МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Реферат

на тему: “Компонентна база РЕЗ”

Зміст

1 Розділ

1. Радіотехніка РЕА. Перетворення сигналів в РЕА.

2. Елементна база ЗЕА. Пасивні та активні ЕРЕА.

3. Пристрої функціональної електроніки. Основні напрямки створення ПФЕ.

4. Сумісне використання ІС та ЕРЕ.

5. Сумісне використання ПФЕ та ЕРЕ.

6. Розвиток елементної бази. Мікромініатюризація.

7. Завдання конструкторів технологів РЕА в дослідженні,проектуванні ПФЕ та РЕА.

8. Методологія та принцип проектування і застосування ЕРЕ.

9. Врахування випадкового характеру випадкових змін , відхилення та зміни характеристик ЕРЕ.

10. Шляхи забезпечення високої ефективності проектування та виготовлення ПФЕ та ЕРЕ.

11. Стандартизація ЕРЕ та ПФЕ.

12. Надійність ЕРЕ та ПФЕ.

13. Моделі відмов ЕРЕ та ПФЕ.

14. Метод прискорення випробувань ПФЕ та ЕРЕ.

 2 Розділ

1. Застосування дискретних коденсатонрів, резисторів та котушок індуктивності в РЕА.

2. Конденсатори. Класифікація. Схема заміщення. Основні та паразитні параметри.

3. Фізичні процеси що відбуваються при довгому функціонуванні конденсаторів.

4. Конденсатори постійної ємності.

5. Конденсатори змінної ємності.

6. Застосування конденсаторів постійної та змінної ємності під час конструювання РЕА та перспективи їх розвитку.

7. Схема заміщення котушки індуктивності та паразитні параметри.

8. Стабільність котушок індуктивності без осердя та з осердям.

9. Властивості котушок індуктивності при довгому функціонуванні.

10. Перспективи розвитку та використання котушки індуктивності в РЕА.

11. Резистори. Класифікація.Основні параметри резисторів.

12. Спеціальні резистори. Змінні та підстроювальні резистори.

13. Конструкція резисторів.

14. Старіння резисторів.Застосування резисторів у РЕА. Перспективи їх розвитку.

 3 Розділ

1.Трансформатори.Визначення та класифікація.

2. Трансформатори живлення.Основні співвідношення для розрахунків.

3.Імпульсні трансформатори.Основні характеристики.

4.Перспективи розвитку трансформаторів.

## Радіотехніка РЕА. Перетворення сигналів в РЕА

Науково-технічний прогрес тісно зв’язаний із розвитком електроніки.

Радіотехніка - це галузь науки і техніки заснована на застосуванні електромагнітних хвиль для передачі, вилучення і перетворенні інформації.

Розвиток радіотехніки відбувався дуже інтенсивно впродовж минулого століття і відбувається по сьогоднішній день. Електронні пристрої слугують основними елементами РЕА і визначають найважливіші показники апаратури. З іншого боку, численні проблеми в радіотехніці привели до винайдення нових і вдосконалення існуючих електронних пристроїв. Ці пристрої застосовуються в радіозв’язку, телебаченні, при запису і відтворенні звуку, локації та інших галузях електроніки. Разом із тим електроніка проникала в усі галузі сучасної науки, техніки, промисловості. Радіоелектроніка зробила різкий стрибок від вакуумних електронних пристроїв, громіздких, ненадійних і неекономних, до більш зручних і компактних в порівнянні із ВЕП напівпровідникових приладів, вдосконалення яких зумовило виникнення інтегральних мікросхем.

Отже, радіотехніка - наука, що вивчає електромагнітні коливання і хвилі радіочастот, методи генерації, підсилення, перетворення, випромінювання та прийому, а також застосування їх для передачі інформації, частина електротехніки, що включає в себе техніку радіопередачі і радіоприйому, обробку сигналів, проектування і виготовлення радіоапаратури. Радіотехніка ґрунтується на перетворенні сигналів із одного виду в інший. Основними перетвореннями в радіоелектронних пристроях-це випромінювання та приймання сигналів різної форми, підсилення, модуляція,демодуляція, фільтрування, генерація сигналів, запам’ятовування різного роду інформації, відображення інформації у доступній для людини формі. Сигнал, детермінований чи випадковий, описують математичної моделлю, функцією, що характеризує зміну параметрів сигналу. Математична модель представлення сигналу, як функції часу, є основоположною концепцією теоретичної радіотехніки, що опинилася плідною як для аналізу, так і для синтезу радіотехнічних пристроїв і систем. У радіотехніці альтернативою сигналу, який несе корисну інформацію, є шум - зазвичай випадкова функція часу, взаємодіюча (наприклад, шляхом додавання) з сигналом і викривляє його. Основним завданням теоретичної радіотехніки є отримання корисної інформації з сигналу з обов'язковим урахуванням шуму. За фізичну природу носія інформації:

    \* Електричні,
    \* Електромагнітні,
    \* Оптичні,
    \* Акустичні

та ін;

За способом завдання сигналу:

    \* Регулярні (детерміновані), задані аналітичною функцією;
    \* Нерегулярні (випадкові), що беруть довільні значення в будь-який момент часу. Для опису таких сигналів використовується апарат теорії ймовірностей;

Залежно від функції, яка описує параметри сигналу, виділяють аналогові, дискретні, квантовані і цифрові сигнали.:

    \* Безперервні (аналогові), описувані безперервною функцією;
    \* Дискретні, описувані функцією відліків, взятих у певні моменти часу;
    \* Квантовані за рівнем;
    \* Дискретні сигнали, квантовані за рівнем (цифрові).
Більшість сигналів мають аналогову природу, тобто змінюються неперервно в часі і можуть приймати будь-які значення на деякому інтервалі. Аналогові сигнали описуються деякої математичної функцією часу.

Приклад АС - гармонійний сигнал - s (t) = A · cos (ω · t + φ).

Аналогові сигнали використовуються в телефонії, радіомовлення, телебачення. Ввести такий сигнал в комп'ютер і обробити його неможливо, так як на будь-якому інтервалі часу він має нескінченну безліч значень, а для точного (без похибки) представлення його значення потрібні числа нескінченної розрядності. Тому необхідно перетворити аналоговий сигнал так, щоб можна було уявити його послідовністю чисел заданої розрядності. Дискретизація аналогового сигналу полягає в тому, що сигнал представляється у вигляді послідовності значень, узятих в дискретні моменти часу. Ці значення називаються відліками. Δt називається інтервалом дискретизації.Для підсилення сигналів використовують різного роду активні елементи -електровакумні лампи,транзистори чи інтегральні мікросхеми. Процес підсилення полягає у збільшені рівня сигналу після проходження його через активний елемент. Залежно від потреби сигнал може бути підсилений у кілька разів,а якщо потрібно то і в кілька сотень і більше разів.

Модуляція (лат. modulatio - мірність, розмірність) - процес зміни одного або кількох параметрів високочастотного модулируемого коливання за законом інформаційного низькочастотного повідомлення (сигналу). У результаті спектр керуючого сигналу переноситься в область високих частот, адже для ефективного мовлення в простір необхідно щоб всі приймально-передавальні пристрої працювали на різних частотах і «не заважали» один одному. Це процес «посадки» інформаційного коливання на апріорно відому несучу. Передана інформація закладена в керуючому сигналі. Роль переносника інформації виконує високочастотне коливання, зване несучим. В якості несучого можуть бути використані коливання різної форми (прямокутні, трикутні і т. д.), проте найчастіше застосовуються гармонійні коливання. У залежності від того, який з параметрів несучого коливання змінюється, розрізняють вид модуляції (амплітудна, частотна, фазова та ін.) Модуляція дискретним сигналом називається цифровою модуляцією або маніпуляцією.

Також сигнали можуть

В основі фільтрування лежить принцип виокремлення потрібного сигналу з поміж інших. Пристрої призначені для цього називаються фільтрами. Залежно від того як вони побудовані фільтри поділяються на активні та пасивні.У будові активних фільтрів використовується якийсь активний елемент.Ним може бути електровакумна лампа,транзистор,операційний підсилювач чи інший активний елемент.

Пасивні фільтри складаються тільки з пасивних елементів-резисторів,конденсаторів,котушок індуктивності.

Генерація-це процес при якому виникає сигнал певної форми,частоти,амплітуди,що змінюється з часом за певним законом.Пристрій,що виробляє такі коливання називається генератором.Він широко використовується у різних пристроях передавання,оброблення,запам’ятовування інформації.

Особливу роль відіграють пристрої запам’ятовування інформації.Вони є різними за характеристиками.Це накопичувачі на магнітних плівках,на оптичних та жорстких дисках,мікросхеми пам’яті та інші.Основними характеристиками накопичувачів є спосіб доступу до інформаціі-він може бути як довільним так і послідовним,швидкість зчитування та запису,енергонезалежність-це здатність накопичувача зберігати інформацію після вимкнення живлення протягом тривалого часу.Мікросхеми пам’яті можуть бути як енергонезалежними так і не енергонезалежними.Це залежить від того для якого роду зберігання інформації вони використовуються.

Для перетворення звукових коливань у низькочастотний електричний сигнал використовують мікрофони.За принципом дії вони поділяються на електродинамічні(котушкові,стрічкові),електростатичні(конденсаторні,електретні),вугільні.Протилежні за дією до мікрофонів є динамічні головки,що призначені для перетворення низькочастотних електричних сигналів у звукові коливання.

Для перетворення електричних сигналів у вигляд прийнятний для того,щоб людина могла візуально бачити інформацію використовують електровакумні прилади,рідкокристалічні панелі,сегментні циферблати та інші.

Для перетворення аналогових сигналів у цифрові використовують анало-цифрові перетворювачі(АЦП).Після проходження через такий пристрій сигнал перетворюється у потік двійкових кодів.Протилежним пристроєм є цифрово-аналоговий перетворювач.Він виконує протилежну дію.

## Елементна база ЗЕА. Пасивні та активні ЕРЕА

Під схемотехнічною ЕБ розуміють електрорадіовироби, які входять в перелік елементів принципової електричної схеми пристрою. ЕРВ включають наступні класи:

ЕРЕ – дискретні резистори, конденсатори, котушки індуктивності та трансформатори, вироби функціональної електроніки;

ВАП – електронно-променеві трубки, радіолампи;

напівпровідникові прилади – діоди, транзистори, тірістори і т.д.;

ІС – конструктивно закінчені прилади мікроелектронної техніки загального використання, які виконують певні функції і т.д.

Пасивні електрорадіоелементи виконують в РЕА різні операції над сигналами. Вони засновані на таких фізичних процесах як електричний контакт, взаємодія електричного струму і магнітного поля, напруги та електричного заряду і ін До них можна віднести котушки індуктивності, конденсатори, резистори, трансформатори і т. д.
Елементною базою прийнято також вважати пристрої, що складаються з окремих ЕРЕ, наприклад LС-фільтри, або з електромеханічних елементів (з'єднувачі, перемикачі, реле). Строго кажучи, їх не можна розглядати як неподільні, так як вони виходять в результаті механічного збирання, електричного монтажу і в багатьох випадках можуть бути розібрані. Однак з точки зору конструктора РЕА вони розглядаються як елементи ап ¬ апаратури. Це пов'язано з тим, що конструктор РЕА вибирає і використовує ці елементи в зібраному вигляді і не може змінити їх конструкцію. Вони нормалізовані на підприємстві або в галузі і можуть бути тестовані.
Напівпровідникові та електровакуумні прилади, будучи активними елементами, з фізичної сутності функціонування принципово відрізняються від пасивних. Їх принцип дії заснований на складних фізичних процесах, вони характеризуються специфічними параметрами, конструкцією і технологією.
В даний час дискретні активні елементи зазвичай використовуються при великих потужностях, на надвисоких частотах і т. п.
Інтегральні мікросхеми - плівкові, гібридні і напівпровідникові різного ступеня інтеграції - найбільш широко застосовуються в РЕА. У гібридних ІС використовуються навісні транзистори і конденсатори великої ємності і деякі інші компоненти, а резистори, конденсатори малої місткості, з'єднання і в рідкісних випадках котушки індуктивності формуються нанесенням плівок на поверхні підкладки.
Основною особливістю напівпровідникових приладів і ІС є наявність кристала напівпровідникового матеріалу з великою кількістю створених в його поверхневому шарі статичних неоднорідностей. Класичним прикладом таких неоднорідностей є області напівпровідника з різними властивостями, наприклад різними типами носіїв зарядів, розділені р-п переходами. Обробка сигналів здійснюється просуванням носіїв з області однієї статичної неоднорідності в область іншої. При цьому відбувається безперервна зміна фізичних величин-носіїв інформації, таких як струм, потенціал, концентрація носіїв і т. д.
Статичні неоднорідності характеризуються такими особливостями: створюються в ході необоротних технологічних процесів в процесі виробництва; в основному зберігають характеристики протягом усього терміну експлуатації; жорстко пов'язані з певними координатами і не можуть перемішатися в обсязі приладу.
Статичні неоднорідності є основою технологічної інтеграції, тобто основою створення і функціонування напів-провідникових ІС, включаючи БІС. Напрямок мікроелектроніки, пов'язане з технологічної інтеграцією, іноді називають схемотехническим. Цей термін заснований на тому, що перетворення, яким піддаються сигнали, визначаються як властивостями статичних неоднорідностей (р-п переходи, що утворюють транзистори, діоди і т. п.) так і тим, яким чином вони сформовані в ІС і з'єднуються між собою, т . е. схемою.
Хоча ІС самі є складними елементами, в яких про-виходять різноманітні перетворення сигналів, їх слід розглядати у складі елементної бази РЕА. Напівпровідникові ІС містять резистори, конденсатори, транзистори і діоди, які можуть бути подібні самостійним дискретним елементам. Але якщо вони входять в ІС, то вже не є елементами РЕА в зазначеному вище сенсі і їх можна розглядати як електрорадіоелементи ІС (ГОСТ 17021-75).
Зі сказаного випливає, що поняття ЕРЕ в апаратурі та в ІС дещо різні. До складу ІВ, наприклад гібридних, можуть також входити частини, що реалізують функції будь-якого ЕРЕ, які можуть бути виділені як самостійний виріб. Тоді їх прийнято називати компонентами ІВ (ГОСТ 17021-75).
Пристрої функціональної електроніки набувають в даний час зростаюче значення в елементній базі РЕА.
У функціональній електроніці (ФЕ) використані нові фізичні принципи і ефекти з метою створення принципово нових електронних пристроїв. Відмінною рисою, таких пристроїв є несхемотехніческіе принципи їх побудови. Функції схемотехніки виконують безпосередньо ті чи інші фізичні процеси, характерною особливістю яких є наявність і використання для обробки або зберігання інформації динамічних неоднорідностей в однорідному обсязі твердого тіла. Прикладом таких динамічних неоднорідностей можуть бути циліндричні магнітні домени, пакети зарядів у приладах з зарядовим зв'язком, хвилі деформації кристалічної решітки в приладах на поверхневих акустичних хвилях і т. д.
Динамічні неоднорідності створюються фізичними методами. Їх поява, переміщення і зникнення в обсязі твердого тіла не пов'язано з процесом виготовлення пристрою. Особливостями динамічних неоднорідностей є те, що вони створюються фізичними засобами в ході експлуатації приладу, а не технологічними в процесі виробництва; можуть виникати і зникати, а також змінювати свої характеристики в часі; можуть існувати тривалий час, і ця тривалість визначається функціональними завданнями пристрою, не пов'язані жорстко з координатами; є безпосередніми носіями інформації, яка може бути представлена як у цифровій, так і в аналоговій формі.
Функціональна електроніка має великі перспективи. Відомо, що в ІС в міру підвищення ступеня інтеграції все більшу і більшу частину площі кристала (до 80%) займають струмоведучі доріжки. Зменшення розмірів активних елементів-найбільш перспективний шлях підвищення рівня інтеграції веде до зменшення розмірів таких доріжок. Якщо їх ширина (і зазор між ними) становить, наприклад, 1 мкм, то товщина доріжки повинна бути 0,2 мкм. Сумарна довжина струмоведучих доріжок в БІС або надвеликих ІС (НВІС) може бути близько 4-5 м. У функціональній електроніці ця проблема відсутня.
В даний час у функціональній електроніці розробляються прилади, в кожному з яких використовується який-небудь один тип динамічних неоднорідностей. У перспективі стоїть питання про перехід до другого етапу - створення пристрою на базі інтеграції різних фізичних ефектів. Це дасть можливість здійснити «паралельний» перенесення і обробку великого масиву інформації, створити пристрій з багатошаровою структурою, використовувати більшу частину площі кристала, підвищити надійність і стійкість до зовнішніх впливів. Широке використання оптичних методів управління переносом і обробкою інформації може наблизити нас до теоретичної межі швидкодії її обробки - швидкості світла.
Активні елементи поділяються за функціями, що вони виконують, за способом виготовлення. Активним елементом наприклад може бути транзистор.

Активними їх називають тому,що при своїй роботі вони споживають електроенергію від зовнішніх джерел живлення. Напруга таких джерел може бути постійною або змінною. Постійною напругою живляться кола анодних і сіткових ланцюгів електровакуумних приладів, емітерний, колекторних та інших кіл транзисторів. Цим створюється заданий режим роботи активних пристроїв. Джерела постійного (високого) струму використовуються для живлення телевізійних і осцилографічних трубок. За допомогою зміного струму живлять катоди електровакуумних пристроїв(сьогодні мало росповсюджені). При цьому відбувається термоелектронна емісія-випускання катодом електронів.Активні елементи докоріно відрізняються від пасивних.

Це пояснюється їхньою будовою та принципом дії. Однією з таких відмінностей є невзаємність. Щоб зрозуміти що це, можна уявити, що активний елемент виконує роль керованого електричного пристрою,що регулює подачу в вихідне коло електроенергії, але не від вхідного керуючого джерела, а від зовнішнього джерела постійного напруги.При цьому втрати енергії на керування набагато менші,ніж керована енергія.Іншою є властивість нелінійності ,що використовується при виготовлені приладів, що використовуються для роботи з коливанями (наприклад, детекторів, перетворювачів частоти, модуляторів,підсилювачі різноманітного призначення).

Всі активні пристрої умовно можна поділити на дискретні елементи і інтегральні схеми. Дискретні елементи в радіоелектронній апаратурі поділяються на: електровакуумні прилади з високим розрідженням повітря в балоні ; газорозрядні прилади ; напівпровідникові прилади.
Особливу місце слід відвести таким активним пристроям як є інтегральні схеми (ІС) - мікроелектронні елементи, що призначені для виконання певних дій наприклад перетворення та обробки сигналів.ІС мають високу щільність електрично з'єднаних компонентів,що в свою чергу забезпечує більшу надійність та довговічність порівняно з іншими активними елементамиСхемне і конструктивне об'єднання великої кількості елементів в одному кристалі, призвело до появи терміну «інтегральні» схеми. В одній ІС можуть вміститися сотні і тисячі елементів.За конструктивнотехнологічними ознакам ІС діляться на напівпровідникові і гібридні. Напівпровідникова ІС виготовляється при нанесені еквівалентної електричної схеми-ті ж конденсатори,резистори,діоди та інші елементи на поверхню кремнієвої пластинки,що носить назву кристала, а також з'єднання між ними. Технологічний процес виготовлення напівпровідникових мікросхем має груповий характер, тобто одночасно виробляється велика кількість ІС з однаковими параметрами.

Також є метод виготовлення інтегральних мікросхем пошаровим нанесення тонких плівок різних матеріалів на загальну основу (ізоляційну підкладку) і формування на них пасивних елементів та їхніх сполук.Гібридні ІС з'явилися як результат поєднання плівкових і напівпровідникових мікросхем і дискретних напівпровідникових активних елементів.За допомогою друкованого монтажу об'єднують дуже малі за розмірами елементи ІС: конденсатори, індуктивні елементи, напівпровідникові прилади (діоди, транзистори). Резистори формуються як сполучні лінії необхідного перерізу і довжини, виконані з матеріалу з потрібним питомим опором.

Пасивні елементи функціонують без зовнішніх джерел живлення - це їхня основнв відміність від активних елементів.

Процеси,що відбуваються при проходжені сигналів через пасивні елементи не носять характеру підсилення. Властивості цих елементів майже завжди не залежать від полярності прикладеної до них напруги чи напрямку протікання електричного струму.

 Номенклатура пасивних елементів містить досить багато різних екземплярів, але менша порівняно з номенклатурою активних елементів. До них належать конденсатори, індуктивні компоненти, елементи комутації,резистори різного призначення та будови.
Пасивні елементи можна поділити за рядом таких ознак: призначенню, діапазонами частот, допустимої потужності розсіювання, матеріалами та технології виготовлення,. Вони виготовляються як і з постійними параметрами так і з змінними.Елементи зі змінними параметрами, як правило,коштують дорожче і мають більші порівняно з пасивними елементами з постійними параметрами габаритні розміри та масу,що іноді є досить незручним при виготовлені радіоелектронної апаратури.З часом під дією зовнішніх факторів таких як температура,вологість повітря та інших їхні параметри можуть змінюватися,що в свою чергу призводить до неправильного функціонування радіоелектронної апаратури.

Номенклатура як активних так і пасивних елементів постійно доповнюється елементами з кращими характеристиками-це дозволяє створювати прилади високої надійності,якості,енергозбереження-що є досить актуальним.

##  Пристрої функціональної електроніки.

##  Основні напрямки створення ПФЕ

Пристрої функціональної електроніки можуть виконувати в РЕА складні функції, однак їх включають до складу елементної бази, так як конструктор РЕА застосовує їх, не піддаючи змін.
Вивчати УФЕ слід спільно з ЕРЕ, так як УФЕ часто виконують в РЕА такі ж функції, які можуть виконуватися при застосуванні ЕРЕ. Спільне вивчення УФЕ і ЕРЕ дозволяє здійснювати їх раціональний вибір при конструюванні РЕА. З точки зору методики вивчення дискретні транзистори, електровакуумні прилади і ІС виділені в окремий курс; в даній книзі вони детально розглядатися не будуть, а зачіпаються тільки в тій мірі, яка необхідна для обгрунтування ролі і місця в РЕА різних елементів.

Функціональна електроніка охоплює питання одержання комбінованих середовищ із заданими характеристиками методами фізичної інтеграції, тобто використання таких фізичних принципів,використання котрих яких дозволить отримати високотехнологічні компоненти.Вона передбачає виготовлення ІС на основі функціонально простих елементів типу транзисторів, діодів, резисторів і т. д.
У функціональній електроніці використовуються нові фізичні явища та ефекти для створення принципово нових електронних пристроїв основною рисою яких є схемо технічний принципи побудови.

Ті чи інші фізичні процеси виконуються завдяки різним схемотехнічним рішенням.Основною особливістю цих приладів є використання для обробки або зберігання інформації динамічних неоднорідностей в однорідному обсязі твердого тіла. Прикладом можуть бути циліндричні магнітні домени, пакети зарядів у пристроях із зарядовим зв'язком, хвилі деформації кристалічної решітки в приладах на поверхневих акустичних хвилях і т. д.
Динамічні неоднорідності виникають при різних фізичних процесах.Їх поява, переміщення і зникнення в об’ємі твердого тіла не пов'язана з процесом виготовлення приладу. Особливими характеристиками таких неоднорідностей є те, що вони створюються фізичними засобами під час роботи пристрою, а не технологічними в процесі виготовлення; можуть виникати,зникати і змінювати свої параметри в часі; можуть існувати протягом тривалого часу, і ця тривалість визначається функціональним призначенням пристрою; є безпосередніми носіями інформації, яка може бути представлена у різній формі (цифровій чи аналоговій).
Функціональна електроніка це досить перспективна галузь,що розвивається швидкими темпами.Зменшення габаритів активних елементів - найбільш перспективний шлях підвищення рівня інтеграції.
На даний момент часу у функціональній електроніці розробляються пристрої, в кожному з яких використовується будь-який один тип динамічних неоднорідностей. У перспективі стоїть питання про перехід до другого етапу – розробка та виготовлення пристрою на базі інтеграції різних фізичних явищ.

Це дозволить здійснити «паралельне» перенесення і обробку великої кількості інформації,виготовити прилад із багатошаровою структурою, використовувати більшу частину площі кристала, підвищити надійність і стійкість до зовнішніх факторів впливу навколишнього середовища.  Пристрої функціональної електроніки виконують в РЕА складні функції та операції над сигналами та даними, однак їх включають до складу елементної бази, так як їх можна використовувати тільки з тими параметрами,які були задані для них при їхньому виготовлені.

Функціональна електроніки побудована на принципі фізичної інтеграції, що в свою чергу дозволяє реалізувати деяку функцію апаратури без застосування стандартних базових елементів,використовуючи різні фізичні явищах у твердих тілах-для цього об’єму твердого тіла додаються такі властивості,що потрібні для виконання деякої функції.Головною ознакою фізичної інтеграції є відсутність або змнншення питомої ваги схемотехніки та використання динамічних неоднорідностей для виконання певних функцій.
Основні напрямки функціональної електроніки є пристрої побудовані на основі приладів із зарядовим зв’язком,циліндричному магнітному ефекті -ці пристрої дозволяють створювати прилади високої функціональної гнучкості з виключно високими параметрами. При цьому функції логіки, запам'ятовування і комутації реалізуються без порушення однорідності структури матеріалу носія, дозволяючи поєднувати паралельні і послідовні коди, логіку і пам'ять системи.
Дія пристроїв на основі ядерного магнітного резонансу заснована на використанні методу спінового відлуння - імпульсного способу спостерігання за ядерним магнітним резонансом. На основі відлуння реалізуються системи пам'яті і спектральної обробки сигналів.
Пристрої на основі голографічного принципу крім високої щільності запису створюють переваги, які неможливо отримати іншими методами.Основна – це висока надійність зберігання інформації.За допомогою голографічного принципу можна повністю реалізувати переваги,що пов'язані з можливістю паралельного доступу.Ще одна перевага голографічного принципу-це можливість записувати в аналоговій формі, що відрізняє голографічні ЗУ від усіх інших видів запам'ятовуючих пристроїв із зберіганням символів двійкового коду .
Білкова біологічна пам'ять ґрунтується на використані методів біотехнології для складання схем,виготовлених на основі молекулярних електронних пристроїв. У молекулярних електроно-обчислювальних машинах передбачається в якості активних елементів використовувати молекули.Вони прийдуть на зміну традиційних матеріалів (кремнію, арсеніду галію та ін) і будуть використовувати органічні молекули, в тому числі спеціально сконструйовані білки, що мають властивість бістабільності, тобто здатністю як завгодно довго перебувати в одному з двох стійких станів.Також до ПФЕ відносяться оптрони,оптичні кабелі,інжекційні напівпровідникові лазери,рідкокристалічні індикатори, магнітооптичні модулятори та інші.

## Сумісне використання ІС та ЕРЕ

Спільне використання ІС і ЕРЕ. Основні елементи, складаючи у сукупності елементну базу (ЕРЕ, транзистори, ЕВП, ІС та УФЕ), окремо не можуть забезпечити ефективне виконання функцій, необхідних для роботи РЕА, але вони та доповнюють один одного. Кожен з цих елементів має свої переваги і недоліки. Різноманітність елементної бази ускладнює роботу по проектуванні РЕА, так як вимагає більш широкої підготовки конструкторів і розгляду великої кількості варіантів реалізації РЕА, отже великої ерудиції конструктора. Однією з основних складових елементної бази є інтегральні мікросхеми. Вони мають дві істотні розрізняються різновиди - аналогові і цифрові мікросхеми.Аналогові мікросхеми, в більшості своїй гібридні ІС (ГІС), великі гібридні ІС (ВГІС), будучи компактними і технологічними, дозволили ефективно вирішити ряд завдань, стоячих перед РЕА, а саме виконати функції детекторів, генераторів, підсилювачів, аналогових селективних елементів на основі плівкових індуктивностей і ємностей і т. д.Цифрові мікросхеми, в яких над дискретними сигналами виконуються логічні функції (операції І, НЕ, АБО і т. д.), отримали більший розвиток. При цьому мають на увазі напівпровідникові ІС. Виграш в надійності, габаритах, вартості таких мікросхем істотно пов'язаний зі ступенем інтеграції. Підвищення ступеня інтеграції ІС при відповідному рівні технології, що забезпечує досягнення високого відсотка виходу придатних виробів, дозволяє підвищити надійність, поліпшити массогабаритні характеристики, ефективність виробництва та застосування. Це викликало швидке збільшення ступеня інтеграціі і використання БІС зі степенем інтеграції  і НВІС зі степенем інтеграції  і більше елементів.Однак підвищення ступеня інтеграції призводить до труднощів застосування таких ІС. Це пов'язано з тим, що при збільшенні степеня інтеграції зменшується «гнучкість» або універсальність ІС. При середньому ступені інтеграції можна використовувати стандартні, що випускаються в масовій кількості ІС, поєднуючи їх в різних комбінаціях і домагаючись виконання різних функцій. Ускладнення функцій досягається шляхом збільшення стандартних ІС. У напівпровідникових ВІС і НВІС кількість корпусів зменшується, маса, габарити, вартість елемента ІС (транзистора) зменшується, але можливість отримання різних функцій на основі однієї конструктивно і технологічно закінченої БІС різко обмежується, кількість необхідних типів ІС збільшується.

## Сумісне використання ПФЕ та ЕРЕ

Одночасне використання інтегральних мікросхем і ЕРЕ дає змогу вирішити багато проблем,що виникають при конструювані та виготовлені радіоапаратури.Інколи навіть при сумісному їх використані потрібних результатів досягти досить важко.Наприклад функції фільтрації та запам'ятовування.
LС-фільтри технологія виробництва яких порівняно не складна,мають низьку стабільність та добротність. При зниженні частоти їх розміри зростають,а стабільність погіршується.

Якщо збільшувати стабільность та добротность,то значно зростуть розміри і вартість-що зробить їх не конкурентно спроможними порівняно із іншими зразками.У електромеханічних та кварцових фільтрів порівняно з LС-фільтрами кращі електричні параметри, але їхнє виготовлення технологічно є більш складним-потрібна дуже точна обробка деталей,а потім складна збірка.Це відповідно підвищує їхню вартість.
 У інтегральній мікроелектроніці також є проблеми з фільтрацією, наприклад, на частотах вище 0,1 ... 5 МГц.Для цього в радіоелектронних пристроях при певних умовах краще викорристати прилади фільтрації на основі функціональної електроніки,.
Також проблеми виникають і при виготовлені запам'ятовуючих пристроїв.Це пов’язано із великими обсягами інформації,точніше із їхньою організацією-із швидкістю зчитування.Виготовлення таких пристроїв потребує високої точності обробки.Останім часом широкого застосування зазнали запам'ятовуючі пристрої на основі напівпровідникових БІС пам'яті з невеликою массою та енергоекономні,використовуючи які можливо отримати високі швидкодію і надійність,що є чи не найголовнішими характеристиками пристроїв цього типу.

З вище сказаного можна зробити висновок,що навіть при сучасному розвитку технологій все таки зустрічаються деякі проблеми при конструювані радіоелектронних пристроїв.
Перспективним напрямком в сучасних умовах є комплексне застосування в радіоелектронних апаратах інтегральної мікроелектроніки, в тому числі і у вигляді великих інтегральних схем,надвеликих інтегральних схем,гібридних,а також великих гібридних інтегральних схем, функціональної електроніки і дискретних радіоелементів.

## Розвиток елементної бази. Мікромініатюризація

Покоління РЕА пройшло чотири етапи розвитку елементної бази. Зазвичай говорять про чотири покоління РЕА. Розвиток елементної бази визначається потребами при виготовлені радіоелектронних пристроїв грунтується на досягненнях фізики,хімії та технологій виробництва.Скачок у розвитку елементної бази відбувся на початку другої половини минулого століття- коли досягнення у галузі фізики створили основу для появи мікроелектроніки.
Ускладнення функцій,що виконуються в радіоелектронних пристроях призвели до того,що складність апаратури швидко зростала.Удосконалення основних параметрів РЕА дало початок мікроелектроніки і як наслідок створення і виготовлення ІС, що почалося приблизно з 1960-1965 рр.Завдяки мікроелектроніці відбувся значний прогрес у розвитку дискретних елементів.Були виготовлені нові дискретні елементи з покращеними характеристиками.ІС відкрила великі можливості вдосконалення РЕА і створення нових пристроїв.

З часом зростали потреби у більш функціональних та надійних пристроях елементної бази це призвело до створення пристроїв функціональної електроніки, надвеликих інтегральних схем, мікропроцесорних великих і надвеликих інтегральних схем,великих гібридних ІС і мікрозбірок –це четверте покоління у розвитку елементної бази.

## Завдання конструкторів технологів РЕА в

## дослідженні,проектуванні ПФЕ та РЕА

Основні визначення, що відносяться до понять: конструкція, конструювання, технологія
Конструювання - це процес створення конструкції або область діяльності інженерів зі створення конструкцій.
Конструкція - матеріал, доцільно організований в просторі. Під словом «доцільно» стосовно технічних конструкцій розуміється здатність виконувати визначати функції і зберігати властивості, що забезпечують виконання функцій, при наявності зовнішніх впливів; придатність до високоефективного повторення, тобто виробництва. Таке визначення є найбільш загальним, воно відноситься як до ЕРЕ, так і до УФЕ і ІС. Для конструкції, що складається із сукупності роздільно виготовляється із деталей, що збираються, придатне таке визначення. Конструкція є організована сукупність елементів і деталей, здатна виконувати задані функції за наявності зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів і придатна до повторення в умовах виробництва .
Технологія - це сукупність способів, процесів обробки та обладнання, що використовуються при виготовленні елементів конструкції та складанні апаратури (механічному та електричному з’єднанні), які забезпечують отримання заданої конструкції з високою продуктивністю і малими витратами.

Конструктори і технологи РЕА - це інженерно-технічні працівники, зайняті теоретичними роботами, дослідженнями, проектуванням, випробуваннями, розробкою документації та рішеням питань по конструкції і технології, що виникають у виробництві та експлуатації.

Конструктори-технологи, зайняті конструюванням та виробництвом апаратури, повинні виконувати свої функції спільно з фахівцями в області РТС, схем і технічної експлуатації. Останні зазвичай виступают як замовники. При цьому важливість завдання конструктора РЕА полягає в тому, щоб правильно вибирати і застосовувати готові елементи з точки зору електричного режиму, умов експлуатації, електромагнітної сумісності, забезпечення теплового режиму, ремонтопридатності і т. д. Конструювання спеціалізованих УФЕ і ЕРЕ істотно відрізняється від конструювання РЕА; при створенні ЕРЕ і УФЕ велике значення має фізика функціонування елементів, конструкція і технологія. Тому на відміну від конструкторів, занятих конструюванням апаратури в цілому, конструктори і технологи, що працюють в області елементної бази, повинні вирішувати питання з залученням фахівців з галузі фізики.

## Методологія та принцип проектування і застосування ЕРЕ

Методологією називають сукупність основних принципів, що використовуються в тій чи іншій галузі.Методологія проектування та застосування електрорадіоелементів та пристроїв функціональної електроніки базується на принципах ієрархічної побудови конструкцій радіоапаратури;прогресивна технологія при мінімальному обсязі складальних робіт і точної механічної обробки;підвищення технічної та економічної ефективності застосування; комплексна автоматизація проектування і виробництва; забезпечення надійності, стійкості при наявності зовнішніх впливів факторів.
На даний час при дослідженнях, проектуванні, виробництві та експлуатації загальне визнання має системний підхід. Він пов’язаний з поняттям «система». Під цим поняттям розуміють сукупність взаємопов'язаних приладів або частин, що разом виконують задані функції при умовах взаємодії із зовнішнім середовищем. Застосовуючи до ЕРЕ і ПФЕ системного підхіду, слід враховувати,що виникають і розвиваються потреби виконання тих чи інших функцій в РЕА.
З вище сказаного випливає,що системний підхід є застосуванням конкретизації діалектики стосовно до техніки.

Формування системного підходу має значення, з одного боку, для розвитку діалектичного мислення і наукового світогляду і, з іншого боку, дозволяє краще правильно орієнтуватися у областях техніки.

## Врахування випадкового характеру випадкових змін,

## відхилення та зміни характеристик ЕРЕ

 З електрорадіоелементів та пристрої функціональної електроніки складаються РЕА тому їх параметри та характеристики впливають на відхилення і стабільність апаратури.Відхилення в характеристиках матеріалів, в технологічних процесах і складність фізичних процесів виготовлення та функціонування призводять до того, що параметри та характеристики мають випадкові відхилення.
В процесі функціонування при впливі температури, вологості, часу відбуваються випадкові зміни параметрів і характеристик.Велике значення для оцінки правильного вирішення питань про їх застосування в РЕА є методи кількісної оцінки і математичного опису закономірностей випадкових відмов, відхилень і нестабільності. Оскільки, вони випадкові, то їх опис може бути отримано тільки імовірними методами.Методи отримали розвиток і широке визнання в техніці порівняно недавно.Відомо, що параметри відхиляються від розрахункових значень. Ці відхилення раніше часто розглядалися як фактори, що впливають на загальний результат.Проте подальший розвиток науки та техніки показав, що проблема випадковостей значно різноманітніша та складніша.

Виявляється,що в ряді випадків, коли кінцевий результат визначається масовими явищами, закономірності, що характеризують результат, є імовірнісними.Поступово накопичуючись, такі факти призвели до висновку про необхідність зміни колишніх уявлень про науковість тільки однозначних залежностей.В результаті сформувалося сучасне уявлення про те, що в тих випадках, коли в організації кінцевого результату беруть участь багато елементів однозначні закономірності втрачають зміст і результати можуть бути описані тільки ймовірно.Тому сучасна наука дійшла до висновку, що імовірні закономірності є фундаментальними.Основні параметри та характеристики ЕРЕ і ПФЕ потрібно розглядати використовуючи поняття випадкових подій.Наприклад, опір плівкового резистора визначається взаємозв'язком незліченної безлічі дрібних частинок причому резистивні властивості залежать від кількох фізичних явищ- діркової провідності, електронної провідності і т.д.І тому опір резистора є випадковою величиною.
У випадках, коли для функціонування ЕРЕ і ПФЕ використовуються порівняно прості явища стикаємося з тим, що у процесі виготовлення ЕРЕ і ПФЕ є велика кількість пов'язаних з технологією виробництва проблем.Тоді параметри та характеристики також виявляються випадковими величинами та функціями.
При конструюванні та проектуванні,та в процесі виробництва слід прагнути до звуження допусків.Досвід та теорія показують, що це можливо тільки до певного рівня. Подальше поліпшення цих показників часто потребує перегляду та ускладнення конструкції, використання більш дорогих матеріалів, тобто супроводжується збільшенням вартості, а часто також збільшенням маси і габаритів.

Потрібно вважати припустимим тільки такий рівень відхилень і нестабільності, що технологічно виправданий. Як правило, вдосконалення конструкції та технології ЕРЕ і ПФЕ дозволяє зменшити відхилення,але для досягнення таких результатів треба,щоб технолог міг оперувати імовірнними методами і користуватися поняттями, які дозволяють кількісно характеризувати такі важливі властивості як точність, стабільність характеристик, надійність, а також вплив зовнішніх впливів.

## Шляхи забезпечення високої ефективності проектування

## та виготовлення ПФЕ та ЕРЕ

Економічні показники важливі і для РЕА, а отже і для елементної бази.Для того щоб з'ясувти,яким чином впливає елементна база на економічні показники і на забезпечення інтенсивного розвитку , необхідно спочатку виявити закономірності, які визначають витрати на радіоапаратуру та її елементи.
 Оцінюючи економічні показни користуються поняттям техніко-економічної ефективності. Вона оцінюється за приведеними витратами, в які входять: складова $C\_{k}$ залежна від капітальних витрат, і складова $C\_{Э}$ залежна від витрат на експлуатацію.Питання, пов'язані з витратами на розміщення та введення в дію, не потребують пояснень,тому вони мають мале відношення до елементної бази і зазвичай істотно менші, ніж витрати на виготовлення.
Витрати на виготовлення апаратури пов'язані з витратами на проектування, підготовку виробництва.Виріб вважається таким, що відповідає вимогам техніко економічної ефективності,коли наведені витрати менше якогось певного рівня. При цьому передбачається, що корисний ефект визначається технічними параметрами, які задаються і повинні бути забезпечені у всіх варіантах, порівняних за техніко-економічної ефективності.Тому техніко-економічна ефективність комплексно оцінює РЕА з урахуванням витрат як на виготовлення, так і на експлуатацію нової техніки.
Витрати в значній мірі визначаються вартістю ЕРЕ і ПФЕ, ІВ і т. д., тому що відомо, що вартість елементної бази становить до 70-80% вартості апаратури.

Для підвищення техніко-економічної ефективності апаратури велике значення має зниження вартості при збереженні чи поліпшенні їхніх характеристик і якості. Конструктор, вирішуючи питання про застосування тих чи інших елементів,має враховувати їхню вартість.
Чим менш стабільні і надійні елементи, тим частіше потрібно контролювати працездатність апаратури, шукати несправності, ремонтувати, замінювати,проводити регулювання.В подальшому при розгляді конкретних ПФЕ і ЕРЕ слід звертати увагу на дії,що для них найнебезпечніші.Покращуючи характеристики елементів, їх стабільність, надійність, можна знизити експлуатаційні витрати.Підвищення стабільності і надійності елементів є досить актуальним питанням.В деяких випадках поліпшення експлуатаційних характеристик може збільшити вартість, масу і габарити РЕА.Вартість елементів визначається факторами, аналогічними тим, які були вказані для РЕА:витратами на проектування, підготовку виробництва.З цього випливає, що вартість елементів зменшується тоді коли більше елементів даного типу буде випущено.Вартість кожного екземпляра у виробництві повинна бути максимально найменшою.Основну роль при вирішенні цього завдання відіграє автоматизація конструкторського проектування і технологічної підготовки виробництва.

## Стандартизація ЕРЕ та ПФЕ

Основними цілями державного стандарту є прискорення технічного прогресу, підвищення ефективності суспільного виробництва, продуктивності інженерної праці. Стандартизація має найважливіше значення і в конструюванні елементів.
Стандартизація базується на сумісних досягненнях науки та техніки. Вона визначає основу для подальшого розвитку.

Випереджувальна стандартизація - це стандартизація, що полягає у встановленні підвищених по відношенню до вже досягнутого на практиці рівню норм, вимог до елементів, які згідно з прогнозами будуть оптимальними в майбутньому.Стандартом називають нормативно технічний документ,який встановлює комплекс норм, правил і вимог до елементів і затверджений відповідними органами. Стандарт може бути розроблений як на самі елементи та їх параметри, так і на правила випробувань і приймання. Стандарти встановлюють терміни і визначення, обов'язкові для застосування в документації.Всі державні стандарти містять індекс ГОСТ, реєстраційний номер і дві останні цифри, що позначають рік затвердження, що вказується через тире.Державним стандартам присвоюються також позначення за класифікатором державних класів.

Основним завданням стандартизації елементів це встановлення вимог до якості готових елементів на основі комплексної стандартизації їх характеристик і також матеріалів комплектуючих виробів, необхідних для виготовлення з високими показниками якості та ефективної експлуатації; вимог і методів у галузі проектування і виробництва елементів з метою забезпечення їх оптимальної якості;єдиних систем документації, у тому числі уніфікованих систем, що використовуються в автоматизованих системах управління.

Технічними умовами називають нормативно-технічний документ, що встановлює певні вимоги до елементів. Вони розробляють за відсутності державних, республіканських і галузевих стандартів.
Найбільше застосування в конструюванні елементів РЕА має система стандартів ЕСКД. У цю систему входить багато стандартів.
Виконання креслень всіх видів повинно здійснюватися на основі ГОСТів.Специфікації до таких кресленнями виконуються також за ГОСТ 2.108-68 і містять розділи: документація, комплекти, складальні одиниці, деталі, стандартні вироби (у тому числі стандартизовані ЕРЕ, наприклад резистори, конденсатори і т. п.), інші вироби, матеріали.
Важливим документом по ЕСКД є схема. Схема - це документ у якому в вигляді умовних зображень показані складові частини виробу і зв'язок між ними. За ГОСТ 2.701-76 передбачені електричні (Е) та інші схеми.
Всі типи електричних схем широко використовуються у конструюванні РЕА та її елементів.
Правила виконання всіх видів схем наведені у ГОСТ 2.702-75. Складова частина схеми, яка виконує певні функції і не може бути розділена на частини, що мають самостійне призначення, називається елементом схеми. Елементи зображуються на електричних схемах у вигляді умовних графічних позначень.
У практичній діяльності конструктор - технолог крім системи ЕСКД та інших спільних систем стандартів використовує ГОСТи на вироби: гвинти, гайки, плати, сердечники ферритові сердечники, конденсатори, резистори, реле та інші елементи.У ГОСТах на такі вироби містяться вимоги до параметрів,допусів, номенклатурі,габаритними і настановним розмірам, методам випробувань і приймання та ін.

Матеріали, що використовуються при конструюванні РЕА, ЕРЕ і ПФЕ як правило, тестовані. У цих ГОСТах вказується асортимент, характеристики, допуски.У кресленнях на деталі і складальні одиниці обов'язково указується ГОСТ.В цілому конструктору-технологу доводиться мати справу з великою кількістю найрізноманітніших ГОСТів.Тому велике значення при конструювані відіграють довідники по номенклатурі ГОСТів.Пристрої функціональної електроніки є новим видом виробів,тому вони часто виготовляються з відповідно до стандартів підприємств.
Стандартизація пройшла досить складний шлях.Поглиблення спеціалізації призвело до розширюючого проектування і випуску ЕРЕ на спеціалізованих заводах.Наступним етапом розвитку елементної бази було поширення виготовлення деяких ЕРЕ і ПФЕ на аппаратобудівних підприємствах на основі,типових прогресивних технологічних процесів і типових елементів конструкцій.Слід зазначити, що стандартизація крім зазначених вище переваг має певні недоліки і обмеження, а також змушує вирішувати ряд складних завдань-стандартизацію в ЕРЕ і ПФЕ.Стандарт на ЕРЕ звичайно допускає наявність сукупності спеціалізованих підприємств, технологічного обладнання, засобів контролю.

При переходах на випуск нових елементів стикаються з тим,що велика кількість апаратури, що використовує стандартизовані на попередньому етапі ЕРЕ.Апаратура може функціонувати 20 ... 30 років після випуску і вимагає подальшого відновлення і ремонту.Теорія і досвід показали, що в цьому випадку стандартизація повинна полягати в тому, щоб стандартизували деталі конструкцій, виготовлення яких вимагає застосування спеціальних технологічних процесів.При цьому стандартизація може не чіпати таких процесів виготовлення, які допускають використання звичайного обладнання.
Значні труднощі виникають при стандартизації деяких ПФЕ, наприклад фільтрів на поверхневих акустичних хвилях, в основі виробництва яких лежать складні технологічні процеси.У подібних випадках на спеціалізованих підприємствах досліджуєются і відпрацьовуються типові технологічні процеси виготовлення деталей конструкцій та обладнання.

Стандартизація в ЕРЕ і ПФЕ може бути різної форми залежно від особливостей конструкцій.Бажано прагнути до того, щоб якомога більша кількість ЕРЕ і ПФЕ проектувалося і виготовлялося на спеціалізованих підприємствах і відповідало вимогам.Але іноді цього досить важко досягти.

## Надійність ЕРЕ та ПФЕ

Надійність є одним з найважливіших показників якості в цілому.У міру розвитку радіотехнічних систем надійність як оцінки якості зростає тому,що апаратура ускладнюється, кількість елементів постійно збільшується-це призводить до частих відмов.Надійність визначається принципом дії,наслідком, схемою, технологією виробництва та експлуатацією, а також надійністю елементної бази.
Надійністю називають властивість виконувати певні дії, зберігаючи в часі параметри експлуатаційних показників у певних межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, ремонту, зберігання і транспортування.Ремонтопридатність – це властивість, що характеризує можливість відновлення елемента після виходу із ладу.Довговічністю називають збереження працездатності до порогового стану при встановленому ТО і ремонту.У РЕА відмова визначається спільною дією безлічі елементів, різних за принципом функціонування.
З наведених причин загальна теорія надійності, розвинена і отримала відображення, в літературі переважно стосовно РЕА, повинна бути доповнена закономірностями, що випливають з особливостей роботи елементів.

Оскільки деградаційні процеси протікають випадково, ці доповнення також, як і загальна теорія надійності, засновані на ймовірнісних методах.При оцінці надійності елементів основну увагу потрібнр звертати звертати на безвідмовність, довговічність і збереженість. Ці параметри в основному визначають і задають характеристики апаратури.Підвищення надійності це забезпечення правильних режимів використання апаратури з урахуванням того, які зовнішні впливи впливають на їх надійність. Вплив вологості та атмосферного тиску навколишнього середовища можуть значно зменшитися опиняючись на елементах, захищених герметизацією, ніж на РЕА в цілому.

З точки зору забезпечення умов нормального теплового режиму ЕРЕ і ПФЕ зазвичай працюють у більш важкому режимі, ніж РЕА в цілому, оскільки на них діє тепло, наявне всередині РЕА.
Особливості впливу на ЕРЕ і ПФЕ тривалих вібрацій та інших механічних навантажень полягають в тому, що кожен з елементів є закінченим в конструктивному і технологічному відношенні і в багатьох випадках дії викликають руйнування не в самих елементах, а в деталях, установ підтримують кріплення.Тому закономірності відмов при механічних навантаженнях різних елементів можуть бути схожими.
Випадкові відхилення і зміни параметрів елементів корисно розділити на два види, що відрізняються один від одного імовірною фізичною природою.Вони визначаються складними фізичними процесами деградації під впливом внутрішніх сил і зовнішніх впливів, що призводять до переходу фізичних структур з нерівноважного стану, створеного при виготовленні, до рівноважного.
Якщо конструювання елемента виконано правильно, з урахуванням випадкових відхилень параметрів і характеристик при виготовленні, то застосовуються технологія і конструкція дозволяють отримати розсіювання дараметров і характеристик в допустимих межах, тобто забезпечується високоефективне виробництво. При цьому велике значення має технічно, технологічно і економічно обгрунтована система допусків, тобто така система, в якій допуски на параметри забезпечують отримання вихідного параметра в заданих межах, а ступінь розсіювання параметра реалізуется прийнятою технологією виготовлення без великих відходів в шлюб.
У кожному ЕРЕ і ПФЕ до поступових і раптовим відмовам призводить різна фізична сутність процесів.Спільними для всіх елементів є характерні особливості деградаці ційних явищ, які полягають в тому, що вони супроводжуються монотонними змінами внутрішнього стану, які призводять до раптових ізносовим відмов або монотонним з-трансформаційних змін функціональних параметрів.
Випадкові відхилення у властивостях матеріалів, наявність в них домішок, відхилення в технології призводять до того, що в процесах деградації спостерігається значне розсіювання. Це призводить до випадкових відхилень часу безвідмовної роботи до раптових ізносових або поступових відмов.Тому для зменшення цього розсіювання або збільшення середнього часу до відмови потрібні більш чисті і дорогі матеріали, велика точність виконання технологічних процесів і т. п., що призводить до істотного подорожчання елементів.

Покращити надійність ЕРЕ і ПФЕ можна шляхом відсіювання елементів із зниженою надійністю.Для того щоб у подальшому обгрунтовано враховувати можливості прогнозування відмов і стабільності ЕРЕ і ПФЕ, необхідно зупинитися на загальних закономірностях і виявити шляхи спрощення та автоматизації процесу прогнозування відмов ЕРЕ і ПФЕ, що важливо для їх застосування на виробництві. .
Специфічна стосовно ЕРЕ і ПФЕ проблема скорочення часу при проведенні випробувань на тривалий функціо.Це визначається тим, що за останні роки досягнуто значний прогрес у поліпшенні надійності ЕРЕ і ПФЕ.

 Для контролю елементів у виробництві, де може спостерігатися погіршення якості матеріалів і порушення технологічних процесів, які призводять до зниження надійності. відповідає вимогам.Методи випробувань мають бути іншими-вони повинні передбачати значне скорочення числа елементів, що піддаються випробуванням і тривалості випробувань. Вирішення цього завдання розвивається у двох напрямках. Перше - вироблення принципів і методів контрольної оцінки надійності по малій вибірці елементів.Найбільш характерним є використання більш важчого температурного режиму, іноді доповненого підвищеною вологістю і більш напруженим електричним режимом.Це дає змогу виявити ненадійні елементи ще на початку конструювання втробу.

## Моделі відмов ЕРЕ та ПФЕ

Протягом тривалого часу до надійності ставилися як до суто відносного поняття, виявляючи основні імовірності та закономірності з досвіду.Експонентний закон надійності, згідно з яким щільність розподілу часу до раптового хаотичного відмови (або між відмовами) описується виразом

Де  інтенсивність відмов. При цьому ймовірності справної роботи та відмови за певний час $t\_{x}$

(знак ~ відноситься до випадкових величин.). Раптові відмови можна називати хаотичними.В даний час все більшого визнання отримує фізична теорія надійності елементів-вивчають закономірності впливу на стабільність і відмови елементів фізичних процесів, що визначають їх роботу, а також впливу відхилень,що спостерігаються в технології виготовлення-чистоті матеріалів,точності виконання операцій, методу контролю та випробувань.

Зміни параметрів і відмови елементів можуть спостерігатися при впливі температури, вологості,які в процесі використання пристрою змінюються випадково, а також при змінах електричних режимів.Основне значення мають зміни параметрів і відмови елементів,які відбуваються в процесі тривалої роботи апаратури.
Відповідно до сучасної теорії надійності, поступовий або раптовий вихід із ладу елемента є результатом того,що в процесі старіння функціональний параметр досягає граничного значення або прихований параметр досягає значення, що призводить до зовні непомітних змін функціональних властивостей.При дослідженнях надійності в часі необхідно мати уявлення про основні імовірні закономірності, яким поддаються випадкові зміни параметрів і характеристик елементів у процес експлуатації.

## Метод прискорення випробувань ПФЕ та ЕРЕ

Для прискорених випробувань елементів на надійність наййбільше значення мають: можливість зменшення часу випробувань при збереженні однакових режимів за рахунок збільшення кількості піддослідних елементів при відомих законах розподілу часу до відмов і отримання результатів надійності по невеликій кількості відмов; можливість зменшення кількості піддослідних елементів і часу при , більш жорстких режимах випробувань.

Прискорені випробування особливо важливі для контролю при серійному випуску.Коли закон,який описує випадковий час до відмови, знайдений при дослідних випробуваннях, то при допустимому числі можна оцінювати параметри цього закону за часом, протягом якого буде отримана невелика кількість відмов, значно меншому, ніж середнє.

Частіше всього використовують поняття інтенсивності відмов,яке визначається як відношення однотипних елементів,що відмовили протягом певного періоду до кількості числа елементів,які були справні на початку цього проміжку і помножене на час протягом якого відбулися відмови.

## Застосування дискретних коденсаторів, резисторів

## та котушок індуктивності в РЕА

Схемне рішення, технічні параметри і функціональні можливості РЕА залежать від властивостей комплектуючих елементів та виробів, основними видами яких є резистори, конденсатори, котушки індуктивності,напівпровідникові вироби, ІС, електроакустичні прилади та інші.

Розвиток радіоелектроніки характеризується ускладненням вимог і завдань, що вирішуються РЕА. Елементна база радіоелектроних апаратів пройшла у своєму розвитку кілька етапів - від електровакумних приладів до ІС-являють собою схему з вже змонтованими елементами, тобто використовуючи нові технологічні операції випускається продукція, що близька до закінченого пристрою. Використання інтегральних мікросхем дало змогу зменшити розміри і масу апаратури, підвищити її надійність це можна пояснити тим, що елементи ІС добре захищені від зовнішніх впливів.  Виготовлення РЕА на підприємствах радіоелектронної промисловості зводиться до складання її з готових елементів і виробів з використанням сполучних і конструкційних деталей, які забезпечують необхідне поєднання їх в єдину функціональну схему, захист від впливу навколишнього середовища та підтримку необхідного теплового режиму.  Конденсатор складається з двох або декількох пластин, виготовлених з струмопровідного матеріалу і розділених між собою ізолюючим матеріалом (діелектриком). Конденсатори накопичують електричну енергію і застосовуються для згладжування пульсацій та інших цілей.
Одним з основних параметрів конденсаторів є номінальна ємність "С". На практиці використовують такі одиниці виміру:  мікрофарада (мкФ),  нанофарада (нФ) і пікофарад (пФ). Ємність конденсатора зростає із збільшенням площі обкладок і зменшується із збільшенням відстані між ними. Номінальна напруга – напруга при якому конденсатор може працювати у заданих умовах протягом гарантованого терміну служби без виходу з ладу. Температурний коефіцієнт ємності - відносна зміна ємності конденсатора при зміні температури навколишнього середовища на 1 ° С.
У залежності від можливості зміни ємності конденсатори бувають постійної, змінної ємності і підстроювальними. За видом діелектрика конденсатори поділяютьть на повітряні, паперові, керамічні, слюдяні, електролітичні і ін; за конструкцєю на трубчасті, дискові, циліндричні, опресовані та інші.
Скорочене позначення конденсатора складається з букв і цифр. Перший елемент позначення - одна або дві літери - вказують на підклас конденсатора; другий елемент - число - показує групу конденсатора в залежності від матеріалу діелектрика;третій елемент - порядковий номер розробки конденсатора.
Резистори широке вмкористовуються в радіоелектроніці.Вони призначені для регулювання струму у електричних колах.Є два основних види резисторів: недротяні і дротові. Обоє можуть бути постійними і змінними.
Недротяні резистори постійного значення являють собою керамічні циліндричні тіла, на які наноситься тонкий провідний шар вуглецю або спеціальний металевого сплаву,що володіє певним питомим опором . Весь резистор зовні покритий захисним лаком.

Дротяні резистори-це керамічна трубка,на яку намотаний дріт.Найважливіші технічні параметри резисторів-це номінальне значення опору, що допускається відхилення опору, номінальна потужність розсіювання, температурний коефіцієнт опору.
Номінальний опір - електричний опір, величина якого позначена на резисторі. Він вимірюється в омах (Ом), кілоомах (кОм) і мегаомах (МОм):



Потужність розсіювання характеризує ту кількість тепла, що розсіює резистор не перегріваючись при проходженні по ньому струму. Вона вимірюється у ватах.Температурний коефіцієнт опору (ТКС) -це відносна зміна номінального опору резистора при зміні температури навколишнього середовища на 1 ° С.
Скорочене позначення резисторів складається з букв і цифр. Перший елемент позначення - одна або дві букви вказують на підклас резистора; другий елемент - цифра - визначає групу резистора залежно від матеріалу струмопровідного шару; третій елемент - порядковий номер розробки резистора.

Котушки індуктивності –це циліндричний каркас з діелектрика на який намотана обмотка. За призначенням вони поділяють на котушки коливальних контурів,котушки зв'язку, передають електричні коливання з одного ланцюга в інший.Основні параметри котушок індуктивності-це індуктивність, добротність.
Індуктивність-це здатність котушки індуктивності перешкоджати зміни сили струму, що протікає через неї.Індуктивність позначається літерою L, одиницею її вимірювання є генрі (Гн).
Добротність - відношення індуктивного опору котушки до активного.Вона обумовлюється головним чином конструкцією котушки і характеризує електричні втрати в металі. Добротність котушки тим вище, чим менше втрати в її обмотці, каркасі і сердечнику.

## Конденсатори. Класифікація. Схема заміщення.Основні

## та паразитні параметри

Конденсатори розрізняють за наступними ознаками: характером зміни ємності, способом захисту від зовнішніх впливаючих факторів, призначенням, способом монтажа та видом діелектрика.За характером зміни ємності вони поділяються на конденсатори постійної ємності, підстроювальні та змінної ємності.За призначенням конденсатори поділяють на конденсатори загального призначення та спеціальні.За видом діелектрика конденсатори ділять на групи: з органічним, неорганічним, окисним та газоподібним діелектриком.

Основним параметром будь-якого конденсатора є його номінальна ємнвсть.Вона вимірюється у пікофарадах (пФ) або мікрофарадах (мФ).Температурний коефіцієнт ємності використовується для характеристики конденсаторів з лінійною залежністю ємності від температури - визначає відносну зміну ємності від температури при зміні її на 1°С.Для конденсаторів з іншими видами діелектрика ТКЄ не нормується. Для деяких типів конденсаторів може бути від’ємною величиною.Напруга, при якій на протязі 1-5 с виникає пробій, називається пробивною.

Частотний діапазон конденсатора – діапазон частот, при яких працюватиме конденсатор, обмежений внаслідок власної його індуктивності.

В залежності від матеріалу діелектрика відрізняють керамічні, слюдяні, скляні та склокерамічні, паперові, плівкові та електролітичні конденсатори.У електролітичних конденсаторах у якості діелектрика використовують тонкий шар оксиду металу, що нанесений на метал шляхом електролізу. Завдяки відносно малій товщині та великій діелектричній проникності шару вдається отримати великі ємності при відносно малих розмірах конденсатора. Особливістю цих конденсаторів є необхідність суворого дотримання полярності при вмиканні.Умовне позначення конденсаторів може бути скороченим та повним. Скорочене умовне позначення складається з наступних елементів: перший елементпозначення – літера або сполучення літер, що визначають конденсатор; другий елемент позначення – число, що вказує на вид діелектрика, що використовується; третій елемент позначення – порядковий номер розробки конкретного типу.

Конденсатори класифікуються і мають певне призначення залежно від типу діелектрика. Основна класифікація конденсаторів проводиться за типом діелектрика в конденсаторі. Тип діелектрика визначає основні електричні параметри конденсаторів: опір ізоляції, стабільність ємності, величину втрат.Електролітичні та оксидо-напівпровідникові конденсатори конденсатори відрізняються від інших типів перш за все своєю величезною питомою ємністю.Крім того, конденсатори розрізняються по можливості зміні своєї ємності.В алежності від призначення можна умовно розділити конденсатори на конденсатори загального та спеціального призначення. Конденсатори загального призначення використовуються практично у більшості видів і класів апаратури.

Традиційно до них відносять найбільш розповсюджені низьковольтні конденсатори, до яких не висуваються особливі вимоги. Решта конденсаторів є спеціальними. До них відносяться високовольтні, імпульсні, дозиметричі, пускові та інші конденсатори.Електроди конденсаторів виконуються або металізацією діелектрика (пластикової плівки), або використанням металевої фольги, що закриває більшу частину поверхні діелектрика Конденсатори, виконувані металізацією діелектрика, мають вирішальна перевага над конденсаторами, що мають електроди з металевої фольги, - вони мають самовосстанавливающимися властивості при локальних пробоях. Поліпропіленові конденсатори мають негативний ТКЕ й можуть працювати до температури 85...100°С.

Конденсатори з поліетиленовим нафталаіним діелектриком мають наступні особливості: позитивний ТКЕ (менший, чим у поли стиролових), висока припустима температура (125, 140°С), можливість виконання в корпусі для поверхневого монтажу.Для зниження власної індуктивності фотополяриметри провідники конденсатора повинні бути виконані бифилярно, а контакти усередині конденсатора, виконувані металевою фольгою, повинні мати достатню поверхню. На частотах вище резонансної конденсатор стає індуктивним елементом, втрачаючи свої основні властивості.Обмеження на імпульсний характер застосовуваного до конденсатора напруги треба із пропорційності струму, що проходить через нього, і похідній напруги на ньому. Великий струм, що проходить через конденсатор при різкій зміні напруги на ньому, викликає нагрівши контактних сполук між місцями напилювання металевих шарів.Кілька областей застосування плівкових конденсаторів: вхідні й вихідні фільтри захисту від радіоперешкод, що підключаються або між вхідним і вихідним затисками, або між вхідним (вихідним) проведенням і землею; конденсатори, установлювані паралельно електролітичним конденсаторам великої ємності або на виході диодного випрямляча; розділові ланцюги; захисні ланцюги силових транзисторів і діодів.

Конструкція конденсаторів постійно удосконалюється.Велика кількість завдань як у перетворювальній техніці, так і в електронній техніці взагалі вимагають застосування конденсаторів, що мають малі розміри, більшу ємність, відмінні частотні характеристики, можливість роботи в широкому температурному діапазоні й високій надійності.При експлуатації деяка частина підведеної до конденсатора енергії іде на нагрівання. В загальному випадку втрати енергії в конденсаторі складаються з втрат в діелектрику.



До числа основних електричних параметрів також відносяться індуктивність (Le), опір втрат (Rн), ємність між виводами конденсатора і корпусом(Сз).



Схема заміщення конденсатора

Стабільність конденсатора визначається матеріалом діелектрика з конструкцією. В деяких типах конденсатора, наприклад з -керамічним діелектриком, є можливість

керувати стабільністю при дії температури.

## Фізичні процеси що відбуваються при довготривалому

## функціонуванні конденсаторів

У ланцюгу зі змінною напругою він проводить електричний струм, оскільки коливання змінного струму викликають циклічну перезарядку конденсатора, а тому і струм у ланцюгу.На високих частотах будь-який конденсатор можна розглядати як послідовний коливальний контур, утворений ємністю *С*, власною індуктивністю *LС* і опором втрат.При *f* > *fp* конденсатор в колі змінного струму поводить себе як котушка індуктивності.

Конденсатори використовуються як фільтри при перетворенні змінного струму на постійний.За допомогою конденсаторів можна отримувати імпульси великої потужності, наприклад, у фотоспалахах.Оскільки конденсатор здатний довгий час зберігати заряд, то його можна використовувати в якості елемента пам`яті.

У загальних рисах електролітичний конденсатор складається з двох обкладок з фольги. Між обкладками папірець, просочена електролітом. І обкладки, і мокра папірець проводять струм. На поверхні однієї з обкладок є тонка плівка, подібна оксиду. Ця плівка і є роздільником між обкладками. Під дією електроліту і прикладеної напруги плівка оксиду зміцнюється, тому конденсатор можна тренувати: зарядити до робочої напруги і залишити зарядженим на якийсь час. У результаті окісна плівка ущільнюється і струм витоку конденсатора знижується до його нормального значення. Якщо напруга буде вище, ніж належить, тонка окисна плівка не витримує й пробивається.

## Конденсатори постійної ємності

У транзисторних радіомовних приймачах знайшли широке застосування конденсатори постійної ємності різних типів. Останнім часом стали застосовувати новий тип електролітичних конденсаторів К50-6, що мають висновки з одного боку через що вони зручніші для використання в схемах малогабаритних приймачів з друкованим монтажем.

У портативних і переносних приймачах застосовують конденсатори змінної ємності з твердим діелектриком. В якості діелектрика використовується плівка з фторопласту, яка має високу діелектричну проникність, малі втрати і хороші механічні властивості. У приймачах, блоки конденсаторів змінної ємності яких не мають блоків підстроювання, застосовуються керамічні малогабаритні подстроєчниє конденсатори типу КПК-М. Ці конденсатори по конструкції подібні з конденсаторами типу КПК, але значно менше їх за габаритами і не потребують додаткових кріпильних пристосуваннях.

## Конденсатори змінної ємності

Електричними конденсаторами називаються пристрої, призначені для накопичення електричних зарядів. Конденсатор - це елемент електричного кола, що складається з провідних електродів (обкладок), розділених діелектриком і призначений для використання його ємності.Ємність конденсатора є відношення заряду конденсатора до різниці потенціалів, яку заряд повідомляє конденсатору C = q / u, де С - ємність, Ф; q - заряд, Кл; u - різниця потенціалів на обкладинках конденсаторів, В. За одиницю ємності в міжнародній системі СІ приймають ємність такого конденсатора, у якого потенціал зростає на один вольт при повідомленні йому заряду один кулон (Кл). Цю одиницю називають Фарада.Конденсатори, застосовувані в радіотехнічної, вимірювальної та електронної апаратури, діляться на п'ять підкласів: постійної ємності (К), подстроєчниє (КТ), змінної ємності (КП), нелінійні (КН), конденсаторні збірки (КС). Розрізняють конденсатори за робочим напруг: низьковольтні (до 1600В) і високовольтні (понад 1600В).При заданому типі діелектрика конденсатори класифікують по режиму роботи, для якого вони призначені.За конструктивним оформленням конденсатори ділять на герметизовані і негерметизовані, постійні та змінні, для навісного та друкованого монтажу, для роботи з мікросхемами.Умовні позначення конденсаторів складається з умовного підкласу, умовного позначення групи конденсаторів по виду діелектрика і порядкового номера розробки, який відокремлюється від інших індексів рисою.

Звичайним позначенням конденсаторів в електричних схемах є знак. У полярних оксидних конденсаторах одна обкладка (анод) для нормальної роботи конденсатора повинна мати полярність «плюс», а друга (катод) - полярність «мінус». Для неполярних оксидних конденсаторів, у яких катод замінений другим анодом.Для прохідних конденсаторів, у яких одна з обкладок включається в розрив лінії, що несе значний струм.Конденсатор змінної ємності, конструкція якого дозволяє плавно змінити його ємність, застосовується знак, показаний.

Для блоку конденсаторів змінної ємності (блок КПЕ), т.e. для групи конденсаторів, пов'язаних загальною системою управління.На принциповій схемі поруч з умовним графічним позначенням конденсатора поміщають і його буквене позначення (латинська велика літера С) з порядковим цифровим індексом (наприклад С1, С2, С3 і т. д.), а також вказують ємність конденсатора. Ємність, складові частки або число з частками пікофарад, позначають у пікофарад із зазначенням одиниці виміру (наприклад, 0,5 пФ або 7,5 пФ).У конденсаторів змінної ємності, а також у підстроювальних конденсаторів вказують або мінімальну і максимальну ємність (наприклад, 15 - 520 або 6 - 25), або тільки максимальну (наприклад, 520 або 25). У оксидних конденсаторів поруч з позначенням ємності часто вказується і робоче напруга конденсатора.

## Застосування конденсаторів постійної та змінної ємності під час конструювання РЕА та перспективи їх розвитку

Конденсатор - пасивний елемент, що володіє здатністю запасати електричну енергію. Кількість електрики, накопиченого в конденсаторі, прямо пропорційно його ємності С і прикладеній напрузі U. Конденсатори підлаштування застосовуються в коливальних контурах для точної підгонки ємності в процесі накладки радіоапаратури. Найбільш високими електричними показниками характеризуються будівельних конденсатори з повітряним діелектриком, що представляють собою мініатюрні прямоемкостние конденсатори змінної ємності.Конденсатори змінної ємності застосовуються в якості елементів перебудови коливальних контурів, зокрема у радіоприймальних пристроях.

Конденсатори з повітряним діелектриком відрізняються більшою точністю встановлення ємності, меншими втратами і більш високою стабільністю.З твердих діелектриків в конденсаторах змінної ємності використовуються органічні плівки і високочастотна кераміка.Конденсатори з керамічним діелектриком відрізняються меншими розмірами. Конденсатори з плівковим діелектриком є джерелами електричного шуму, обумовленого зміною ємності при вібрації і розрядами статичної електрики, яке виникає в результаті електризації органічних плівок при обертанні пластин конденсатора.
Випускаються одно-і двосекційні конденсатори змінної ємності з твердим діелектриком, а також одно-і багатосекційні конденсатори змінної ємності з повітряним діелектриком.

## Схема заміщення котушки індуктивності та

## паразитні параметри

Індуктівность - фізична величина, що характеризує магнітні властивостіелектричного кола. Струм в проводяться контурі створює в навколишньому просторі магнітне поле.  У котушці індуктивності крім основного ефекту - індуктивності - спостерігаються і паразитні.

Схема заміщення котушки відображає її основні властивості і містить не тільки основний параметр, індуктивність L, але і ряд додаткових: індуктивність виводів (враховані в L); власну ємність, обумовлену наявністю обмотки, висновків, сердечника і екрану СL; опір , що відображає втрати в ємності RC; опір, залежне від втрат у котушці RL. СL з L утворює паралельний резонансний контур. Його резонансна частота f0 = 1/2π (LC0) 1 / 2

 

 Схема заміщення котушки

## Стабільність котушок індуктивності без осердя та з осердям

Залежно від конструкції котушки індуктивності діляться на
з магнітними сердечниками (з феритовими сердечниками) і без них та ін.
Важливе значення котушок індуктивності з сердечниками - можливість підстроювання (зміна індуктивності котушки індуктивності в певних межах шляхом зміни параметрів сердечника). Котушки індуктивності використовуються в якості одного з основних елементів електричних фільтрів і коливальних контурів, накопичувача електричної енергії.

Котушки без сердечників мало придатні для мікромініатюризації, оскільки зменшення діаметра каркаса котушки призводить до необхідності збільшення кількості витків. Тому для поліпшення характеристик котушки використовують сердечники з високою проникністю і малими втратами на радіочастоті.Спочатку в якості матеріалу для таких сердечників використовувалося карбонильное залізо, потім альсифера, а в даний час все ширше застосовуються ферити. Введення сердечника дозволяє зменшити кількість витків при тій же індуктивності.
Якщо припустити, що в осерді немає втрат, то добротність котушки з сердечником *Q*с збільшиться в *√ μ*сраз*:*



де Qб / с - добротність котушки без сердечника тієї ж індуктивності;

*L*c*= 12,6 ·10-3S*c*W2μ*с */ lc= 12,6 S*c*W2μ*н*·10-3 / lc(1+μ*н *l*3/*lc),*

де *S*c – площа перерізу осердя.

## Властивості котушок індуктивності при довгому функціонуванні

При тривалому функціонуванні котушок індуктивності з сердечниками найбільшістотний вплив на їх параметри надає сердечник.
Старіння матеріалу сердечника зазвичай описується логарифмічним законом:

*∆μ*н *(t) / μ*н  *= β*0 *lg t/t*0*.*Тоді для середнього значення: *m*[*∆μ*н *(t) / μ*н ] = *m*(*β*0*)lg t/t*0де μн - початкова магнітна проникність матеріалу; Δμн (t) - відхилення магнітної проникності матеріалу від початкової магнітної проникності; β 0 - випадковий коефіцієнт, що показує швидкість зміни магнітної проникності матеріалу для кожної реалізації; m (β0) - математичне очікування коефіцієнта, що показує швидкість зміни магнітної проникності матеріалу; t - час, протягом якого відсутні помітні зміни магнітної проникності.Значення: *∆μ*н *(t), β0, m*(*β*0), *t*0отримують з результатів експерименту. У розглянутому прикладі для тороїдальнихсердечників *m*(*β*0) = 0,14% і *t*0 = 50 г. Зміна стабільності при тривалій експлуатації котушок індуктивності в основномувизначається зміною магнітної проникності.

## Перспективи розвитку та використання котушки

## індуктивності в РЕА

Котушка індуктивності є елементом, пара якого з інтегральною схемою викликає великі труднощі. Основна причина полягає в складностістворення котушок малихгабаритів з високими індуктивністю і добротністю.Все це пояснює тенденцію, що намітилася зменшення кількості котушокіндуктивності в апаратурі на інтегральних схемах, що не вимагають котушокіндуктивності, і заміни їх спеціальними схемами на транзисторах.Феррити - магнітніматеріали, що представляють собою з'єднання оксиду заліза (Fe2O3) с оксидами других металів: FeOFe2O3 (феррит заліза і другі матеріалли типу M2+O Fe2O3), також феррогранати: Y3Fe5O12  и другие типа M2+Fe12O19 і RFeO3 , где R – рідкоземельний елемент чи Y, ортоферрити CaTiO3.

## Резистори. Класифікація.Основні параметри резисторів

Резистор - це компонент радіоелектронного пристрою, призначений для перерозподілу і регулювання енергії між елементами схеми.
Резистори використовують для формування заданих величин струмів і напруг в електричному ланцюзі радіоелектронних пристроїв, створення необхідних електричних режимів активних компонентів, узгодження електричних ланцюгів, поглинання електричної потужності, для застосування в частотозадающих ланцюгах генераторів та фільтрів і т.д.
В даний час нарівні з дискретними резисторами отримують все більше поширення набори резисторів. Конструктивно набори, як правило, оформляються у корпусах мікросхем.
Резистори ділять на дві великі групи: постійні і змінні резистори. За призначенням постійні резистори підрозділяють на резистори загального застосування, прецизійні, високочастотні, високовольтні, високомегаомние, а змінні резистори - на подстроєчниє (їх опір змінюють при технологічних регулюваннях) і регулювальні, опір яких змінюють під час функціонування апаратури.
За принципом створення резистивного елемента розрізняють дротові, недротяні і металофольгові резистори. Основне застосування знаходять недротяні резистори - тонкоплівкові (металокерамічні, металлоокісние, металізовані, вуглецеві, бороуглеродістие), товстоплівкові (лакопленочние, керметние, на провідній пластмасі) та об'ємні (з додаванням органічних і неорганічних діелектриків).
За способом монтажу поділяють резистори для навісного монтажу, друкованого монтажу і використовувані в складі мікросхем і мікрозборок.
Набір резисторів представляє сукупність резисторів, об'єднаних в єдину конструкцію в корпусах мікросхем або корпусах сполучаються з мікросхемами. Їх класифікують за призначенням (загального призначення, прецизійні, високовольтні, високомегаомние), типу резистивного елемента і схемотехнічного побудовою (простий набір, функціональний набір, комбінований набір, який складається з постійних і змінних резисторів).
Параметри і характеристики, що входять в повне умовне позначення резистора, вказуються в певній послідовності. Для резисторів постійного опору вказуються: тип резистора; номінальна потужність розсіювання, номінальний опір і буквене позначення одиниці виміру (Ом, кОм, МОм, ГОм, ТОм); допускається відхилення опору у відсотках (допуск); група за рівнем шумів (для недротяні резисторів) ; група по температурному коефіцієнту опору (ТКС).
Для резисторів змінних вказуються номінальна потужність розсіювання; номінальний опір і буквене позначення одиниці виміру (Ом, кОм, МОм); допускається відхилення опору у відсотках; функціональна характеристика (для недротяні резисторів); позначення конструктивних особливостей валу. Наприклад, постійний недротяні резистор з реєстраційним номером 4, номінальною потужністю розсіювання 0.5 Вт, номінальним опором 10 кому, з допуском 1%, групою за рівнем шумів А, групою ТКС - Б, всі кліматичного виконання У, позначається: P1-4-0.5- 10кОм 1% А-Б-В ОЖО.467.157 ТУ.
Резистор має також буквено-цифрову маркіровку. У залежності від розмірів резистора вона може бути повною і скороченою. Повна маркування містить: вид, номінальну потужність, номінальний опір, допуск та дату виготовлення. Скорочена - номінальний опір, допуск або дату виготовлення.
Позначення номінальних опорів може бути повним (215 Ом, 150 кОм, 2,2 МОм, 6,8 ГОм, 1 ТОм) або кодованим (215R, 150K, 2M2, 6 G8, 1T), де букви R, K, M, G , T позначають відповідно множники 1, 10 3, 106, 109, 1012 для опорів, виражених в омах.
Повне позначення допустимого відхилення складається з цифр, кодоване - з букв. Застосовується і кольорове маркування резисторів, яка виконується у вигляді кольорових крапок або смуг.
Позначення наборів резисторів, виконаних за тонкоплівковою технології складається з наступних елементів: перший елемент - цифра 3 позначає групу мікросхем; другий елемент - дві цифри, що позначають порядковий номер розробки серії мікросхем; третій елемент - дві літери, що позначають підгрупу і вид мікросхеми: НР - набір резисторів, НФ - набори функціональні (в тому числі і матриці резисторів типу R-2R); четвертий елемент - умовний номер розробки мікросхеми за функціональною ознакою в даній серії. Наприклад, 301НР2 ... ТУ. Для наборів резисторів, не віднесених до класу інтегральних мікросхем, позначення може бути скороченим і повним. Скорочене позначення складається з наступних елементів: перший елемент - літери НР (набір резисторів); другий елемент - цифра, що позначає вид матеріалу резистивних елементів (1 - недротяні, 2 - дротяні або металофольгові); третій елемент - реєстраційний номер конкретного набору резисторів.
До складу основних параметрів і характеристик наборів резисторів входять: позначення типової схеми побудови набору; число резисторів або розрядів в наборі; номінальний опір і буквене позначення одиниці вимірювання опору (Ом, кОм, МОм); допускається відхилення опору у відсотках і коефіцієнт відношення (поділу) ; похибка коефіцієнта відносини (поділу); група з ТКС.
При використанні резистора в ланцюгах змінного струму і напруги, особливо на високих частотах, резистор не можна розглядати як елемент, що володіє лише активним опором, необхідно враховувати його паразитні реактивні складові.

Опір резистора в ланцюзі постійного струму

(RR + RК) · Rиз

R =.

RR + RК + Rиз

Опір RК має істотне значення тільки для низькоомних резисторів, проте в процесі функціонування резистора з-за перегріву, недостатнього контактного зусилля, дії вологи воно може значно зрости.
Опір Rиз визначається якістю діелектрика, використовуваного для заснування та захисного ізоляційного покриття, і практично впливає на загальний опір R тільки для високоомних резисторів (RR> 109 - 1010 Ом).
Постійні резистори характеризуються номінальним опором і допуском, номінальною потужністю, електричною міцністю, ТКС, рівнем власних шумів, стабільністю, частотними властивостями.
Номінальний опір - це електричний опір, значення якого позначено на резисторі або вказано в супровідній документації і яке є вихідним для відліку відхилення від цього значення.
Діапазон номінальних опорів для резисторів: постійних - від доль ома до одиниць тера; змінних недротяні - від 0,47 Ом до 1 МОм; змінних не дротяних від 1 Ом до 10 МОм.
Номінальні опору резисторів стандартизовані і встановлюються рядами бажаних чисел. Це десяткові ряди геометричних прогресій, перший член яких дорівнює одиниці, а знаменник прогресії qN = 101 / N для ряду EN. Цифра після букви E вказує кількість номіналів в кожному десятковому інтервалі. Будь-який член ряду an = qn-1, де n - номер шуканого члена. Найбільш уживані ряди кращих чисел E6, E12, E24 і т. д. знаменником цих рядів відповідно будуть: q6 = 10 (1 / 6) = 1,47; q12 = 10 (1 / 12) = 1,21; q24 = 10 (1 / 24) = 1,1. Для постійних резисторів встановлені ряди E6, E12, E24, E48, E96, E192, а для змінних - ряд Е6.
Дійсні значення опорів резисторів внаслідок технологічних похибок можуть відрізнятися від номінальних в межах допусків. Величини допусків також нормовані і задаються поруч: 0.001; 0.002; 0.005; 0.01; 0.02; 0.05; 0.1; 0.25; 0.5; 1; 2; 5; 10; 20; 30%.
У резисторах загального застосування номінали опорів узгоджені з допусками таким чином, що виходить так звана "безвідходна шкала": номінали і допустимі відхилення опору одного резистора примикають до номіналу і допустимим відхиленням сусіднього. Тому виготовлений резистор обов'язково потрапить в одну з груп.
Номінальна потужність - найбільша потужність, яку може розсіювати резистор в заданих умовах протягом гарантованого терміну служби при збереженні параметрів у встановлених межах. Найбільш часто використовуються постійні резистори, що володіють номінальною потужністю 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0 Вт, а змінні - 0,5, 1,0; 2,0 Вт
Значення номінальної потужності залежить від конструкції резистора, геометричних розмірів і фізичних властивостей матеріалів. Чим вище теплостійкість конструкційних і резистивних матеріалів, тим вище допустима розсіює потужність для даної конструкції. З підвищенням температури навколишнього середовища тепловіддача погіршується і відбувається нагрів резистора понад допустимої температури. Тому необхідно зменшувати електричне навантаження. Для кожного типу резистора встановлюється гранична температура, при якій його можна навантажувати номінальною потужністю. Для недротяні резисторів це 100 - 120 ° С, для дротяних - вище.
Граничне робоча напруга резистора - це максимальне напруга для даного типу резистора, при якому він може працювати тривалий час, не змінюючи своїх параметрів. Потужність, що виділяється при цьому резистором, не повинна перевищувати номінальну. Для високоомних резисторів максимальна напруга обмежується напругою пробою, а для низькоомних резисторів - припустимою потужністю розсіювання Рдоп:

Uмакс = (Pдоп · R) 1 / 2.

Температурний коефіцієнт опору (ТКС) - величина, що характеризує відносну зміну опору резистора при зміні температури на 1 ° C.

(R2-R1)

ТКС =, 1 / ° C,

R1 · (T2-T1)

де R1 і R2 - опір резистора, виміряний при температурі Т1 і Т2 відповідно.
ТКС характеризує оборотні зміни опору резистора. У діапазоні температур ТКС може змінювати свою величину і знак. ТКС недротяні резисторів загального призначення лежить в межах + (0.5-20) · 10-4 1 / ° C, прецизійних - + (0.05-10) · 10-4 1 / ° C, а дротяних - від 0 до +2 · 10 -4 1 / ° C.
Необоротні температурні зміни опору резистора виникають після тривалого впливу підвищених температур або після декількох температурних циклів. Більшість типів недротяні резисторів допускає роботу при температурах від -60 до + (100 - 150) ° C і вище. Дротяні резистори можуть працювати при більш високих температурах.
Старіння резисторів проявляється головним чином у зміні опору, який викликається структурними змінами резистивного елемента за рахунок кристалізації, окислення і різних електрохімічних процесів, а також за рахунок зміни властивостей перехідних контактів. Процеси старіння прискорюються в умовах підвищених температур, вологості і при електричної навантаженні. Найбільш стійкими до дії факторів старіння є дротяні резистори, а серед недротяні - тонкошарові металодіелектричних і металлоокісние, менш стійкими вважаються композиційні лакопленочние. Процеси старіння можуть змінити опір резистора на кілька відсотків.
Власні шуми резисторів складаються з теплових шумів і струмових шумів. Рівень шумів вимірюється е.р.с. шумів.
Виникнення теплових шумів пов'язано з флуктуаційними змінами об'ємної концентрації вільних електронів в резистивном елементі, зумовленими їх тепловим рухом. Теплові шуми характеризуються безперервним, практично рівномірним спектром. Напруга теплових шумів Ет не залежить від матеріалу, а визначається температурою і величиною опору:

Ет = (4 · k · Т · R · F) 1 / 2, B,

де k - постійна Больцмана, до = 1,38 · 1023 Дж / K;

Т - температура, К;

R - опір, Ом;

F - ширина смуги частот, Гц.

При Т = 300К можна користуватися формулою:

ЕТ = (R F) 1 / 2 / 8, мкв,

де R - опір, кОм;

F - ширина смуги частот, кГц.

Теплові шуми не можна виключити або зменшити, вони існують незалежно від струму, що протікає в резисторі. Теплові шуми визначають шумові характеристики дротяних резисторів. Високоомні резистори можуть мати напругу теплових шумів значно вище шумів підсилювальних приладів.
При проходженні струму по недротяні резистору додатково виникають струмові шуми. Вони обумовлені дискретною структурою резистивного елемента. Інтенсивність струмових шумів залежить від минаючі струму. При проходженні електричного струму відбуваються локальні нагріви, що супроводжуються руйнуванням контактів між одними частками і появою контактів між іншими в результаті їх спікання, виникненням нових провідних ланцюжків. Це викликає флуктуації опору і струму і на резисторі з'являється шумова складова напруги. Токовий шум має безперервний спектр, спектральна щільність якого пропорційна величині 1 / f. Оскільки е.р.с. шуму залежить від струму, то вона залежить і від напруги U, прикладеної до резистору:
Ei = ki · U,

де ki - коефіцієнт, що залежить від конструкції резистора, властивостей резистивного шару, смуги частот, в межах якої визначається шум; для різних типів резисторів ki змінюється від 0,2 до 50 мкВ / В.
Рівень шуму визначається у смузі частот 60-6000 Гц.
Якщо напруга, прикладена до резистору, відповідає номінальній потужності, то

Uмакс = (Pном · Rном) 1 / 2 або Ei = ki (Pном · Rном) 1 / 2,

звідси випливає, що струмовий шум пропорційний Rном1 / 2. Токовий шум значно перевищує теплової. Рівень струмових шумів у композиційних резисторів в кілька разів більше, ніж у плівкових. Чим однорідніше структура резистивного шару, тим менше струмовий шум. За рівнем шумів резистори підрозділяють на групи А, що володіють ki 1 мкВ / В і групу Б - ki 5 мкВ / В.

Частотні властивості резисторів. Повний опір резистора має комплексний характер і залежить від частоти. Це викликано наявністю розподілених по довжині резистивного елемента ємності й індуктивності, поверхневим ефектом, діелектричними втратами в каркасі і покриттях. Змінюються активні і реактивні складові повного опору, і відповідно фазові зрушення, створювані резистором в електричному ланцюзі.

## Спеціальні резистори. Змінні та підстроювальні резистори

Резистором називається пасивний елемент РЕА, призначе ¬ значення для створення в електричному ланцюзі необхідної величини опору, що забезпечує перерозподіл і регулювання електричної енергії між елементами схеми. Випускаються вітчизняною промисловістю резистори класифікуються за різними ознаками. У залежності від характер, а зміни опору резистори поділяють на постійні - значення опору фіксоване; перемінні - із змінним значенням опору.
У залежності від призначення резистори діляться на загального призначення та спеціальні (прецизійні, зверхпрецизійні, високочастотні, високовольтні, високомі-гаомні).Резистори загального призначення використовуються в якості навантажень активних елементів, поглиначів, подільників в ланцюгах харчування, елементів фільтрів, шунтів.Високочастотні резистори відрізняються малими власними індуктивністю іємністю і призначені для роботи у високочастотних ланцюгах, кабелях.Високомегаомнірезистори мають діапазон номінальних опорів від десятків мегаом до одиниць тера.
Залежно від способу захисту від зовнішніх факторів резистори діляться на неізольовані, ізольовані, герметізірованние і вакуумні. Неізольовані резистори з покриттям або без нього не допускають торкання своїм корпусом шасі апаратури.
Ізольовані резистори мають ізоляційне покриття (лак, компаунд, пластмаса) і допускають дотик корпусом шасі і струмоведучих частин радіоелектронної апаратури (РЕА).

Герметизовані резистори мають герметичну конструкцію корпусу, що виключає вплив навколишнього середовища на його внутрішній простір. Герметизація здійснюється, за допомогою обпресування спеціальним компаундом.
Вакуумні резистори мають резистивний елемент, поміщений у скляну колбу вакуумну.
За способом монтажу резистори поділяються на резистори для навісного та друкованого монтажу, для мікромодулів та інтегральних мікросхем.
Дротяні резистори, в яких резистивним елементом є високоомних дріт (виготовляється з високоомних сплавів: константан, ніхром, нікелін).
Недротяні - резистори, в яких резистивним елементом є плівки або об'ємні композиції з високою питомою опором.
Металофольгові - резистори, в яких резистивним елементом є фольга певної конфігурації.Недротяні резистори можна розділити на тонкоплівкові (товщина шару в нанометрах), товстоплівкові (товщина в частках міліметра), об'ємні (товщина в одиницях міліметра).

Тонкоплівкові резистори поділяються на метало-діелектричні, металлоокісние і металізовані з резистивним елементом у вигляді мікрокомпозіціонного шару з діелектрика і металу, або тонкої плівки окису металу, або сплаву металу; вуглецеві і бороуглеродістие, про ¬ водить елемент яких представляє собою плівку пиролитического вуглецю або борорганіческіх сполук . До товстоплівкових відносять лакосажевие, керметние і резистори на основі провідних пластмас.Провідні резистивні шари товстоплівкових і об'ємних резисторів представляють собою гетерогенну систему (композицію) з декількох фаз, отримувану механічним змішуванням проводить компонента, наприклад графіту або сажі, металу або оксиду металу, з органічними або неорганічними наповнювачами, пластифікаторами або затверджувачем. Після термообробки утворюється монолітний шар з необхідним комплексом параметрів. В об'ємних резисторах як сполучний компонент використовують органічні смоли або склоемалі.  У резистивних керметних шарах основним проводять компонентом є металеві порошки та їх суміші, що представляють собою керамічну основу з рівномірно розподіленими частинками металу.Резистори класифікуються на постійні резистори (опір яких не регулюється), змінні регульовані резистори (потенціометри, реостати, подстроєчниє резистори) і різні спеціальні резистори, наприклад: нелінійні (які, строго кажучи, не є звичайними резисторами через нелінійності ВАХ), терморезистори ( з великою залежністю опору від температури), фоторезистори (опір залежить від освітленості), тензорезістори (опір залежить від деформації резистора), магніторезисторах і пр.
За використовуваному матеріалу резистори класифікуються на:

• Дротові резистори. Представляють собою шматок дроту з високою питомою опором намотаний на який-небудь каркас. Можуть мати значну паразитне індуктивність. Високоомні малогабаритні дротяні резистори іноді виготовляють з мікродроту.

• Плівкові металеві резистори. Представляють собою тонку плівку металу з високою питомою опором, напилену на керамічний сердечник, на кінці сердечника надіті металеві ковпачки з дротяними висновками. Іноді, для підвищення опору, в плівці прорізається канавка. Це найбільш поширений тип резисторів.

• металофольгові резистори. Як резистивний матеріал використовується тонка металургійна стрічка.

• Вугільні резистори. Бувають плівковими і об'ємними. Використовують високий питомий опір графіту.

• Напівпровідникові резистори. Використовується опір слаболегірованного напівпровідника. Ці резистори можуть мати більшу нелінійність вольт-амперної характеристики. В основному використовуються в складі інтегральних мікросхем, де застосувати інші типи резисторів важче.Значення можливого розкиду визначається точністю резистора.Резистори, особливо малої потужності - надзвичайно дрібні деталі, резистор потужністю 0,125 Вт має довжину кілька міліметрів і діаметр близько міліметра.

Для резисторів з точністю 20% використовують маркування з трьома смужками, для резисторів з точністю 10% і 5% маркування з чотирма смужками, для більш точних резисторів з п'ятьма або шістьма смужками. Перші дві смужки завжди означають перші два знаки номіналу. Якщо смужок 3 або 4, третя смужка означає десятковий множник, тобто ступінь десятки, яка множиться на двозначне число, вказане першими двома смужками. Якщо смужок 4, остання вказує точність резистора. Якщо смужок 5, третій означає третій знак опору, четверта - десятковий множник, п'ята - точність. Шоста смужка, якщо вона є, вказує температурний коефіцієнт опору (ТКС). Якщо ця смужка в 1,5 рази ширший від інших, то вона вказує надійність резистора (% відмов на 1000 годин роботи)
Слід зазначити, що іноді зустрічаються резистори з 5-ма смугами, але стандартної (5 або 10%) точністю. У цьому випадку перші дві смуги задають перші знаки номіналу,

Резистори нульового опору кодуються однією цифрою« 0 ».Більша кількість знаків позначає:
Кодування 3 або 4 цифрами

• ABC позначає AB • 10C Ом
наприклад 102 - це 10 • 102 Ом = 1 кОм

• ABCD позначає ABC • 10D Ом, точність 1% (ряд E96)
Опір металевих і дротяних резисторів трохи залежить від температури. При цьому залежність від температури практично лінійна, так як коефіцієнти 2 і 4 порядку достатньо малі і при звичайних вимірах ними можна знехтувати. Коефіцієнт називають температурним коефіцієнтом опору. Така залежність опору від температури дозволяє використовувати резистори в якості термометрів.Навіть ідеальний резистор при температурі вище абсолютного нуля є джерелом шуму. Це випливає з фундаментальної Флуктуативно-дисипативна теореми (у застосуванні до електричних ланцюгів це твердження відомо також як теорема Найквіста).

При частоті, істотно меншою ніж (де - постійна Больцмана, - абсолютна температура резистора в градусах Кельвіна, - постійна Планка) спектр теплового шуму рівномірний («білий шум»), спектральна щільність шуму (перетворення Фур'є від коррелятора напруг шуму), де.

Видно, що чим більше опір, тим більше ефективне напруження шуму, також, ефективне напруження шуму пропорційно кореню з температури.
В шумі реальних резисторів також завжди присутня компонента, інтенсивність якої пропорційна зворотного частоті, тобто 1 / f шум або "рожевий шум». Цей шум виникає через безліч причин, одна з головних перезарядка іонів домішок, на яких локалізовані електрони.

Постійний дротяний резистор є ізоляційний каркас, на який намотана дріт з високим питомим електричним опором. Зовні резистор покривають термостійкою емаллю, спресовують пластмасою або герметизують металевим корпусом, закриваються з торців керамічними шайбами.
Для гібридних ІМС визапускаются мікромодульному резистори, що представляють собою стрижень з скловолокна з нанесеним на поверхню тонким шаром струмопровідної композиції. Такі резистори приклеюються до контактних площадок підкладок струмопровідним клеєм - контактол.
Конструкції змінних резисторів набагато складніше, ніж постійних.

Він складається з рухомої і нерухомої частин. Нерухома частина являє собою пластмасовий корпус 2, в якому змонтований струмопровідний елемент 3, що має подковообразную форму. За допомогою заклепок 6 він кріпиться до круглого корпусу. Ці заклепки з'єднані з зовнішніми висновками 4. Рухома частина являє собою обертову вісь, з торцем тієї 7 допомогою карбування з'єднана ізоляційна планка 8, на тій змонтований рухливий контакт 1 (струмознімач), з'єднаний з зовнішнім виводом. Кут повороту осі становить 270 ° і обмежується стопором 5.
Існують і інші конструкції змінних недротяні резисторів.
Струмопровідний елемент в них буває тонкошаровим металевим або Металокисні (резистори типу СП2), плівковим композиційним (резистори типу СП4). У лінійних резисторів (типу А) опір залежить від кута повороту лінійно. У логарифмічних резисторів (тип Б) опір змінюється по логарифмічному закону, а у резисторів типу В - по оберненологарифмічному. Крім того, існують резистори, у яких опір змінюється за законом синуса (тип І) або косинуса (тип Б). При повороті осі по руху годинникової стрілки на невеликий кут контакти вимикача замикаються. Деякі типи резисторів комплектуються спеціальними стопорить пристроями, жорстко фіксують положення осі.

Крім змінних резисторів з круговим переміщенням існують резистори з прямолінійним переміщенням рухомого контакту. У цьому випадку контактний повзун зміцнюється не на поворотній, а на черв'ячної осі.

 Вибір типу резистора (постійного або змінного) для конкретної схеми проводиться з урахуванням умов роботи та визначається параметрами резисторів. Резистор не можна розглядати як, елемент, що володіє лише активним опором, визначеним його резистивним елементом. Крім опору резистивного елементу він має ємність, індуктивність і додаткові паразитні опору.Опір RК має істотне значення тільки для низькоомних резисторів. Реактівние елементи визначають частотні властивості резистора. Із-за їх наявності опір резистора на високих частотах стає комплексним.
Відносна частотна похибка визначається співвідношенням



де Z - комплексний опір резистора на частоті

На практиці, як правило, величини L і С невідомі. Тому для деяких типіврезисторів вказується значення узагальненої постійної часу τ max, яка пов'язана з відносною похибкою приватної опору



Частотні властивості недротяні резисторів значно краще, ніж дротяних.

## Старіння резисторів. Застосування резисторів у РЕА.

## Перспективи їх розвитку

Умови експлуатації об'єктів зі встановленою на них апаратурою різноманітні. Апаратура може знаходитися і працювати в умовах холодного, помірного, сухого та вологого тропічного клімату, піддаватися дії радіація та факторів космічного простору. Умови навколишнього середовища різні при зміні кліматичних зон і пори року. Крім того, на апаратуру та її елементи впливають механічні навантаження, вид і рівень яких визначається конструктивними особливостями апаратури і функціональним призначенням об'єкта, на якому вона встановлена.
Найбільш істотний вплив на працездатність резисторів надають підвищена температура і підвищена вологість навколишнього середовища. Поряд із зовнішньою температурою на резистори в складі апаратури додатково впливає тепло, що виділяється іншими сильно нагріваються при роботі апаратури виробами, зокрема потужними модуляторні і генераторними лампами, резисторами, трансформаторами і т. п. Підвищена температура викликає теплове старіння провідникових, контактних і ізоляційних матеріалів, з яких виготовлені деталі резисторів. При цьому з-за зміни структури ізоляційних матеріалів та їх хімічного розкладання може знижуватися опір ізоляції, руйнуватися захисні покриття, заливальні і опресовувальні матеріали, матеріали для настановних деталей.

При підвищенні температури на поверхні дротяного резистивного елемента і рухомого контакту з'являються ізоляційні плівки, зменшується пружність пружних матеріалів і знижується контактний тиск, знижується зносостійкість змінних резисторів і збільшується їх встановлене опір, підвищується ймовірність порушення герметичності резисторів герметичній конструкції.
Поєднання електричного навантаження і підвищеної температури підсилює локальні перегріви в дефектних ділянках проводить елемента і контактних вузлах резисторів, прискорює процеси електролізу в керамічному підставі, що містить оксиди лужних металів. Значення відносної вологості навколишнього середовища і змочуваність поверхні резисторів визначає кількість вологи на ній. Конденсація вологи на резисторах відбувається в умовах вологості при зниженні температур (наприклад, в нічний період, особливо в жаркому кліматі, при підйомі літальних апаратів і т. п.), у недостатньо герметизованих та ущільнених обсягах циклічну зміну навколишньої температури призводить до накопичення вологи всередині блоків апаратури.Підвищена вологість середовища викликає корозію металевих деталей і контактної арматури резисторів, погіршує електричні властивості ізоляції, сприяє розвитку грибкової цвілі. При температурі резистора нижче нуля надлишок вологи випаде на його поверхню і у вигляді інею, а з підвищенням температури буде відбуватися відтавання інею з утворенням роси на поверхні резистора, що приводить до зниження електричної міцності та зменшення опорів за рахунок шунтуючого дії поверхневої вологи.  Знижений атмосферний тиск знижує електричну міцність повітряного проміжку між металевими деталями резисторів, що знаходяться під різною напругою, створюючи сприятливі умови для електричного пробою повітря або перекриття по поверхні резисторів. Виникаюча при цьому іонізація повітря сприяє прискореному старінню ізоляційних і провідникових матеріалів. Пил і пісок здатні проникати в дуже малі отвори і зазори навіть при незначному русі повітря.Сонячне світло може впливати на вироби за рахунок теплового і фотохімічного ефекту. Найбільш інтенсивна і тривала сонячна радіація в сухий тропічній зоні, при цьому зі збільшенням висоти інтенсивність випромінювання зростає.Резистори практично, не піддаються безпосередньому впливу сонячної радіації, атмосферних опадів, піску і пилу, тому ці експлуатаційні фактори не роблять помітного впливу на працездатність резисторів. Проте пил і пісок сприяють корозії металевих деталей і розвитку цвілі, а потрапляючи в зазори між трущимися частинами змінних резисторів, прискорюють їх знос.
Присутність в атмосфері водних розчинів солей призводить до інтенсифікації корозійних процесів металевих деталей, процесів електролізу, до зниження опору ізоляції.При експлуатації та зберіганні резисторів в умовах вологого тропічного клімату найбільшу небезпеку становить руйнівну дію цвілі, розвитку і росту якої сприяє поєднання високої вологості і високих температур. Поява цвілі на поверхні резисторів призводить до знебарвлення і руйнування захисних покриттів, особливо органічного походження, погіршення ізоляційних і механічних властивостей деталей, а також сприяє утворенню плівки вологи на поверхні резисторів, корозії їх металевих частин і хімічному розкладанню матеріалів.

У процесі експлуатації резистори піддаються впливу різних за характером механічних навантажень - вібрації, одиночним і багаторазовим ударам, лінійним (відцентровим) навантажень і акустичним шумів. Найбільш небезпечними є вібраційні й ударні навантаження. У результаті дії циклічного навантаження вібрації в матеріалах резисторів спостерігаються втомні явища, що приводять до поступового зниження механічної міцності окремих деталей виробу і виходу його з ладу внаслідок обриву висновків, пошкодження елементах і рухомих контактах. Удари призводять до деформації окремих деталей резисторів, до появи сколів, тріщин і зламів, поломки корпусів, руйнування паяних з'єднань, втрати герметичності і порушення контактів. Особливо небезпечно вплив ударів з возмущающим частотами, близькими до власних частот резистора, оскільки це призводить до виникнення великих руйнують зусиль, що докладаються до його деталей і вузлів.Запуск космічних об'єктів, розвиток атомної енергетики, і її використання в атомних двигунах висунули нові вимоги до працездатності електронної та радіотехнічної апаратури і комплектуючих елементів, у тому числі резисторів, в полях радіаційних випромінювань, в умовах високого і надвисокого вакууму і наднизьких температур.Серед різних видів радіації (опромінення нейтронами і протонами, вплив електронів, альфа-часток, осколків ядер і гамма-променів) найбільш небезпечні гамма-і нейтронне випромінювання внаслідок їхньої високої проникаючої здатності

.Основними фізико-хімічними процесами, що протікають при цьому в матеріалах і змінюють експлуатаційні характеристики резисторів, є радіаційний розігрів і хімічні процеси у матеріалах (структурування і деструкція в полімерах, окислення і т. п.) Іонізуючі випромінювання можуть викликати оборотні (тимчасові) і необоротні (залишкові) зміни параметрів резисторів. Оборотні зміни, як правило, є наслідком іонізації матеріалів і навколишнього середовища, незворотні зміни пов'язані в основному з порушенням структури провідних і діелектричних матеріалів.
Радіаційні порушення структури матеріалів конструкції резисторів і супроводжуючі їх процеси газовиділення і особливо окислення в ряді випадків можуть приводити до погіршення їх основних експлуатаційних характеристик: надійності і довговічності, зносостійкості, термо-і вологостійкості, механічної та електричної міцності.
У високому вакуумі в результаті погіршення умов відведення тепла від резистора порушується тепловий режим його роботи, відбувається перегрів резистора і вихід його з ладу.

 Експериментально встановлено, що для більшості типів резисторів допустима електричне навантаження в умовах вакууму 0,00013 Па (106 мм рт. Ст.) І нижче не повинна перевищувати 30-40% номінальної.Газовиділення з матеріалів і втрата легколетучих компонентів при тривалому перебуванні матеріалів у вакуумі, викликають зміну властивостей, пов'язаних з об'ємними електричними і теплофізичними характеристиками матеріалів (електропровідності, теплопровідності та інших), а також погіршення їх механічної міцності.Процес сублімації становить небезпеку для електронної апаратури при наявності в ній елементів, що містять в незахищеному вигляді метали з високим тиском пари, такі як кадмій, магній, цинк (часто застосовуються для гальванічних покриттів).Сублімація і осадження випарувалися частинок металу на більш холодні поверхні навколишнього діелектрика може призводити до створення провідності між струмоведучими частинами в блоках ,а значить до коротких замикань,що ведуть до виходу з ладу апаратури.

## Трансформатори.Визначення та класифікація

Трансформатор — електромагнітний пристрій, що має дві чи більше індуктивно зв'язані обмотки і призначений для перетворення з допомогою електромагнітної індукції однієї чи декількох систем перемінного струму в одну чи кілька інших систем перемінного струму. При класифікації трансформаторів їх розділяють на групи, які володіють загальними властивостями і виконуючі близькі функції.

Трансформатори узгодження, призначені для передачі перемінних електричних сигналів, що несуть корисну інформацію, для зміни рівня напруг (струмів) при збереженні потужності і мінімальному перекручуванні сигналу. Разом з активними елементами, наприклад транзисторами, ці трансформатори входять до складу підсилювачів потужності, які використовуються для передачі мови і музики, спектр частот яких знаходиться в межах від 30...50 Гц до 3...20 кГц.

Застосування трансформаторів в РЕА і вимоги до них. В РЕА є каскади і пристрої, для живлення яких вимагаються різні постійні і перемінні напруги. Звичайно могутнє первинне джерело живлення має одна напруга перемінного струму. Тому будь-який радіоелектронний пристрій повинний містити складну систему живлення, в яку входять трансформатори, випрямлячі на різні напруги і потужності, перетворювачі постійного струму однієї напруги в постійний струм іншої напруги і т.п.

Трансформатори живлення призначені для перетворення електричної енергії з заданою точністю по напрузі. Вони повинні мати високу надійність, мінімальні розміри, масу вартість і припустимий перегрів. Вимоги зменшення маси і габаритів трансформаторів живлення і підвищення надійності суперечливі. В даний час для поліпшення малогабаритних характеристик ДВЕЖ все ширше впроваджуються статичні перетворювачі, у яких трансформатори працюють на підвищених частотах, наприклад до 200 кГц.

Трансформатори узгодження повинні погоджувати опір навантаження з опором джерел потужності в широкому діапазоні частот. Основна вимога, яка пред'являється до них , забезпечення мінімальних чи припустимих спотворень сигналу який передається.

Нелінійні спотворення в трансформаторах визначаються нелінійною залежністю магнітної проникненості і індукції від напруженості магнітного поля, тобто від напруги на вході трансформатора.

В багатьох випадках трансформатори узгодження працюють при малих потужностях, тому їх нагрів незначний.

## Трансформатори живлення. Основні співвідношення для розрахунків

Трансформатори живлення призначені для перетворення перемінної напруги первинного джерела в будь - які інші значення напруги, необхідні для нормального функціонування апаратури. Їх можна розділити на три підгрупи: малопотужні трансформатори з вихідною потужністю менше 1 кВт і напругою не більше 1000 В (широко застосовуються в РЕА і в складі джерел вторинного електроживлення (ДВЕЖ) апаратури різного призначення); потужні трансформатори живлення з вихідною потужністю більше 1 кВт (в РЕА застосовуються тільки для могутніх джерел живлення передавачів і підсилювачів); високовольтні трансформатори, напруга на обмотках яких перевищує 1000 В чи обмотки яких знаходяться під високим потенціалом (використовуються в РЕА в складі випрямлячів для живлення магнетронів, електронно-променевих трубок і т.д.).

Границі між цими групами - умовні і в основному визначаються тим, при якій потужності і якій напрузі відбувається зміна конструкції трансформатора, тобто зміна конструкції магнітопровода, ізоляційних матеріалів, марок при проводів. і т.д.

На конструкцію трансформаторів живлення істотно впливає - частота. Тому додатково вони класифікуються по частоті живлячої напруги, наприклад трансформатори, що працюють від мережі 50 чи 400 ... 1000 Гц. Трансформатори в цьому випадку називають мережними на відміну від перетворюючих, які використовуються в статичних перетворювачах, що в останні роки знаходять широке застосування.

У статичних перетворювачах трансформатори працюють в режимі, відмінному від режиму, у якому працюють мережні, і на інших частотах, звичайно значно більш високих (для зменшення розмірів трансформатора). Частота, на якій працює трансформатор, визначається не частотою мережі, а припустимою частотою для магнітопровода трансформатора, що входить до складу генератора (при проектуванні пристрою живлення).

По конструкції (магнітопроводів, каркасів-гільз, захисних елементів) до трансформаторів живлення близькі дроселі фільтрів. Вони мають високий індуктивний опір на частоті пульсації в випрямлячах і малий опір по постійному струму, що дозволяє знижувати втрати у фільтрах ДВЕЖ.

Корисною потужністю трансформатора називається добуток ефективної напруги на затисках вторинної обмотки на величину її навантажувального струму

P2 = U2I2

Розрахунковою потужністю трансформатора називається добуток ефективного струму, що протікає по обмотці, на величину напруги на її затискачах. Ця потужність характеризує собою габаритні розміри обмотки, тому що число витків обмотки визначається напругою на її затискачах, а перетин дроту - ефективним струмом. Розрахункова потужність первинної обмотки дорівнює добутку напруги на її затискачах і струму, споживаного трансформатором з мережі, тобто

P1 = U1I1

Типовою потужністю називається потужність, яка визначає розміри всього трансформатора. Її величину визначають за формулою

Pтип = (P1 + P2) / 2,

де P1 і P2 - розрахункові потужності обмоток трансформатора.
Знаючи необхідну напругу на вторинній обмотці (U2) і максимальний струм навантаження (Iн), трансформатор розраховують у такій послідовності:

1) Визначають значення струму, поточного через вторинну обмотку трансформатора:
I2 = 1,5 Iн,
де: I2 - струм через обмотку II трансформатора, А;
Iн - максимальний струм навантаження, А.

2) Визначають потужність, споживану випрямлячем від вторинної обмотки трансформатора:
P2 = U2 I2,
де: P2 - максимальна потужність, споживана від вторинної обмотки, Вт;
U2 - напруга на вторинній обмотці, В;
I2 - максимальний струм через вторинну обмотку трансформатора, А.
3)

 Підраховують потужність трансформатора:

Pтр = 1,25 P2,

де: Pтр - потужність трансформатора, Вт;
P2 - максимальна потужність, споживана від вторинної обмотки трансформатора, Вт.

Якщо трансформатор повинен мати декілька вторинних обмоток, то спочатку підраховують їх сумарну потужність, а потім потужність самого трансформатора.

4)Визначають значення струму, поточного в первинної обмотці:
I1 = Pтр / U1,
де: I1 - струм через обмотку I, А;
РТР - підрахована потужність трансформатора, Вт;
U1 - напруга на первинній обмотці трансформатора (напруги).

5)Розраховують необхідну площу перерізу осердя магнітопровода:
S = 1,3 Pтр,
де: S - переріз сердечника магнітопроводу, см2;
РТР - потужність трансформатора, Вт.

6) Визначають число витків первинної (мережевою) обмотки:
w1 = 50 U1 / S,
де: w1 - число витків обмотки;
U1 - напруга на первинній обмотці, В;
S - переріз сердечника магнітопроводу

7) Підраховують число витків вторинної обмотки:
w2 = 55 U2 / S,
де: w2 - число витків вторинної обмотки;
U2 - напруга на вторинній обмотці, В;
S-перетин сердечника магнітопроводу

8) Визначають діаметри проводівобмоток трансформатора:
d = 0,02 I,
де: d-діаметр дроту, мм;
I-струм через обмотку, мА.

## Імпульсні трансформатори. Основні характеристики

Імпульсні трансформатори, основне призначення яких полягає в тому, щоб під впливом струмів (напруг), що діють у первинній обмотці, виробляти на виході короткі імпульси заданої форми чи трансформувати імпульси з необхідною зміною рівня напруги і струму.

Імпульсні трансформатори виконують функції, аналогічні функціям трансформаторів узгодження, але відносно до імпульсних сигналів, наприклад, тривалістю від 0,2 до 100 мкс, тому в них особливо тверді вимоги пред'являються до індуктивності первинної обмотки, індуктивності розсіювання і власної ємності обмотки.

## Перспективи розвитку трансформаторів

В одних випадках бувають потрібні напруги у тисячі чи навіть в сотні тисяч вольт, в інших необхідні напруги у кілька вольт або кілька десятків вольт. Змінити таким чином постійну напругу дуже складно, а між тим змінну напругу можна перетворювати – підвищувати і знижувати – досить просто і майже без втрат енергії. Це є однією з основних причин того, що в техніці переважно користуються змінним, а не постійним струмом. Прилади, за допомогою яких здійснюють перетворення напруги змінного струму, носять назву трансформаторів.Трансформатор дуже простий пристрій, що дозволяє як підвищувати, так і знижувати напругу. Кожен трансформатор складається з залізного осердя, на якому розміщені дві обмотки (котушки). Число витків у котушках різне. Обмотки мають незначний опір і велику індуктивність.Синусоїдальна зміна струму в первинної котушки буде викликати синусоїдальну е. р. с. індукції у вторинній котушці. Виток первинної і виток вторинної котушок знаходяться в однакових умовах. Е. р. с. одного витка первинної котушки дорівнює е. р. с. мережі, поділеної на число витків первинної котушки, тобто на , а е. р. с. вторинної котушки дорівнює добутку значення на число витків. У принципі, кожен трансформатор може бути використаний і як підвищувальний, і як знижуючий – в залежності від того, до якої котушки підключена первинна напруга.Трансформатор являє собою прилад, що передає енергію із електричного кола первинної обмотки в електричне коло вторинної..Треба сказати, трансформатор належить до числа найдосконаліших перетворювачів енергії.ККД сучасних трансформаторів досягає 98-99% для потужних і близько 95% для менших. Наприклад, багатьом доводилося мати справу з бобінами автомобіля. Бобіна – це підвищувальний трансформатор.Для зварювальних апаратів вимагаються знижуючі трансформатори. Для зварювання потрібні дуже сильні струми, і трансформатор зварювального апарата має усього лише єдиний вихідний виток.

Потужні трансформатори, що перетворюють сотні та тисячі кіловатт – величезні споруди. Звичайно потужні трансформатори вміщують в сталевий бак, заповнений спеціальним маслом. Це покращує умови охолодження трансформатора, і, крім того, масло грає важливу роль як ізолююча речовина. Кінці обмоток трансформатора виводяться через прохідні ізолятори, які закріплені на верхній кришці бака. В лініях трифазного струму використовуються або звичайні, однофазні трансформатори, які вмикаються в кожну з трьох фаз лінії, або спеціальні трифазні трансформатори, що мають три пари обмоток.