують. Застосування ЛП з екрануючою металевою оболонкою, з'єднаною з корпусом приладу є ефективним способом її захисту від впливів електричного та електромагнітного полів.



- 1 — центральний провід;
- 2 — екран (оплетка);
- C_{10} , C_{20} — ємність провід—екран;
- C_{00} — ємність між екранами.

Заземлення екранів призвод

Таким чином, захист від впливів електричного поля зводиться до використання ЛП з екранами. Екрани необхідно заземлювати короткими проводами мінімального індуктивного опору або шляхом безпосереднього контакту з корпусом приладу.

Якщо струм, що протікає по центральному проводу ЛП, дорівнює зворотному струму через його оплетку, то в просторі, що оточує лінію, електромагнітне поле відсутнє.

Лінії живлення

КОНСТРУКЦІЇ ЛІНІЙ ЖИВЛЕННЯ

Лінії електроживлення виконуються у вигляді індивідуальних дротів.

Виділяють 4 схеми розподілення живлення: послідовні (а), паралельні (б), точкові (в), паралельно-послідовні (г).

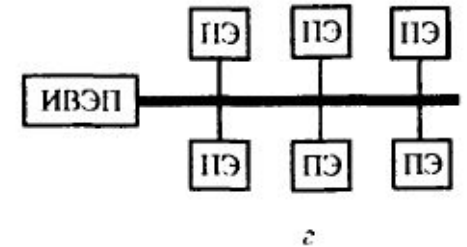
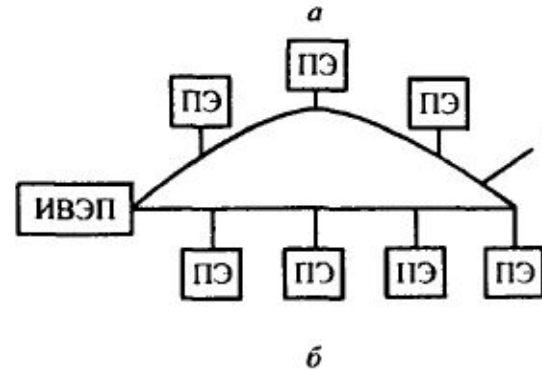
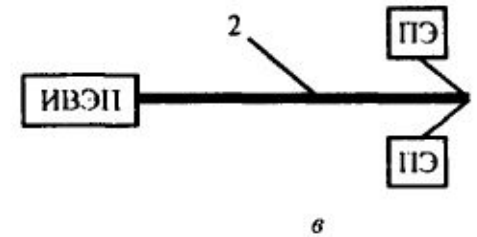
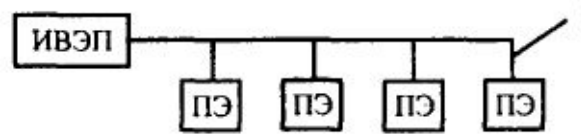
1- гнучкий провід;

2- жорстка шина.

ИВЭП (ДВЕЖ) – джерело вторинного електроживлення.

Вибір схем проводиться за:

- падінням напруги,
- навантажувальною здатністю за струмом,
- легкістю проведення електро-монтажних робіт.



Електроживлення за схемами **паралельної** і **послідовної** розводки підводиться гнучкими одно- і багатожильними проводами, що під'єднуються до виводів живлення споживачів електроенергії (СЕ або ПЭ). **Переваги:** простота конструкції, легкість в проектуванні і монтажі, необхідність в двох комутаційних виводах СЕ для кожного живлячого компонента (підвід та відвід).

Точкову розводку здійснюють жорстким дротом і системою гнучких дротів, що з одного кінця підпаюються до жорсткого дроту, а з іншого - до СЕ. **Паралельно-послідовну** розводку рекомендується застосовувати при регулярному розташуванні СЕ. Як і при точковій розводці, сумарні струми протікають по потужній лінії електроживлення з великою площиною поперечного перерізу. **Недолік:** появу перехресних перешкод через індуктивний зв'язок між гнучкими проводами.

У складній РЕА через обмеження на конструкцію одночасно можна використовувати декілька варіантів розводки електроживлення, якщо подібний підхід дозволить поліпшити електричні параметри, спростити монтаж, підвищити ремонтпридатність.

КОНСТРУКЦІЇ ЛІНІЙ ЖИВЛЕННЯ

Падіння напруги на лініях електроживлення.

Для розрахунку падіння напруги на лінії електроживлення вводять наступні припущення: вважають струми ПЕ незалежними від зміни напруги електроживлення, розглядають ПЕ як приймачі струму. Розрахунок проведемо для послідовного розведення. Для спрощення вважаємо, що струми приймачів електроживлення $I_{ПЕ}$ рівні, а так само рівні і опори ΔZ ділянок лінії, між якими під'єднують ПЕ. Без урахування падіння напруги на лінії нульового потенціалу, падіння напруги на лінії електроживлення:

$$U_{ЛЕ} = I_{ПЕ} \Delta Z (1 + 2 + \dots + n) = I_{ПЕ} \Delta Z \frac{n(n+1)}{2}$$

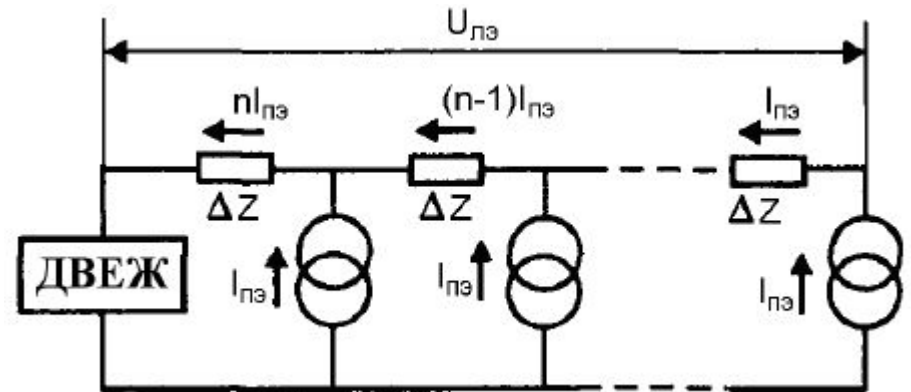
$$n \Delta Z = Z_n l_{ЛЕ}$$

$$U_{ЛЕ} = I_{ПЕ} Z_n l_{ЛЕ} \frac{(n+1)}{2}$$

n - число ПЕ;

Z_n - погонний опір лінії;

$l_{ЛЕ}$ - довжина ЛЕ.



Зменшуючи опір і довжину ЛЕ, а також число під'єднаних до лінії СЕ, можна понизити $U_{ЛЕ}$ в будь-яке число разів.

Зробити меншою довжину лінії можна мікромініатюризацією і відповідним компонуванням апаратури, зниженням числа СЕ – введенням в конструкцію декількох ліній, що під'єднуються до одного ДВЕЖ.

Другий шлях зменшення падіння напруги на лінії електроживлення - зменшення опорів ΔZ або Z_n .

Падіння напруги на ЛЕ при послідовному розведенні швидко збільшується із зростанням числа СЕ. Тому цей тип розводки, якщо струми СЕ великі, а опори ліній порівнянні з опором навантаження, застосовувати не рекомендується.

КОНСТРУКЦІЇ ЛІНІЙ ЖИВЛЕННЯ

Зменшення падіння напруги на лініях електроживлення.

Повний опір ЛЕ складається з активної і реактивної складових, проте, вже на частоті 100кГц активним опором можна знехтувати і розглядати тільки індуктивну складову. Зменшення індуктивності ЛЕ можна досягнути збільшенням розмірів її поперечного перерізу, однак це не завжди результативно.

Таблиця Способи виконання ліній електропитання

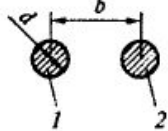
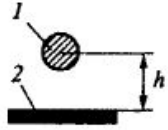
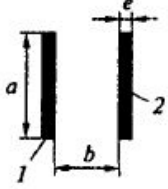
Меншою індуктивністю при однакових геометричних розмірах володіє провід, розташований над землею, більшою – дрони круглого і прямокутного перетинів. Найбільше хвильовий опір має провід круглого, найменше – прямокутного перетину. Для узгодження з внутрішнім опором ДВЕЖ хвильовий опір ЛЕ повинен бути мінімально можливим.

Розв'язуючий конденсатор, під'єднується до виходу джерела безпосередньо у СЕ, є для СЕ як би індивідуальним джерелом живлення. Необхідна ємність розв'язуючого конденсатора обчислюється за формулою

$$C_p \geq \frac{kt_{\phi}^2}{L}$$

де k – кратність зменшення падіння
 t_{ϕ} – найменша тривалість фронту імпульсного сигналу, L – сумарна індуктивність ліній електроживлення і нульового потенціалу.

При розрахунку конденсатора визначають падіння напруги на лінії електроживлення і для забезпечення працездатності СЕ приймають рішення про зменшення цієї напруги в k разів. Для поліпшення режиму роботи апаратури розв'язуючі конденсатори з виводами мінімальної довжини встановлюються у кожного СЕ.

Ескиз	Волновое сопротивление, Ом	Индуктивность, мкГн/м
	$\frac{276}{\sqrt{\epsilon}} \lg(2b/d)$	$0,92 \lg(2b/d)$
	$\frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \lg(4h/d)$	$0,46 \lg(4h/d)$
	$\frac{120b}{a\sqrt{\epsilon}}$	$0,92 \lg \frac{b}{a+e}$

Примечание. 1 — линия электропитания; 2 — линия нулевого потенциала.

КОНСТРУКЦІЇ ЛІНІЙ ЖИВЛЕННЯ

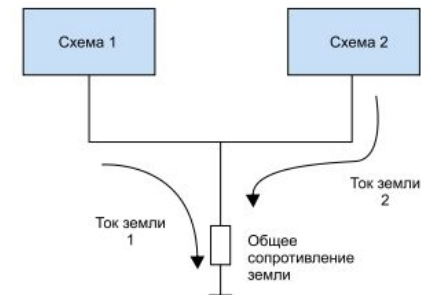
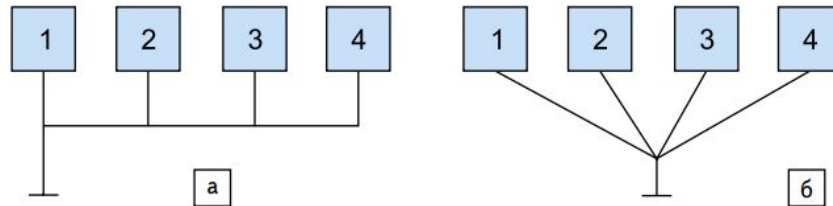
Заземлення.

- *У відповідності до правил проектування, в схемі виділяють базу з нульовим потенціалом відносно якої проводять відлік усіх електричних потенціалів схеми. Це може бути сигнальне заземлення, ґрунтове заземлення. Сигнальна земля - умовна точка відліку потенціалу в ізольованій мережі. Напруга в ОВ ця точка отримала довільно. Ґрунтове заземлення означає саме заземлення в ґрунті.*
- *Конструктивно заземлення виконується дротом, провідником (шиною), металевою смугою або листом.*
- *По загальному дроту протікають зворотні струми електронних схем, які викликають появу падіння напруги і різницю потенціалів на загальних виводах компонентів схеми. Протікання різних струмів в різний момент часу призводить до появи гальванічних завад.*
- *Сучасні системи обробки даних зазвичай містять в собі пристрої зі змішаними сигналами (mixed-signal devices), такі як аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП), а також швидкодіючі цифрові сигнальні процесори (DSP). Поділ землі на аналогову і цифрову частини - один з найпростіших і найбільш ефективних методів придушення шуму. Струм, що протікає по сигнальним ланцюгах, створює такий же за величиною струм, що рухається в зворотному напрямку по «земляній» шині, - так званий зворотний струм. Малі в перерізі провідники можуть створити умови, за яких зворотний струм вибере шлях з меншим опором і великим перерізом, при цьому створюючи паразитний контур. З точки зору зменшення електромагнітних завад найкращим варіантом буде рух зворотного струму під сигнальною доріжкою або паралельно їй в безпосередній близькості.*
- *Забезпечення низькоімпедансних заземлюючих поверхонь великої площі дуже важливо для всіх сучасних аналогових схем. Заземлювальна поверхню діє не тільки як низькоімпедансний зворотний тракт для розв'язки високочастотних струмів (викликаних роботою швидкісних цифрових схем), але також мінімізує електромагнітні радіочастотні перешкоди. Завдяки екрануючій дії заземлюючої поверхні чутливість пристрою до зовнішніх завад зменшується.*

КОНСТРУКЦІЇ ЛІНІЙ ЖИВЛЕННЯ

Заземлення.

- Загальні дроти приладів об'єднуються за схемами багато-(а) і одноточкового(б) заземлення. У першому випадку струм, що протікає на «землю» в ланцюзі 1, потенційно може виробляти шум в ланцюзі 2 шляхом модуляції потенціалу «землі». У другому випадку загальні дроти під'єднуються до загальної нульової точки, розташованої найближче до джерела живлення. Зв'язок модулів через загальний опір нульового потенціалу відсутній, але матиме місце взаємні індуктивності і ємності, під'єднаних до нульової точки земляних дротів модулів.



- На високій частоті паразитна ємність утворює низький, а індуктивність дротів - високий опір, що погіршує властивості системи заземлення. Для зменшення взаємної індуктивності загальні провідники мають бути орієнтовані взаємно перпендикулярно, що для великого числа елементів зробити практично неможливо.
- Для запобігання випромінюванню провідником в оточуючий простір електромагнітної енергії довжина провідника в метрах має бути $l \leq \lambda/50 \leq 6/f$, де λ – довжина хвилі, м; f – частота в МГц.
- При виборі варіантів розводки шин живлення і «землі» не допускають появу замкнутих контурів. Такі замкнуті контури будуть служити своєрідною антеною, при цьому чим більше буде площа такого контуру, тим більше буде рівень наведених у ньому завад. Розміщуйте шини «землі» і живлення в таких випадках паралельно і близько один до одного.

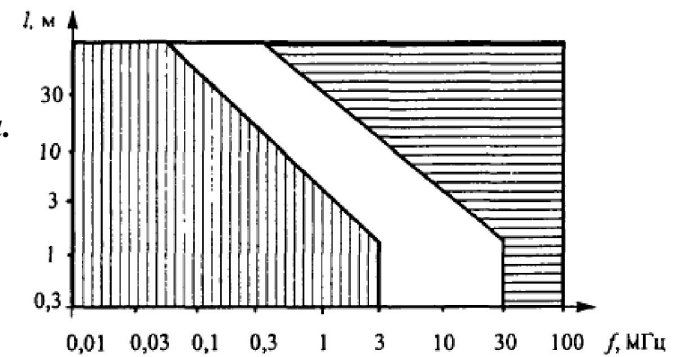
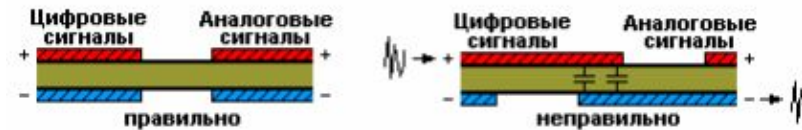


Рис. Выбор схемы заземления:

▨ – одноточечное; ▨ – многоточечное

КОНСТРУКЦІЇ ЛІНІЙ ЖИВЛЕННЯ

Заземлення.



- Якщо в якому-небудь місці існує перекриття аналогового і цифрового полігону, розподілена ємність між перекритими ділянками буде створювати зв'язок по змінному струмі, і наведення від роботи цифрових компонентів потраплять в аналогову схему. Такі перекриття анулюють ізоляцію полігонів.
- На рис 4 провідник заземлення йде прямо вниз по центру плати, позитивний і негативний провідники живлення йдуть по краях нашої плати. Ці довгі тонкі провідники працюють як антени, збираючи стільки зовнішнього радіочастотного шуму, скільки зможуть. На рис 5 земля розташована петлею по зовнішньому краю плати. З'єднання з землею зроблені скрізь, де необхідно. Цей приклад можна розглядати як багатоточкове заземлення. Будь-який шум в обох лініях живлення випромінюватиметься петлею. На рис 6 земля у вигляді шару, але на ній зроблено 5 розрізів для розриву петлі. Струми не можуть тепер текти безладно по земляному шару, вони йдуть по створеним шляхах. Цей дизайн мінімізує антенні властивості ланцюга, як випромінюючі, так і приймаючі.

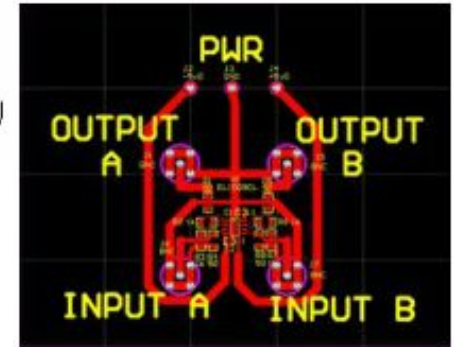


Рисунок 4

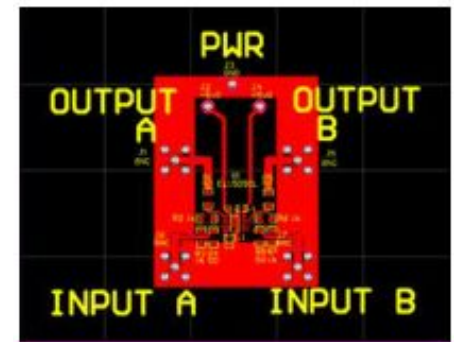


Рисунок 5

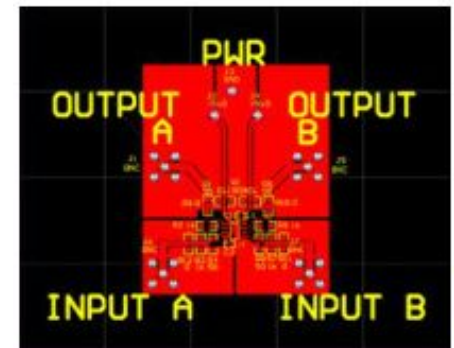
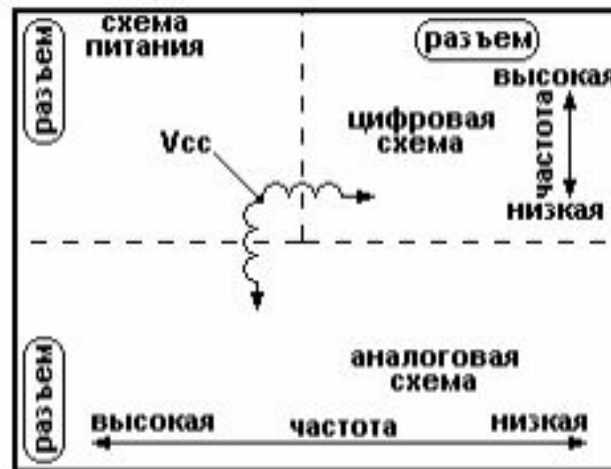
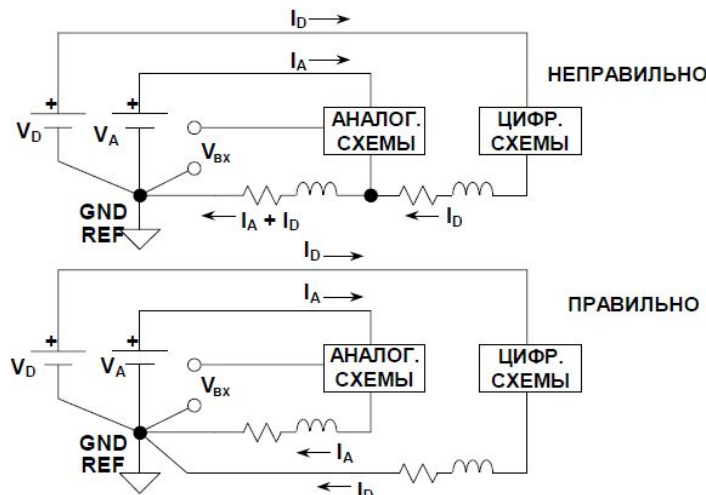


Рисунок 6



КОНСТРУКЦІЇ ЛІНІЙ ЖИВЛЕННЯ

Заземлення.

- *Заземлення корпусу РЗА служить для оберігання обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом при дотику до металевих деталей конструкції, а також для захисту РЕА від дії завад, створюваних розташованим поруч устаткуванням. Заземленню не підлягає апаратура, що працює при безпечній напрузі, яка має подвійну або посилену ізоляцію, а також надійний контакт з корпусом об'єкту установки.*
- *Заземлення корпусу здійснюється системою дротів або одним загальним дротом і забезпечує електричне об'єднання усіх металевих елементів конструкції модулів із землею. Землювачем називають провідник або систему провідників, виконаних з електропровідного матеріалу і які знаходяться в безпосередньому зіткненні з ґрунтом, нейтралю первинної живлячої мережі, що розташовується зазвичай біля фундаменту будівлі, і тому подібне.*

ЕЛЕКТРИЧНІ КОНТАКТИ

У РЭА використовуються тимчасові, постійні і напівпостійні електричні контакти.

До тимчасових слід віднести роз'ємне і гвинтове з'єднання, до постійних - зварювання, напівпостійних - паяне з'єднання, з'єднання накруткою і опресовуванням.

Роз'ємні з'єднання забезпечують швидку установку і видалення елементів конструкції і використовуються для підвищення ремонтпридатності апаратури.

Гвинтове з'єднання є основним видом з'єднання дротів до електричних машин і приладів і дозволяє комутувати дроти незалежно один від одного. Мідні провідники малих перерізів згинають в кільце під гвинт, а щоб не розходилися жили багатожильних проводів, пропаюють або опресовуються кільцевими наконечниками. Запобігання можливого ослаблення контактної тиску при циклічних температурних діях і вібраціях можливо введення під гвинт пружинної шайби або шайби-зірочки.

З'єднання пайкою здійснюється розплавленням припоєм з температурою плавлення нижче температури плавлення провідників, що сполучаються.

Зварювальне з'єднання має високу механічну міцність, здатність витримувати циклічні температурні дії, забезпечує високу щільність монтажу і рекомендується для застосування при розробці мікромініатюрної апаратури. При виконанні з'єднань зварювальними струмами можна пошкодити МС, діоди, транзистори.

З'єднання накруткою отримують без розігрівання матеріалів, шляхом накручування під натягом навколо жорсткого виводу декількох витків одножильного дроту. У перерізі вивід має квадратну або прямокутну форму з гострими кутами. Матеріал виводу має бути достатньо міцним, щоб протистояти скручуючим зусиллям, мати хороший опір зминання накручуванням дротом і низьким омичний опір (фосфориста і берилієва бронза). Як матеріал дроту використовується відносно м'який і пластичний матеріал, який зберігає форму накрутки. З'єднання забезпечує високу надійність при жорстких механічних і кліматичних діях. Основними причинами відмови з'єднання є погіршення перехідного опору із-за корозії.

При **опресовуванні** два дроти зі знятою на кінцях ізоляцією вводять в сполучну металеву трубчасту гільзу, яка механічно обтискається, внаслідок чого між дротами через гільзу буде електричний контакт. Надійність з'єднання залежить від співвідношення розмірів гільзи і діаметру дроту, зусилля обтискання і герметизації місця з'єднання. Розміри і матеріал гільзи для кожного випадку з'єднання підбираються експериментально.

ЕЛЕКТРИЧНІ КОНТАКТИ

Використання пайки і накрутки дозволяє автоматизувати проведення електромонтажних робіт. Пайка і зварювання забезпечує високу щільність монтажу.

Таблиця Оценка способов соединения электрических контактов

Свойство контакта	Способ соединения			
	Сварка	Пайка	Накрутка	Обжимка
Механическая прочность	1	4	2	3
Размеры	1	2	3	4
Масса	1	2	3	4
Ремонтопригодность	4	1	2	3
Стойкость к вибрациям	1	2	3	4

У РЕА використовують з'єднання багатьох різнорідних матеріалів : срібло, паладій, золото - в контактах з'єднувачів, мідь і її сплави - для дротів, клем, гнізд і штирів з'єднувачів; олов'яно-свинцеві припої в з'єднаннях; цинк, нікель, кадмій - для захисних покриттів кріплення і т. д.

В місцях з'єднань різнорідних матеріалів виникають термоелектричні потенціали, залежні як від матеріалів, так і температури в з'єднанні. Різниця температур в різних частинах конструкції може привести до погіршень із-за наявності термоелектричних потенціалів електричних з'єднань у високочутливих низкорівневих схемах з високими коефіцієнтами посилення. Основними принципами зменшення похибки термоелектричних потенціалів є мінімізація числа з'єднань, використання матеріалів з низькою термоелектричною здатністю. Наявність оксидів на дротах, з'єднаних накруткою, значною мірою збільшує термоелектричну здатність з'єднань (до 0,9 мкВ/°С). Тому з дротів перед накруткою повинні ретельно видалятися оксиди.