

ДОДАТОК А  
Презентація

Кафедра проектування та експлуатації електронних апаратів

## **Магістерська кваліфікаційна робота**

за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка

на тему:

### **“Дослідження статистичних високочастотних моделей двополюсних радіоелементів”**

Виконав: здобувач гр.РЕАЗм-21-1 Д.В. Матвієнко  
Керівник: к.т.н., доц. Ю.О. Бурчин

## Актуальність

Включення ЕОМ та ПК у цикл проектування РЕА висунула на передній план необхідність завдання математичного опису радіоелементів, що входять до її складу, з урахуванням впливів електричних сигналів та зовнішнього середовища на їх параметри. Моделі, що використовуються в схемотехнічних САПР РЕА, необхідно пов'язати із системним підходом проектування.

У даний час моделі, як двополюсних, так і багатополісних радіоелементів, широко використовуються не тільки в аналітичних або чисельних розрахунках електричних кіл, а й в практичному застосуванні під час моделювання в автоматизованих системах та САПР. Це обумовлює необхідність використання досить простих узагальнених моделей радіокомпонентів, які мають достатню точність опису реальних процесів в РЕА.

Кваліфікаційна робота присвячена аналізу узагальнених моделей двополюсних радіоелементів з позиції універсальності їх використання для дослідження основних параметрів окремих елементів, електричних вузлів та схем РЕА.

## Основні визначення

ОБ'ЄКТОМ ДОСЛІДЖЕННЯ в роботі є моделі двополюсних радіоелементів РЕА для моделювання працездатності електричних схем та дослідження їх основних параметрів.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ – відповідність математичного опису двополюсних радіоелементів адекватному відображенню результатів моделювання при різних режимах їх роботи в електричних схемах.

МЕТОЮ РОБОТИ є аналіз та оцінювання узагальнених моделей двополюсних радіоелементів з позиції універсальності їх використання для дослідження основних параметрів електричних схем РЕА.

Для досягнення мети необхідно вирішити ряд ЗАВДАНЬ:

- 1) обґрунтувати вибір наукового напрямку та методів дослідження, сформулювати постановку завдання на основі існуючих теоретичних та експериментальних підходів;
- 2) провести аналіз та оцінювання узагальнених моделей двополюсних радіоелементів з позиції універсальності використання;
- 3) запропонувати структурну схему вимірювальної установки та провести експериментальні дослідження за обраними моделями.

## Характеристика роботи

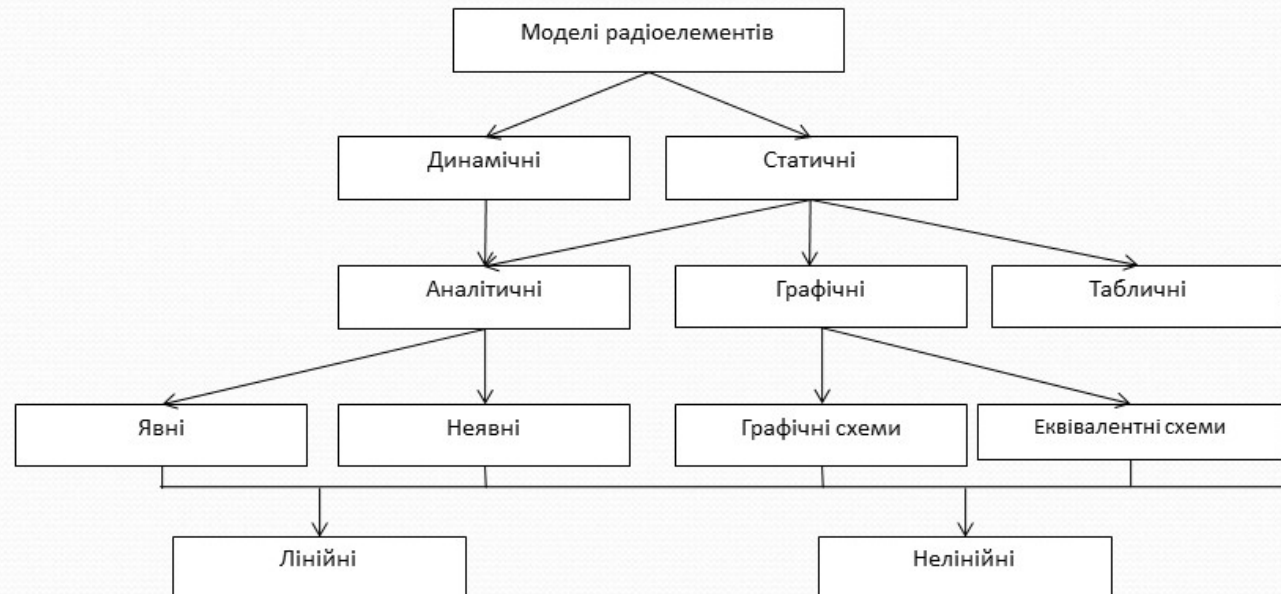
ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ. Кваліфікаційна робота виконувалась в рамках наукових інтересів кафедри Проектування та експлуатації електронних апаратів за напрямками: «Діагностика електронних пристроїв вбудованих систем» (наук. керівник – доц. Меняйло О.Д.), «Програмно–апаратні засоби проектування РЕА» (наук. керівник – доц. Подгайко О.І.) та «Апаратно–програмні засоби проектування РЕА» (колишнього наук. керівника – Умярова Р.Я.).

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ базуються на загальній теорії вимірювань статичних та динамічних параметрів радіокомпонентів, їх лінійних та нелінійних характеристик. Для оцінювання використовується факторний експеримент та статистичні методами обробки результатів.

СТРУКТУРА І ОБСЯГ РОБОТИ. Кваліфікаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновку та списку використаних джерел. Матеріал викладено на 73 сторінках, що містить: 16 рисунків, 6 таблиць.

## Класифікація моделей елементів РЕА

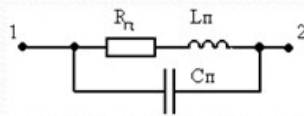
Моделі радіоелементів в залежності від способу їх задання та характеристик параметрів компонентів.



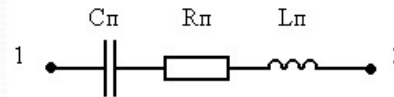
## Компонентні моделі двополюсників

Компонентні моделі двополюсників надаються у вигляді еквівалентних схем та мають обмежене практичне застосування. До них відносяться  $R$ ,  $L$ ,  $C$  компоненти, в яких не враховують паразитні параметри, а в САПР - це вбудовані моделі зі змінними номіналами.

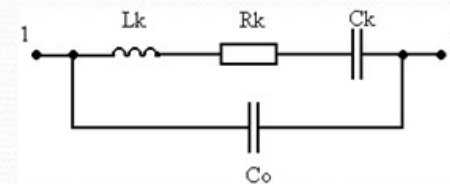
Приклади:



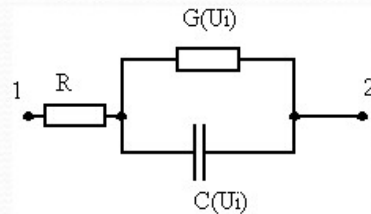
а) плівковий резистор;



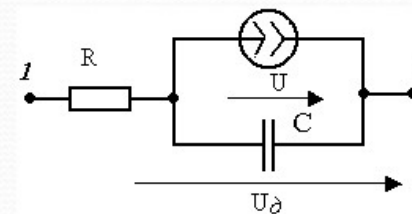
б) керамічний конденсатор;



в) кварцовий резонатор



г) лінійний діод ;



д) нелінійний діод

## Факторні моделі двополюсників

Факторні аналітичні макромоделі двополюсників надаються у вигляді системи рівнянь, кожне з рівнянь якої виражає залежність вихідного електричного параметра від відповідного фактора.

Для повної провідності рівняння можна подати у вигляді

$$Y = y(X),$$

- де:
- $Y$  – повна провідність двополюсника;
  - $X = [X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n]$  – вектор факторів,
  - $n$  – кількість факторів.

Факторами можуть бути: частота  $f$ , напруга  $U$ , струм  $I$  зміщення роб. точки, температура  $T$  зовнішнього середовища тощо.

Переваги застосування факторної моделі:

- раціональність;
- можливість визначати працездатність компонента за вихідними параметрами у процесі його експериментального дослідження;
- за її параметрами можна визначити компонентну модель.

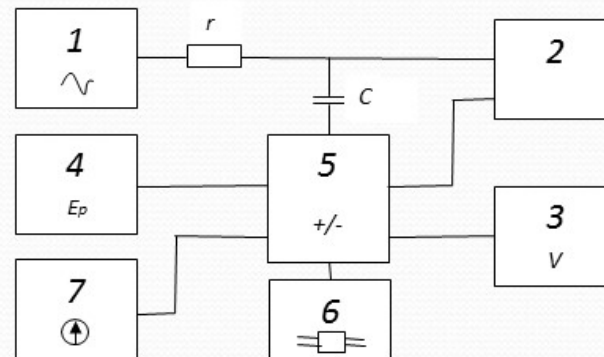
## Моделі двополюсників в САПР

Визначено для програми схемного моделювання, симуляції аналогових схем та цифрової логіки «*PSpice*» Microsim Corporation особливості застосування моделей:

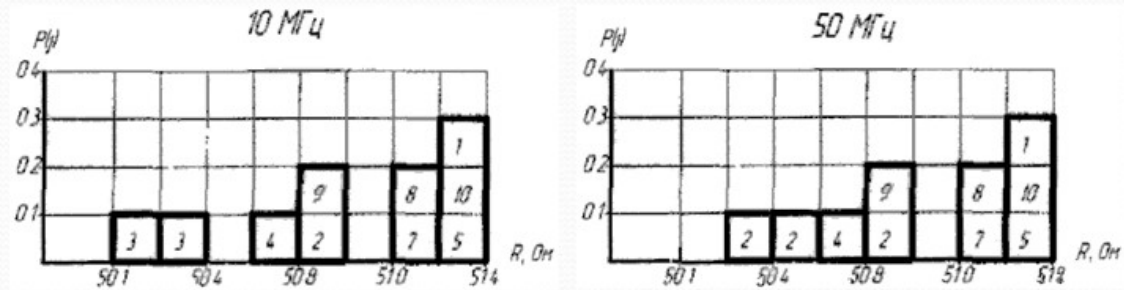
- пасивні та активні радіоелементи розглядають за схемами заміщень у відповідності до їх електричного режиму роботи;
- ВАХ напівпровідникових діодів розглядають за методикою Еберса-Молла (для більш складних ЕРЕ: біполярних транзисторів – Гуммеля-Пуна, польових – Шихмана-Хоужеса, МОП-транзисторів – Куртіса );
- параметри радіоелементів в застосованих факторних моделях обмежуються базовою моделлю користувача;
- нелінійні моделі складні за структурою та містять до двох режимно-залежних компонентів;
- можливість атестації параметрів радіокомпонентів за довідковими даними або вимірюваннями;
- сепарабельність багатополюсних моделей.

## Розробка моделюючого пристрою

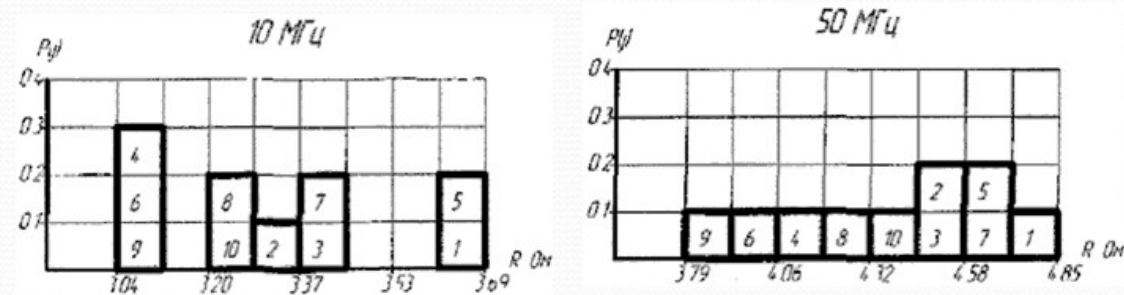
Структурна схема розробленого моделюючого пристрою для дослідження статичних та динамічних параметрів двополюсників складається з наступних вузлів: генератора ВЧ сигналу 1, векторного вольтметра 2, універсального цифрового вольтметра 3, блока живлення 4 та вимірювально-контрольного пристрою 5, до якого підключено вимірювальну головку 6 з досліджуваним двополюсником і блок стабілізації робочої точки 7, що підключається під час вимірювання напівпровідникових приладів, – блок зміщення.



## Експериментальні дослідження



розподіл опору  $R$  резисторів С2-23-0,125 Вт 51 Ом вибіркою  $n=50$



розподіл повного опору  $R_n$  діодів КД521А при прямому струмі 25 мА вибіркою  $n=55$

Рисунок – Гістограми з результатами статистичного дослідження

## Опрацювання результатів досліджень

Експериментальна частина містить відомості про випробування та вимірювання параметрів двополюсників на ВЧ для показу працездатності розробленого пристрою досліджень.

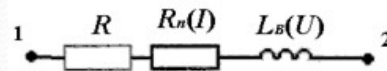
Основні параметри двополюсників у діапазоні частот від 1 до 100 Мг мають розкид у межах допуску – менше  $\pm 10\%$ .

Статистичний розподіл їх результатів вимірів за критерієм Пірсона відповідає нормальному закону.

Виміри частотних характеристик двополюсників показують, що спостерігається висока стійкість таких вимірів.

На ВЧ та УВЧ реактивна складова повного опору діода має не ємнісний, а індуктивний характер в області зміщення робочої точки в область активного режиму.

Доцільно коригування моделі корпусного напівпровідникового ВЧ діода в лінійній області на наведену нижче



## Охорона праці

### Щодо схеми "Людина-Машина-Середовище" в приміщенні обчислювального центру

Розміри приміщення:

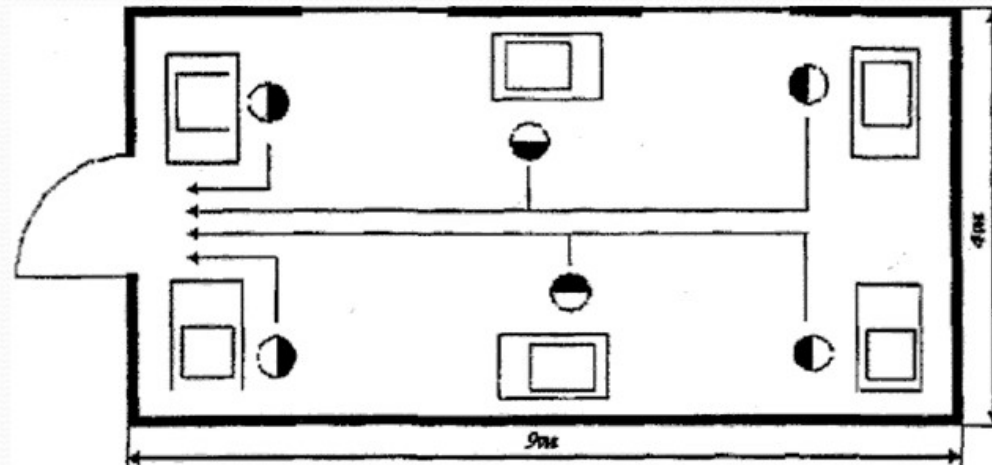
довжина – 9 м,  
ширина – 4 м,  
висота – 3,5 м.

Кількість робочих місць – 6.

Негативні фактори впливу:

- зорова втома;
- напружена розумова праця;
- електромагнітне випромінювання;
- електростатичні поля, іонізація;
- інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання;
- електрична напруга у мережі до 1000 В.

## Виробнича безпека та санітарія



План розміщення робочих місць

Проаналізовані умови праці в приміщенні обчислювального центру на робочому місці проектувальника, розглянуті основні небезпечні фактори та надані рекомендації щодо виробничої безпеки і санітарії праці. Виконано розрахунок кондиціонування.

## **Висновки**

НАУКОВА НОВИЗНА результатів виконаної кваліфікаційної роботи полягає у обґрунтуванні можливості застосування різних моделей двополюсних елементів в схемотехнічному проектуванні РЕА:

- обґрунтована можливість застосування узагальнених факторних та компонентних моделей двополюсних радіоелементів в конкретних випадках моделювання;
- розроблено новий моделюючий пристрій для дослідження основних параметрів двополюсних радіоелементів;
- уточнена компонентна модель корпусного діода на ВЧ при зміщенні робочої точки в активну область.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ роботи полягає в тому, що показана можливість застосування узагальнених моделей двополюсних радіоелементів, які враховують режими їх роботи через складові еквівалентної схеми компонента, та можуть бути використані в САПР під час автоматизованого схемного моделювання РЕА.

Розроблений пристрій моделювання з доробкою може бути використано для моделювання більш складних полюсних елементів.

**Магістерська кваліфікаційна робота**  
за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка

**Доповідь закінчена.**

***Дякую за увагу!***

