



**Сумський  
державний  
університет**



# МАТЕРІАЛИ І КОМПОНЕНТИ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

## КОМПОНЕНТИ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ. ІНДУКТИВНІ ТА КОМУТАЦІЙНІ КОМПОНЕНТИ

**Викладач: к.ф.-м.н., доцент Ірина ПАЗУХА**

**Суми-2022**

**Котушки індуктивності**

**Дроселі**

**Трансформатори**

**Котушка індуктивності** - винтова, спіральна або винтоспіральна котушка зі згорнутого ізолюваного провідника, що має значну індуктивність при відносно малій ємності й малому активному опору.

❖ **ФУНКЦІЯ** - чинити реактивний опір змінному струму при незначному опорі постійному струму

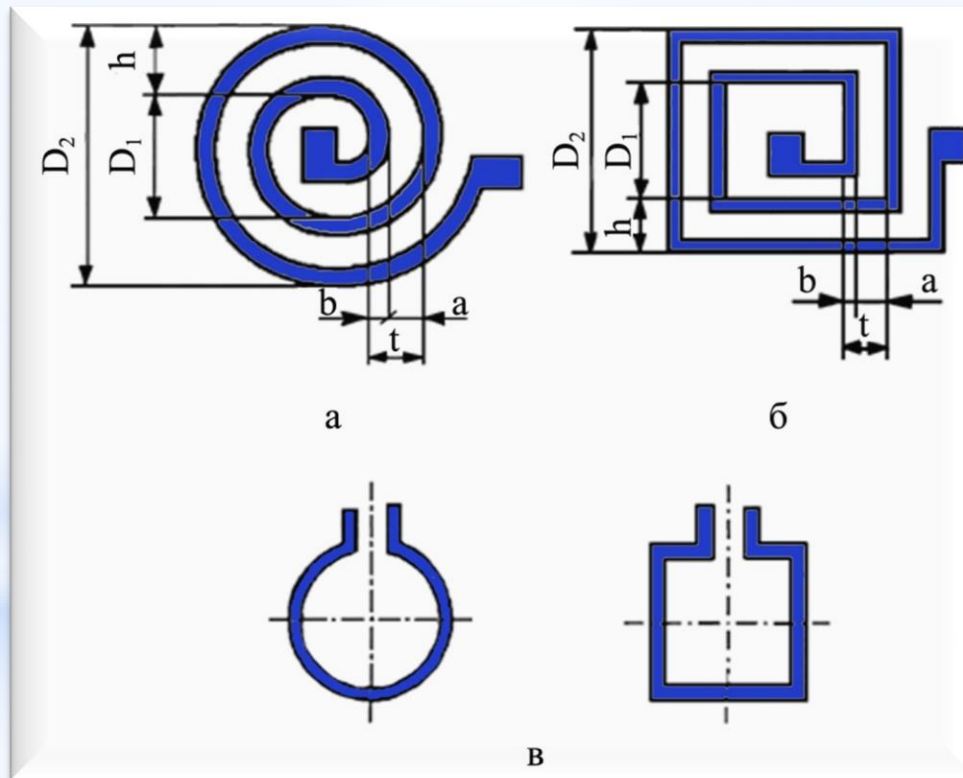


Рисунок 1 - Індуктивні елементи ІМС: а) плоска кругла спіраль; б) плоска квадратна спіраль; в) окремі витки

## Основні параметри котушок ідуктивності

**Індуктивність** – кількість енергії, що запасається котушкою, при протіканні по ній електричного струму. Чим більша індуктивність котушки, тим більше енергія магнітного поля при заданому значенні струму.

**Залежить від:**

- ❖ форми, розмірів, числа витків котушки,
- ❖ від розмірів, форми і матеріалу її сердечника.

**Добротність** – відношення реактивного опору котушки до її активного опору втрат.

**Визначає** резонансні властивості і коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) контура.

## Основні параметри котушок ідуктивності

**Втрати** – складаються із втрат у дротах, діелектрику, сердечнику й екрані.

### Спричинені:

- ❖ активний опір;
- ❖ скін-ефект, тобто витиснення струму до поверхні перерізу дрота;
- ❖ ефект близькості у дротах обмотки, звитої в спіраль, тобто витиснення струму під впливом вихрових струмів і магнітного поля до периферії дрота.

**Власна ємність** є паразитним параметром.

**Стабільність параметрів** при зміні температури і вологості, а також в часі.

**Стабільність ідуктивності при зміні температури** характеризується температурним коефіцієнтом ідуктивності (ТКІ), що дорівнює відносній зміні ідуктивності при зміні температури на 1°C.

## Класифікація котушок індуктивності

*Залежно від призначення високочастотні котушки індуктивності розділяють на чотири групи:*

**котушки контурів, що не визначають частоту**

**котушки контурів, що визначають частоту (наприклад, гетеродинів)**

**котушки зв'язку контурів з іншими ланцюгами**

**дроселі високої частоти.**

**Високочастотними** називаються котушки індуктивності, опір яких має індуктивний характер в діапазоні частот з верхньою межею 100 кГц...400 МГц.

### **ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ**

- ❖ **для отримання магнітного зв'язку** між певними ділянками електричних ланцюгів радіоелектронної апаратури
- ❖ **для створення** на окремих ділянках електричного ланцюга **заданих реактивних опорів індуктивного характеру.**

# Класифікація котушок індуктивності

## За конструктивними ознаками

циліндрові;

плоскі;

тороїдальні

одношарові;

багатошарові.

з сердечником;

без сердечника.

екрановані;

неекрановані



## Основні параметри феромагнітних сердечників

**Ефективна магнітна проникність**  $\mu_{\text{еф}}$  - відношення індуктивності котушки з сердечником до індуктивності цієї котушки без сердечника.

**Добротність** характеризує втрати, що вносяться сердечником в котушку, і дорівнює відношенню реактивного опору котушки до опору втрат, що вносяться.

**Відносна добротність сердечника**  $Q_{\text{відн.}}$  – відношення добротності котушки з сердечником до добротності цієї ж котушки без сердечника - характеризує втрати, що вносяться сердечником в котушку, і може служити мірою визначення діапазону робочих

## Котушки індуктивності із змінною індуктивністю

Ступінь магнітного зв'язку між котушками характеризується взаємною індуктивністю, яка залежить від числа витків котушок, їх форми і розмірів.

**ФЕРОВАРІОМЕТРИ** (варіометри з феромагнітними сердечниками)

**ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ** як елементи настройки коливальних контурів, наприклад, в автомобільних приймачах.

**СКЛАДАЄТЬСЯ З** циліндрової котушки, всередину якої вводиться сердечник з матеріалу з високою магнітною проникністю, наприклад з фериту.

**Дросель електричний** – це котушка індуктивності, що вмикається в електричний ланцюг послідовно навантаженню для придушення або обмеження змінної складової струму.

### **ПРИЗНАЧЕННЯ:**

- захист джерел живлення від попадання в них наведених високочастотних сигналів;
- уникання засорення мережі живлення електромагнітними перешкодами.

### **ДРОСЕЛЬ НИЗЬКОЇ ЧАСТОТИ:**

- ❖ для регулювання сили струму;
- ❖ для того щоб розділяти або обмежувати електричні сигнали різної частоти;
- ❖ усувати пульсації постійного струму.

### **ОСОВНІ ПАРАМЕТРИ:**

- ✓ індуктивність,
- ✓ номінальний струм підмагнічування,
- ✓ опір постійному струму,
- ✓ допустима змінна напруги.

## **ДРОСЕЛЬ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ:**

- ❖ котушка індуктивності, що включається в ланцюг для збільшення опору струмам високої частоти;
- ❖ застосовують для роботи в електричних колах, де проходять струми високої частоти;
- ❖ мають великий опір для струмів високої частоти й пропускають струми низької частоти.

## **ОСОВНІ ПАРАМЕТРИ:**

- повний опір,
- опір постійному струму,
- власна ємність.

**ТРАНСФОРМАТОР** – електромагнітний пристрій, що використовується для зміни напруги й сили змінного струму.

### **ФУНКЦІЇ трансформаторів:**

- ❖ зміна величини напруги, узгодження опорів електричних ланцюгів;
- ❖ розділення ланцюгів джерела і навантаження по постійному струму;
- ❖ зміна стану ланцюга щодо корпусу.

### **КЛАСИФІКАЦІЯ:**

трансформатори живлення (силові),

застосовуються у випрямних пристроях для отримання різних напруг;

погоджувальні (сигнальні),

для узгодження входу підсилювача і джерела сигналу (вхідні), виходу підсилювача з навантаженням (вихідні), як елемент міжкаскадного зв'язку (міжкаскадні)

## МАЛОПОТУЖНІ ТРАНСФОРМАТОРИ ЖИВЛЕННЯ

### Основні параметри:

- вихідна напруга,
- номінальна потужність,
- к.к.д.,
- падіння напруги.

## ПОГОДЖУВАЛЬНІ ТРАНСФОРМАТОРИ

### Основні параметри:

- індуктивність первинної обмотки  $L_p$  та індуктивність розсіяння  $L_s$ ,
- активний опір обмоток  $r$ ,
- власна ємність  $C_{тр}$ ,
- коефіцієнт трансформації  $n$ ,
- постійна часу трансформатора  $\tau_{тр}$ ,
- критична потужність  $P_{кр}$ ,
- к.к.д.,
- рівень нелінійних спотворень, що вносяться трансформатором.

# КОМУТАЦІЙНІ КОМПОНЕНТИ

Електричні роз'єми

Перемикачі

П'єзокерамічні комутаційні  
елементи

Реле

Геркони

## Основні параметри комутаційних пристроїв

**Чутливість** – мінімальна величина вхідного параметра, при якому відбувається стрибкоподібна зміна вихідного параметра (замикання або розмикання контактів, у безконтактних – зміна провідності).

**Залежно від виду вхідної величини,** на яку реагує комутаційний пристрій (КП), чутливість **може оцінюватися величиною:**

- ❖ струму,
- ❖ напруги,
- ❖ потужності,
- ❖ механічної сили,
- ❖ світлового потоку,
- ❖ магнітного поля.



**Час спрацьовування** характеризує швидкодiю пристрою.

**Максимальне значення потужності, що комутується** - добуток максимально припустимих значень напруги й струму при даній напрузі.

**Частота комутацій** - исло спрацьовувань КП в одиницю часу.

**Коефіцієнт підсилення** визначається відношенням потужності на виході до потужності керування.

**Вхідний опір** - визначає можливість узгодження пристрою із джерелом сигналів керування й найчастіше приводиться у вигляді активного (наприклад, для опору обмотки електромагнітних реле) або комплексного опору.

**Опір комутуючих елементів** - залежить від принципу комутації й виду використовуваних елементів.

**Електроізоляційні властивості** характеризуються опором і електричною міцністю ізоляції між струмоведучими ланцюгами, а також корпусом.

# Принцип роботи електричного контакту

## Режим замикання

- 1 Спостерігається процес газового розряду
- 2 Напруженість електричного за законом  $E=U/d$
- 3 Автоелектронна емісія електронів з поверхні катодного контакту, що утворює коротку дугу
- 4 Коротка дуга розігріває анодний контакт і викликає перенос матеріалу на катодний контакт.
- 5 Утворюється рідкий контактний перешийок і напруга протягом  $\sim 10$  нс стрибком падає до часток вольтів
- 6 Площа зіткнення зростає, перехідний опір контактів падає, падає температура, контактний перешийок застигає

## Режим розмикання

- Контактне натискання зменшується, поверхня зіткнення мікрошорсткостей стає менше, густина струму й перехідний опір підвищуються
- 1 Напруга на контактах збільшується від декількох мілівольтів до  $0,5 \dots 15$  В
  - 2 Місця зіткнення металевих контактів плавляться, потім розриваються при досягненні температури кипіння металу контактів
  - 3 Напруга на контактах стрибкоподібно (протягом приблизно  $10$  нс) підвищується до напруги горіння короткої дуги, причому час її горіння значно більший, ніж при замиканні

**Роз'єм електричний** – електромеханічний пристрій, призначений для швидкого електричного з'єднання й роз'єднання електричних кіл (як правило, у знеструмленому стані).

### **КЛАСИФІКАЦІЯ:**

- ❖ **за застосуванням:** сигнальні, живильні, аудіо, відео, комп'ютерні;
- ❖ **за напругою:** низьковольтні, високовольтні,
- ❖ **за силою струму:** слабкострумові, потужнострумові;
- ❖ **за діапазоном частот:** для постійного струму, низькочастотні, високочастотні;
- ❖ **за методом монтажу:** на панель, на дріт, на шасі;
- ❖ **за способом підключення дроту до контакту:** гвинтовою клемою, обтиском, пайкою;
- ❖ **за захищеністю від зовнішнього середовища.**

### **ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:**

припустимі струми й напруги, **контактний тиск**, **контактний опір**, **електрична міцність**, **опір міжконтактної ізоляції**, **діапазон робочих частот**, **габарити й припустимі кліматичні й механічні умови експлуатації**; **число контактів**

**Перемикач** — комутаційний апарат, що має як мінімум два фіксованих положення своїх контактів (увімкнено/вимкнено) і здатний змінити це положення під дією зовнішніх сил, на інше положення контактів (увімкнено/вимкнено) наяк завгодно малий або великий час

## **КЛАСИФІКАЦІЯ:**

- **За кількістю фіксованих положень контактів:** двопозиційні (вмикнено/вимикнено) з нормально-замкнутими контактами та з нормально-розімкнутими контактами; багатопозиційні.
- **За робочою напругою:** низьковольтні (до 1000 В); високовольтні (вище 1000 В).
- **За робочим струмом.**
- **За струмом короткого замикання при вимиканні.**
- **За способом керування приводом:** місцевого керування; дистанційного керування.
- **За способом встановлення:** відкритого виконання; закритого виконання.
- **За ступенем волого-/пило-/вибухозахищеності (IP).**
- **За кліматичним виконанням.**
- **За наявністю/відсутністю пристроїв для гасіння дуги.**

## **КЛАСИФІКАЦІЯ:**

- **За способом гасіння дуги/виду пристроїв дугогасіння:** повітряні вимикачі з камерами дугогасіння магнітного дуття та з камерами дугогасіння газового дуття; масляні вимикачі: камерами дугогасіння магнітного дуття та з камерами дугогасіння масляного дуття; маломасляні вимикачі; вакуумні вимикачі.
- **За характером середовища, що гасить дугу:** повітря; елегаз; вакуум; трансформаторне масло.
- **За матеріалом й виконанню комутуючих контактів:** суцільнометалеві контакти мідні, латунні, срібляні; суцільнометалеві контакти з напилюванням дорогоцінних металів - срібним, золотим; метало-керамічні контакти; рідкі контакти ртутні; контакт, роль якого виконує будь-яка струмопровідна рідина.

## **АКУСТИЧНИЙ вимикач** - електричний вимикач, керований звуком:

- ❖ Реагуючий на шум;
- ❖ Реагуючий на хлопання;
- ❖ Реагуючий на слова.

## **БЕЗКОНТАКТНІ перемикачі (ключі):**

- **Механічні** - служать для безпосереднього керування ланцюгом, тому що діелектричний важіль механічного ключа звичайно прямо пов'язаний зі струмоведучими частинами ключа.
- **Електромагнітні** - служать для дистанційного керування та керування високовольтними ланцюгами, для гальванічної розв'язки між пристроєм керування й навантаженнями, синхронного керування декількома ланцюгами від одного сигналу.
- **Електронні** - засновані на роботі біполярних та польових транзисторів.

# П'єзокерамічні комутаційні елементи

## ПЕРЕВАГИ:

- ❖ знижена вартість;
- ❖ висока радіаційна стійкість;
- ❖ стійкість до дії різних агресивних середовищ,
- ❖ вибухобезпечність елемента та к.к.д.  $\approx 100\%$ ;
- ❖ висока надійність;
- ❖ невеликі габарити;
- ❖ можливість роботи в хімічно агресивних середовищах, у воді, піску, металевій стружці;
- ❖ іскробезпечна безконтактна комутація з кількістю комутаційних циклів, що не має аналогів (50 000 циклів);
- ❖ широкий діапазон робочих температур, струмів і напруг;
- ❖ можливість антивандального виконання;
- ❖ на відміну від існуючих ємнісних, індуктивних і інших пристроїв, п'єзокнопки не вимагають додаткового джерела живлення.

## ФУНКЦІОНАЛЬНО ІНТЕГРОВАНІ П'ЄЗОКНОПКИ:

- тривалі замикання або розмикання контакту до 30 і більше секунд;
- з таймером часу;
- однократно програмувальні;
- багаторазово програмувальні з можливістю запису нової версії або іншої програми;
- мультипрограмні - у пам'ять мікроконтролера одночасно за допомогою програматора записується п'ять і більше складних програм, а користувач може вибрати й активізувати потрібну за допомогою нескладних маніпуляцій;
- перепрограмувальні - дозволяють користувачеві записати й перезаписати програму у пам'ять мікроконтролера кнопки без програматора за допомогою нескладних маніпуляцій;
- спеціальні - у пам'ять мікроконтролера записуються спеціальні програми, що дозволяють перетворити функцію часу натискання в послідовний стандартний сигнал.



# Реле – пристрій для автоматичної комутації електричних кіл за сигналом ззовні

**ПРИЗНАЧЕННЯ:** перетворення енергії  $X$ , що надійшла на вхід, в енергію  $Y$  на виході елемент.

**РЕЛЕЙНИЙ ЕЛЕМЕНТ** - найпростіший перемикальний пристрій із двома (або більше) станами стійкої рівноваги, кожний з яких може стрибком перемінятися на інший під впливом зовнішнього впливу (наприклад, зміни температури, тиску, електричної напруги, освітленості, сили звуку).

**РЕЛЕ ЧАСУ** - пристрій, контакти якого замикаються (або розмикаються) з деякою часовою затримкою після одержання керуючого сигналу.

## **КЛАСИФІКАЦІЯ:**

- механічні (сила, тиск, швидкість, прискорення),
- магнітні,
- теплові,
- оптичні,
- електричні (струм, напруга, потужність, опір).

**Геркон** – (скорочення від герметизований магнітокерований контакт) – електромеханічний пристрій є пара феромагнітних контактів, запаяних у герметичну скляну колбу

## **КЛАСИФКАЦІЯ за конструктивними особливостями:**

- ❖ сухі (із сухими контактами);
- ❖ ртутні, у яких крапля ртуті змочує контактуючі поверхні, зменшуючи їхній електричний опір і запобігаючи вібрації пластин у процесі роботи.

## **ПАРАМЕТРИ:**

- **Магніторушійна сила спрацьовування** – значення напруженості магнітного поля, при якому відбувається замикання контактів геркона.
- **Магніторушійна сила відпускання** - значення напруженості магнітного поля, при якому відбувається розмикання контактів геркона.
- **Опір ізоляції** - електричний опір зазора між сердечниками (у розімкнутому стані).
- **Опір контактного переходу** - опір контактної області, що утворюється при замиканні сердечників.

## ПАРАМЕТРИ:

- ❖ **Пробивна напруга** - напруга, при якій відбувається пробій геркона.
- ❖ **Час спрацьовування** - час між моментом прикладення керуючого магнітного поля, і моментом останнього фізичного замикання електричного ланцюга герконом.
- ❖ **Час відпускання** - час між моментом зняття прикладеного до геркону магнітного поля, і моментом останнього фізичного розмикання електричного кола герконом.
- ❖ **Ємність** - електрична ємність між выводами геркона в розімкнутому стані.
- ❖ **Максимальне число спрацьовувань** - число спрацьовувань, при якому всі основні параметри геркона залишаються в допустимих межах.
- ❖ **Максимальна потужність** - максимальна потужність, що комутується герконом.
- ❖ **Напруга, що комутується.**
- ❖ **Струм, що комутується.**

## **ПЕРЕВАГИ:**

- ❖ Контакти є довговічними.
- ❖ У геркона може бути тільки два чітких стани - вмикнений і вимкнений
- ❖ Геркони мають менший розмір у порівнянні із класичним реле, розрахованим на такий самий струм.
- ❖ Для контактів не застосовуються тугоплавкі і дорогоцінні метали.
- ❖ Геркони майже безшумні і мають високу швидкодію.

## **НЕДОЛІКИ:**

- дорожнеча й більша вага в порівнянні з відкритими контактами,
- необхідність створення магнітного поля,
- складність монтажу,
- крихкість.

## **ЗАСТОСУВАННЯ:**

- в клавіатурах клавішних синтезаторів, промислових приладів, де потрібна довговічність і вибухобезпечність;
- в охоронних датчиках,
- в підводному устаткуванні,
- в датчиках прилипання кабіни ліфтів

Дякую за увагу!