

Міністерство освіти України  
Вінницький політехнічний інститут

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з курсу "Автоматизація проектування систем керування"  
для студентів інженерії спеціальності 2101  
триступеневої підготовки спеціалістів  
з вищою інженерною освітою

Вінниця ВПІ 1993



Міністерство освіти України  
Вінницький політехнічний інститут

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
з курсу "Автоматизація проектування систем керування" для сту-  
дентів інженерії спеціальності 2101 триступеневої підготовки  
спеціалістів з вищою інженерною освітою. /Уклад. С.Б.Дубіненко,  
О.М.Мудрий, О.В.Бісікало, - Вінниця, ВПІ, 1993. - 60 с. Укр.  
мовою/.

Укладачі: Світлана Борисівна Дубіненко  
Олександр Миколайович Мудрий  
Олег Володимирович Бісікало

Редактор М.В.Поліщук

Відповідальний за випуск І.В.Кузьмін

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з курсу "Автоматизація проектування систем керування"  
для студентів інженерії спеціальності 2101  
триступеневої підготовки спеціалістів  
з вищою інженерною освітою

Затверджено  
на засіданні кафедри автомати-  
зованих систем управління  
Протокол №3 від 4.10.1991 р.

Вінниця ВПІ 1993



## Вступ

Ріzne зростання обсягу інформації, яка переробляється, і накопичення досвід використання електронно-обчислювальної техніки в різних галузях призводять до необхідності переорієнтувати таку традиційну галузь обробки інформації, як управління даними.

Новий підхід до організації процесів обробки даних знайшов найбільш яскраве втілення в концепціях банків даних, які дозволяють принципово по-новому підійти до питань управління інформацією в автоматизованих системах. АСУ спроектовані на основі концепції банків даних, мають ряд характерних властивостей, які вигідно відрізняють їх від розробок, основою яких була система масивів даних, зорієнтована на вирішення комплексу встановлених задач. Використання автоматизованих банків даних дозволяє забезпечити багатоаспектний доступ до сукупності взаємопов'язаних даних, інтеграцію та централізацію керівництва даними, усунення змін надлишку даних, можливість сумісництва ефективних режимів та телепроцесорної обробки даних.

Автоматизований банк даних визначають як систему інформаційних, систематичних, програмних, мовних, організаційних та технічних засобів, які призначені для централізованого накопичення та колективного багатоаспектного використання даних для одержання необхідної інформації.

В автоматизованому банку даних частина функцій виконується різноманітними елементами обчислювальної техніки, а друга - людьми.

Масив даних, що зберігається в обчислювальній системі, називається базою даних. База даних разом з системою керування нею є складовою частиною банку даних. Під час створення баз даних необхідно приділити особливу увагу тому, щоб дані можна було широко використовувати в різних додатках і щоб способи використання даних

можна було легко і швидко змінити.

Для забезпечення гнучості використання даних необхідно враховувати два аспекти розробки баз даних: по-перше, дані повинні бути незалежними від програм, які їх використовують, для того, щоб дані можна було доповнити або перебудувувати без змін програм; по-друге, повинна бути забезпечена можливість запиту та відшукування інформації в базі даних без складного написання програм на звичайній мові програмування. Таким чином, проектування баз даних повинно ґрунтуватися на визначеній системі положень - чітко сформульованій концепції.

Бази та банки даних є одними з основних компонентів автоматизованих систем різних рівнів та типів /АСУП - автоматизованих систем управління підприємствами, АСУТП - автоматизованих систем управління технологічними процесами, ГАСУ - галузеві автоматизовані системи управління, АСУНД - автоматизовані системи управління науковими дослідженнями, САПР - системи автоматизації проектування і т.п./.

Вони створюються для багатьох сфер та галузей народного господарства: планування, облік, керування підприємствами, статистики, охорони здоров'я та інш.

Тому проектування автоматизованих систем керування різного призначення повинно включати в себе і проектування банків даних.



### Теоретичні відомості.

Під інформацією розуміють будь-які відомості про які-небудь події, сутності, процеси і т.п., які є об'єктом деяких операцій: сприймання, передачі, перетворення, зберігання або використання.

Дані можна визначити як інформацію, зафіксовану у визначеній формі, яка підходить для наступної обробки, зберігання і передачі.

Відповідно до двох понять - "інформація" і "дані" - в банках даних розрізняють два аспекти розгляду питань: інфологічний і дотологічний.

Інфологічний аспект застосовується при розгляді питань, зв'язаних із змістом даних незалежно від способу їх зображення в пам'яті інформаційної системи.

Дані відповідають зареєстрованим фактам про об'єкти чи явища реального світу. Щоб в подальшому використовувати дані, потрібен їх смисловий зміст - семантика даних. Тому в інформаційній системі повинні бути сформульовані правила смислової інтерпретації даних.

Головний спосіб надання семантики даних - природна мова. Але можливо використовувати формалізовані мови, які дозволяють більш ефективно організовувати обробку даних на обчислювальній техніці і подати необхідну семантику даних, задовольняє практичним потребам цілого ряду прикладних задач. До цього класу інформаційних систем відносяться і банки даних.

Банк даних - це інформаційна система, яка включає комплекс спеціальних методів і засобів для підтримки динамічної інформаційної моделі предметної області з метою забезпечення інформаційних запитів споживачів.

Споживачі банку даних можна поділити на дві групи за ознаками

постійного спілкування з банком даних. Постійні споживачі - це ті, які регулярно користуються послугами банку даних і для яких можна заздалегідь сформулювати типи запитів визначаючих коло їх інтересів. Постійні споживачі можуть звертатись до системи і з довільними по змісту запитами.

Разові споживачі - ті, які не мають постійних запитів, але можуть звертатись до системи з довільними по змісту запитами. Споживачів банків даних розрізняють також по рівню компетенції, що характеризують можливість доступу споживача до тих чи інших даних. Мова йде про захист деякої частини даних від тих споживачів, які з різних причин не повинні мати можливість їх одержувати чи змінювати.

Споживачі банку даних відрізняються один від одного по формі представлення запитів, з якими вони звертаються до системи, а також по формі подання викликаної інформації. За цими ознаками споживачів розподіляють на дві групи: споживачі-задачі і споживачі-люди.

Споживачі-люди звертаються до банку даних з довільними або з регламентованими по змісту запитами. Видана їм інформація повинна мати зручну для людини форму подання: у вигляді тексту на природній мові, таблиць з поясненням, графіків і т.п. Головні споживачі цієї групи: споживачі-прикладні програмісти і споживачі-непрограмісти.

Споживачі-задачі звертаються до банку даних з регламентованими по формі і по змісту запитами, видана їм інформація відповідним способом обробляється і компонується на основі прийнятих в системі формальних правил і згод.

Споживачі-прикладні програмісти - особлива категорія споживачів. Вони виконують роботи по програмуванню функціональних задач



Споживачі-непрограмісти-наибільш багаточисельна група осіб, для задоволення інформаційних потреб яких і створюють банк даних. Тому споживачів-непрограмістів ще називають кінцевими споживачами. Це спеціалісти в своїй області діяльності, які звичайно не мають спеціальної підготовки з програмування.

Таким чином, послугами банку даних користується все більше число різноманітних споживачів. Тому в БД передбачається спеціальний засіб приведення всіх запитів до єдиної термінології-словник даних.

Банк даних повинен:

1. Задовольняти окремі інформаційні потреби зовнішніх споживачів, забезпечувати можливість зберігання і модернізації більших об'ємів багатоаспектної інформації, задовольняти виявлені і знову виникаючі потреби зовнішніх споживачів.

2. Забезпечувати заданий рівень достовірності інформації, яка зберігається і її несуперечність.

3. Забезпечувати доступ до даних тільки споживачам з відповідними повноваженнями.

4. Забезпечувати можливість пошуку інформації за довільною групою ознак.

5. Задовольняти задані вимоги продуктивності при обробці запитів.

6. Мати можливість реорганізації і розширення при зміні меж предметної області.

7. Забезпечувати видачу інформації споживачам в різній формі.

8. Забезпечувати простоту і зручність звернення зовнішніх споживачів за інформацією.

9. Забезпечувати можливість одночасного обслуговування більшого числа зовнішніх споживачів і т.д.

## 1. Структура баз даних.

Для забезпечення незалежності прикладних програм від даних необхідно ввести модель даних. Модель повинна мати свою схему, в якій відображена структура її даних, імена записів, імена і форми полів. Для роботи з даними моделі, розробляються конкретна мова опису даних і мова маніпулювання даними. Запити до даних з БД повинні виражатись в прикладних програмах споживачів з допомогою цих мов і термінів прийнятої моделі даних МД.

Розрізняють такі структури даних:

1. Базисна. Існують такі структури даних, які більшість спеціалістів рахують головними. Такі структури з математичної точки зору вважаються базисними, і в цьому розумінні вони універсальні.

2. Графова. Найбільш загального вигляду. Вона містить шкли, тому при обробці такої структури даних, якщо не бути досить уважним, можна потрапити в безкінцевий шкл.

3. Деревоподібна. Часто використовується. Існують дерева з двома гілками /біпарне дерево/ і дерево з більшою кількістю гілок, але для забезпечення однорідності структури осередків пам'яті дерева з більшою кількістю гілок подають в формі біпарних дерев.

4. Відмінкова. Використовується в сучасних системах надання лінгвістичних знань. Для відображення факту зв'язку об'єкта з деякою подією чи дією вводяться відмінкові відношення:

-бути ініціатором дії

-бути об'єктом дії

-бути метою дії

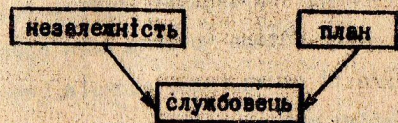
-т.д.

5. Реляційна. Для відношення КЛІЄНТ і відношення ОПЛАТА з точки зору структури прямого добутку очевидно, що можуть існувати тільки підмножини прямого добутку, тому називають реляційною

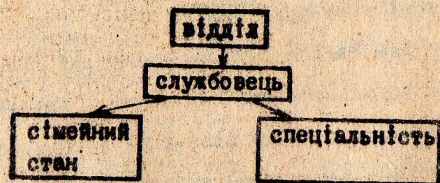


структурою.

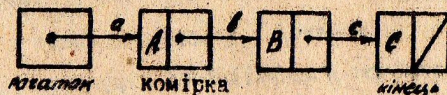
7. Сіткова. Коли правило ієрархічності виконується.



8. Ієрархічна. У неї підкорінний елемент даних завжди зв'язаний тільки з одним виходом.



9. Списочна.



Являє собою структуру даних у вигляді декількох лінійно-зв'язаних осередків.

2. Проектування баз даних.

Проектування БД починається з попередньої структуризації предметної області: об'єкти реального світу підлягають класифікації, фіксується сукупність підлягаючих відображенню в БД типів об'єктів. Для кожного типу об'єктів фіксується сукупність властивостей, засобами яких будуть описуватись конкретні об'єкти цього типу в БД, відношень /взаємозв'язок/ між цими об'єктами. Потім

вирішуються питання про те, яка інформація про ці об'єкти повинна бути представлена в БД і як її представити з допомогою даних.

Будівництво бази даних починається зі стадії збирання і аналізу даних. При цьому бажано, щоб дані мали необхідний і достатній ступінь підмірності. Крім цього, на даній стадії прагнуть до абстрагування спільної структури даних без обліку фізичних властивостей, які виконуються ЕОМ. В ЕОМ звичайно відбувається перетворення /концептуальної/ структури в форму, звичну для запам'ятовування чи пошуку. Така внутрішня структура даних називається фізичною структурою. При побудові фізичної структури даних до неї закладається деякий надлишок з метою забезпечення надійності управління даними.

У всіх випадках – при побудові бази даних, при використанні даних і т.д. – зрозуміла важливість завдання засобів представлення даних, що забезпечують відсутність необхідності виникати в особливості архітектури ЕОМ.

Потрібно занадто багато часу, щоб сформулювати мету побудови системи, провести аналіз потреб, побудувати модель системи і специфікувати систему. На даному етапі всі роботи виконує людина. На наступних етапах можна користуватись машинним проектуванням. Як модель системи баз даних можуть розглядатись автоматні моделі, моделі системи символічної логіки і др. Вибір залежить від характеру даних і діапазону потреб споживачів.

Словник даних являє собою спеціальну систему в складі БД, призначену для зберігання єдиної і централізованої інформації про всі ресурси даних конкретного БД. В словнику даних знаходяться відомості: про об'єкти, їх властивості і відношення до даних, які зберігаються в БД /їх найменування, смисловий опис, структура, зв'язки з іншими даними/; про можливі значення і формати даних, які подаються; про джерела виникнення даних; про коди захисту і



розмежування доступу до даних зі сторони споживачів і т.п.

Адміністратор бази даних – це особа /чи група осіб/, що реалізує управління базою даних. В БД як об'єкт управління виступає база даних, а як орган управління – група спеціалістів, знайомих з теорією систем обробки даних.

#### Функції АБД.

- вирішувати питання організації даних про об'єкти ПО і установа-ня зв'язків між ними даними з метою об'єднання інформації про різні об'єкти; узгодження споживачів;

- координувати всі дії по проєктуванню, реалізації і веденню БД, урахувати перспективні і поточні потреби споживачів; слідкувати, щоб БД задовольняв актуальним інформаційним потребам;

- вирішувати питання, зв'язані з розширенням БД в зв'язку зі зміною мех ПО;

- розробляти і реалізовувати міри по забезпеченню захисту даних від некомпетентного їх використання, від збоїв технічних засобів, по забезпеченню секретності визначеної частини даних розмежування доступу до даних;

- виконувати роботи по веденню словника даних; контролювати достаток і суперечність даних, їх достовірність;

- слідкувати за тим, щоб БД відповідав заданим умовам по продуктивності;

- виконувати при необхідності змінювання методів зберігання даних, шляхом доступу до них, зв'язків між даними; форматів даних; визначати ступінь змін в дані на всю БД;

- координувати питання технічного забезпечення системи апаратними засобами виходячи з умов, пред'явлених БД до устаткування;

- координувати роботи системних програмістів, які розробляють додаткове програмне забезпечення для поліпшення експлуатаційних характеристик системи;

- координувати роботи прикладних програмістів, розробляють <sup>які</sup> мови ПП і виконувати перевірку і виключення прикладних програм у склад програмного забезпечення системи і т.п.

#### 3. СУБД.

Банк даних включає наступні головні компоненти /рис.1/: базу даних /БД/; систему управління базою даних /СУБД/; адміністратора бази даних /АБД/; словник даних; обчислювальну систему; обслуговуючий персонал.

База даних – це доцелогічне подання інформації моделі предметної області.

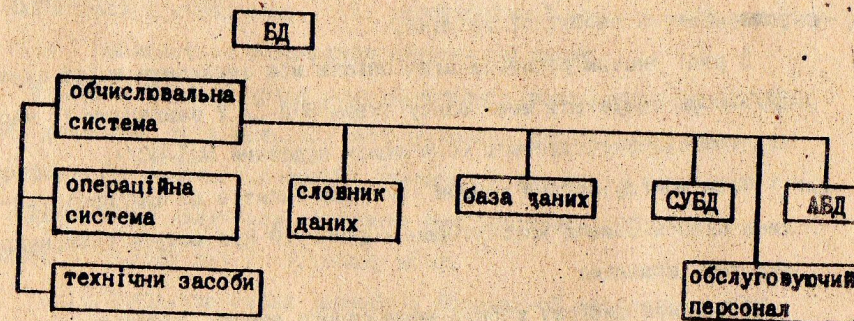


Рис.1 Основні компоненти бази даних.

Система управління базою даних – це спеціальний пакет програм, при допомозі яких реалізується централізоване управління базою даних і забезпечує доступ до даних.

В кожній СУБД перш за все повинні бути транслятори або інтерпретатори з мови опису даних і з мови маніпулювання даними єдині для всіх БД.

Опис структури даних деякого типу на формалізованій мові називають схемою цього даного. Мова опису даних – це мова високого рівня, призначена для задавання схеми БД. З її допомогою описуються



типи даних, які підлягають зберіганню в базі або виборці з БД, їх структура і зв'язки між собою. Це мова декларативного типу, не процедурна. Вихідні тексти /опису даних/, написані на цій мові після трансляції, відображаються в таблиці управління: адресних констант, що показують на розміщення у пам'яті ЕОМ і на зв'язки між даними, які розглядаються; констант, <sup>що</sup> характеризують розмірність даного і код, у якому воно представлено, другу інформацію, необхідну для роботи з даними програм СУБД. Згідно з одержаним описом СУБД зможе знайти в базі потрібні дані, вірно перетворити їх і передати, наприклад, в прикладну програму, якій вони знадобились.

При запису даних в базу СУБД визначають місце в пам'яті ЕОМ, куди їх потрібно помістити, перетворюють до заданого вигляду і установлюють необхідні зв'язки.

В ряді систем робиться відмінність між завданням всієї схеми БД/використовується мова опису схеми/МОД-С/ і завданням її частин підсхем/використовується мова опису підсхеми МОД-ПС//.

Мова маніпулювання даними /чи мова запитів до БД/ представлена схемою команд маніпулювання даними. В ній можуть бути, наприклад, такі команди:

1.Зробити вибірку з бази конкретного даного, значення якого задовольняє заданим умовам.

2.Зробити вибірку з бази всіх даних певного типу, значення яких задовольняє заданим умовам.

3.Знайти в базі позицію даного і розмістити туди його нове значення чи з допомогою команд МОД переходимо по БД від одного даного до іншого по відповідних зв'язках між ними, так звана "навігація" в базі даних.

В загальному випадку для виконання "навігації" в БД необхідно знати реалізовану в базі структуру даних, інакше можна отримати не ті дані, які потрібні, або не знайти їх, хоча вони присутні в базі.

Системи управління базою даних підрозділяють на дві групи в залежності від способу реалізації МОД.

1.СУБД з вбудованою мовою.

2.СУБД з базовою мовою.

В СУБД з вбудованою мовою, в якості останнього вибирається одна із загально прийнятих мов. Прикладна програма, написана на вбудованій мові, може ініціалізувати команди МОД шляхом:

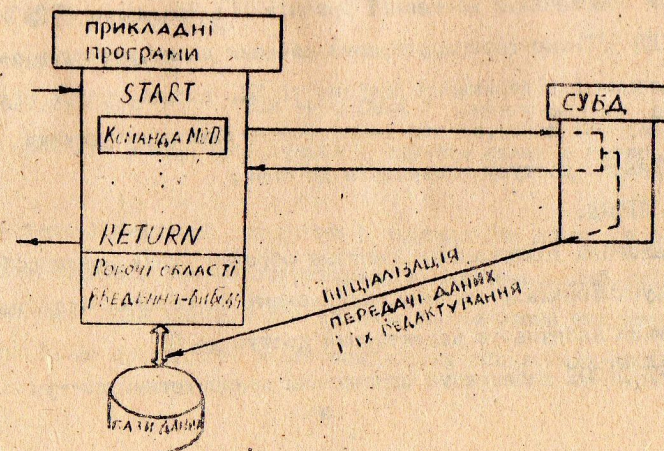
1/виклику спеціальних відповідних підпрограм СУБД, при цьому необхідне редагування прикладних програм виконується звичайним шляхом операційною системою, під управлінням якої працює СУБД;

2/використання спеціальних операторів /команд МОД/, що включаються в склад операторів алгоритмічної мови, яка використовується і називається розширеною вбудованою мовою.

В СУБД з базовою мовою розробляється власна алгоритмічна мова, яка дозволяє крім операцій маніпулювання даними виконувати арифметичні операції, операції введення - виводу на термінали і т.д.

Деякі СУБД являються системами комбінованого типу, тобто мають як базову, так і вбудовану мову.

Рис.2. Приблизна схема взаємодії прикладної програми з СУБД.





В багатьох СУБД знаходяться спеціальні засоби забезпечення захисту даних від некомпетентного їх використання і збою технічних засобів контролю достовірності даних, засобів автоматичного накопичення статистики, використання тих чи інших даних різними категоріями споживачів.

#### 4. Класифікація СУБД.

##### 1. СУБД для ЄС ЕОМ.

###### 1. Система У і БД ОКА.

Це система загального призначення, орієнтована на застосування в банках даних АСУ підприємств, організації, виробничих об'єднань, галузях і т.д. Система ОКА відноситься до класу систем з вбудованою мовою і підтримує деревовидну ієрархічну модель даних.

Система забезпечує високий рівень незалежності логічної організації даних від їх фізичної організації на вищих запам'ятовуваних пристроях.

###### 2. СУБД СІТЬ.

Ця система відноситься до класу загального призначення, реалізованих для ЄС ЕОМ. Область застосування СУБД СІТЬ - великі автоматизовані системи, такі, як АСУ виробничих об'єднань, АСУ галузі. СУБД СІТЬ підтримує сітьову модель даних, реалізуючи з деякими обмеженнями концепції організації баз даних ЮДАСИЛ.

СУБД СІТЬ має інтерпретований словник даних, розвиток засобів відновлення і підтримання цілісності БД, теледоступу і підтримки розподілу баз даних, засоби забезпечення діалогового режиму роботи, розмежування доступу споживачів до бази.

###### 3. СУБД ДІОД.

Діалогова інформаційна система обробки даних являє собою багатофункціональну систему, розраховану на широкий клас застосування, який забезпечує колективний доступ до БД.

СУБД ДІОД забезпечує одночасний пріоритетний доступ

споживачів до БД, роботу з деякими БД, роботу в режимі діалога або в пакетному режимі.

СУБД ДІОД видає споживачам широкий набір мовних засобів для опису даних і процедур їх обробки. Прикладні програми можуть бути написані на алгоритмічних мовах ПЛ/1, КОБОЛ, ФОРТРАН, Асемблер з командами МОД або використання функціональних інтерфейсів.

###### 4. СУБД БАНК - ОС.

Ця система відноситься до системи з вбудованою мовою.

Вбудованою мовою є алгоритмічна мова. Асемблер працює з включенням спеціальних мікрокоманд системи.

Система в цілому орієнтована на кваліфікованих споживачів - програмістів-розробників проблемних прикладних програм і адміністратора бази.

###### 5. СУБД СЕТОР.

СУБД СЕТОР дозволяє підтримувати сітьову модель даних, пропонує споживачам можливість роботи з базами даних в рамках ПП. Працює під управлінням операційної системи ОС ЄС.

В системі знаходяться засоби ведення системного журналу, отримання статистики відновлення БД і засобів, забезпечує можливість роботи з іншими пакетами прикладних програм.

###### 11. СУБД для СМ ЕОМ.

###### 1. Система ФОБРИН.

Побудова для міні - ЕОМ типу СМ-4 і призначена для автоматизації процесів збору, накопичення і обробки даних в інтерактивному режимі.

Система забезпечує створення і ведення баз даних на основі файлів і оперує з такими структурами даних: поле, запис, файл, інформаційна база даних. Поле - найменша поіменована структурна одиниця. Запис - сукупність взаємопов'язаних полів. Файл - набір



записів одного типу. Інформаційна база підтримується системою **ФОВРИН** – це структура, складена з двох частин: словника системи і сукупності незалежних файлів. В словнику системи знаходяться описи даних і процедури обробки даних, створені споживачами для визначення видів обробки. Доступ до файлів здійснюється тільки через словник.

Головні функції, які реалізуються системою **ФОВРИН**:

1. Створення словника системи.
  2. Підтримка словника системи.
  3. Введення і модифікація даних в БД.
  4. Обробка даних.
  5. Вивід даних у вигляді звітів на термінал або друкований пристрій.
2. СУБД **МІРИС**.

Мала ієрархічна розподільна інформаційна система **/МІРИС/** забезпечує створення і ведення локальних і розподільних баз даних на обчислювальних комплексах типу **СМ-4**.

**СУБД МІРИС** відноситься до систем змішаного типу, тобто утримує в собі можливість як відкритої системи, дозволяючи програмування на різних мовах, підтриманих операційною системою, так і можливість замкнутої системи, доводити споживачу мову запитів високого рівня.

### 3. СУБД **РИБД**.

Це реалізація системи управління реляційної бази даних для міні – **ЕОМ СМ-4** в оточенні операційних систем **ДОС КР** і **РАТРС**. Широке застосування в автоматизованих системах при побудові кадрових підсистем, підсистем заробітної плати і т.д. **СУБД РИБД** підтримує реляційну модель даних.

Завдання для виконання лабораторної роботи.

Студенту необхідно:

1. Вивчити методичні вказівки і ознайомитись з теоретичними зв'язками.
2. Ознайомитись з ходом роботи і переписати порядок виконання лабораторної в звіт.
3. На наступному занятті отримати від викладача вихідні дані у вигляді:
  - кількість різних наборів введення даних /використовується в пункті 6 ходу роботи/;
  - визначення процедури, яку необхідно виконати з набором даних.

Набір введення даних може бути список групи з вказівкою необхідних зведень.

### 4. Після цього почати виконання лабораторної роботи.

В результаті отримати таблицю даних, приклад якої показаний на **рис. 1**.

Також необхідно отримати результати роботи заданої процедури. Приклад результатів роботи двох процедур показані на **рис. 1**.

### 5. Розпочати захист лабораторної роботи.

Опис лабораторної роботи по ознайомленню з **СУБД ФОВРИН-2**.

В основу постановки лабораторної роботи і для допомоги наочності її використання створено командний файл під назвою **@LAB**.

Програма, яка знаходиться в ньому, написана на так званій мові командних файлів і є керуючою програмою для виконання роботи.

Файл **LAB.CMD** керує рядом допоміжних файлів, які сприяють наочності і зручності виконання лабораторної роботи.

Це такі файли як:

- **MMI.TXT**, в ньому знаходиться таблиця меню з переліченими можливостями режимів роботи.



- *TEOR1.TXT, TEOR2.TXT, TEOR3.TXT, TEOR4.TXT,*

в них по сторінках занесені короткі теоретичні зведення про системи управління даними;

- *METHOD1.FBR, METHOD2.FBR, ..., METHOD5.FBR*

в цих файлах занесено по сторінках опис порядку виконання лабораторної роботи;

- *TT.CMD* - файл з тестовим прикладом, використаний оператором для відладки програми роботи з СУД-ФОБРИН-2=

- *DTRINS.CMD* файл, який використовується оператором для установки СУД-ФОБРИН-2= в операційній системі.

Нижче приведено алгоритми роботи програми:

Зараз опишемо, які повинні бути дії оператора, який підготує лабораторну роботу і які дії можливостей рядових споживачів, тих, хто буде виконувати лабораторну роботу.

#### Оператор.

Оператор входить в розділ, де знаходяться всі вище перераховані файли. З допомогою командного файла *DTRINS.CMD* устано- влює в операційній системі СУД-ФОБРИН-2= і перевіряє, як вона працює.

Потім він запускає на виконання командний файл /програму/ *LBR.CMD* і з допомогою теста *TT.CMD* перевіряє їх роботу. Оператор на протязі ходу всієї лабораторної роботи слідкує всіма можливими неполадками, збоями і усуває їх.

Дивись файли *DTRINS.CMD* на стор. 1 і *TT.CMD* на стор. 1-5.

#### Споживач.

Входить в систему:

- *HEL XI, X2 /PASSWORD* , де XI, X2 - відведені йому розділи;  
- *PASSWORD* - пароль входу в систему.

Викликає лабораторну роботу з допомогою командного файла *LBR*.

Після цього на екрані дисплея висвічується таблиця =МЕНЮ=, з переліком можливих режимів роботи, дивись файл *LBR.CMD* на стор. 1.

Внизу таблиці =МЕНЮ= виникає питання: "Вкажіть номер необхідного режиму".

Тут споживач зможе вказати номер, вибрати режим роботи:

1. Ознайомлення з короткими теоретичними відомостями про системи управління даними, див. файл *TEOR.TXT* на стор. 1-7.

2. Ознайомлення з порядком виконання роботи, тобто з своїми діями після виклику системи =ФОБРИН-2= див. файл *METHOD.FBR* на стор. 1+2.

3. Безпосереднє виконання роботи: вибравши цей режим, споживач переходить в систему =ФОБРИН-2= і приступає до виконання операційного в режимі ходу роботи.

4. Кінець роботи.

#### Контрольні питання

1. Які ви знаєте моделі даних?
2. Що таке банк даних?
3. Дайте класифікацію споживачів банку даних.
4. Структури баз даних.
5. Типова схема проектування баз даних.
6. Що таке СУБД? Класифікація СУБД.
7. Найважливіші функції СУБД.
8. Сучасні напрями розвитку у сфері автоматизації інформаційного забезпечення.



# Література.

1. Нагао М., Катаяма Т., Уемура С. Структури і бази даних: Пер. з япон.-М.: Мир., 1986-197с., іл.
2. Дейт К. Введення у систему баз даних. -М.: Наука, 1980.
3. Системи управління базами даних для ЕС ЕЕМ. Довідник /Під ред. В.М.Совінова.-М.: Фінанси і статистика, 1984.
4. Тіорі Т., Фрай Д. Проектування структур баз даних. -М.: Мир, 1986
5. Хаббард Д. Автоматизоване проектування баз даних. -М.: Мир, 1983
6. Цикрітзіс Д., Лоховський Ф. Моделі даних. - М.: Фінанси і статистика, 1985.
7. Бази і банки даних: Підручник для вузів по спец.-АСУ: - М.: Вища школа., 1987.-248с.:ил.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Тема: "Синтез структури пам'яті спеціалізованої ЕОМ"

Мета роботи: познайомитись з постановкою задачі синтезу в САПР і методами її розв'язування; одержати /мати/ уявлення про роботу АРМ.

### Постановка задачі.

Потрібно синтезувати структуру внутрішньої пам'яті /ОЗУ-ОЗУ-ПЗУ/ спеціалізованої ЕОМ, працюючої в режимі реального часу, /спільно/ з визначенням необхідної кількості об'єктних програм та їх розміщенням в різних блоках системи пам'яті.

Нехай ЕОМ орієнтована на розв'язання безлічі задач  $C = \{C_1, \dots, C_n\}$  і нехай на безліч  $C$  задано його розбиття на підбезліч  $C_\ell$ ,  $\ell = 1, n$  ( $n \leq n$ ), характеризовані способом зберігання цих задач.

Для розв'язання в ЕОМ задач, що надходять, є безліч програм  $F = \{f_1, \dots, f_m\}$ , розбитих по відношенню до безлічі  $C$  так, що можна записати безліч упорядкованих пар  $F_\ell = \{(l, f)\}$ ,  $\ell = 1, n$ ,  $T = 1, m$ , де люба пара  $(l, f)$  програм може реалізувати задачу  $C_{ij}$ .

Кожна з програм характеризується:

- способом зберігання /в ОЗУ чи ПЗУ/;
- числом потрібних вічок /гнізд/ ОЗУ;
- числом потрібних гнізд ОЗУ;
- числом потрібних гнізд ПЗУ;
- кількістю ресурсу  $\Gamma_{ij}^{(2)}$ , де під ресурсами слід розуміти час розв'язання, габарити, вартість і потужність. Ця величина залежить від способу зберігання програм.

Всі ці параметри адитивні.



Задача складається у визначенні структури внутрішньої пам'яті і такого набору програм для вирішення задач, що надходять, щоб задовольнились всі обмеження на параметри ЕОМ, а вибраний критерій оптимальності дістав свого екстремального значення. Прикладом критерію оптимальності можна вибрати будь-який із параметрів характеристик задач.

Математичний опис задачі.

Введемо псевдобульові змінні:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо програма } F_j \text{ розв'язує задачу } C_i; \\ 0, & \text{в протилежному випадку.} \end{cases}$$

Для ЕОМ задачу вибору набору програм для реалізації задачі можна сформулювати таким способом:

Мінімізувати цільову функцію:

$$\Phi(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gamma(x_{ij})$$

де  $\gamma(x_{ij})$  - залежність, котру вибирають, виходячи з вибраного критерію оптимальності.

При часових обмеженнях:

$$\sum_{i \in C} \sum_{j=1}^m t_{ij} x_{ij} \leq T;$$

Обмеження на кількість гнізд:

$$\max_{F \in F} \left\{ \sum_{j=1}^m Z_{ij} \right\} \leq Z,$$

де  $t_{ij}$  - кількість гнізд ОЗУ, СОЗУ чи ПЗУ;

$j$  - програми;

$i$  - задачі.

Обмеження на адитивні параметри:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(k)} \leq R_k, \quad k = \overline{1, g};$$

При логічних умовах існування єдиного набору програм для реалізації даної задачі:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}$$

$t_{ij}$  - середній час розв'язання  $j$  - програми  $i$  - задачі;  
 $R_k, T, Z$  - обмеження на  $k$ -й ресурс, час розв'язання і кількість гнізд відповідно.

Ця задача також є задачею дискретного програмування з псевдобульовими змінними. Підставляючи в цільову функцію різноманітні параметри можна оптимізувати структуру системи пам'яті ЕОМ по відповідних критеріях.

Розглянута задача використовується для синтезу технічних і програмних засобів САПР.

Синтез технічних об'єктів.

1. Постановка задачі синтезу.

Задача синтезу технічного об'єкту полягає в тому, щоб по заданому функціональному призначенню об'єкта чи по закону його функціонування одержати проектне розв'язання у вигляді деякого опису проектувального об'єкту.

При синтезі заздалегідь задається допустимий набір використаних елементів, а також можливі правила їх стикування і засоби визначення по синтезованій структурі об'єкта або функції, яку він реалізує. Структура об'єкту - набір створених його елементів і зв'язків між ними, це об'єкт проектування.

На структуру об'єкту накладаються обмеження, які можна розділити на групи:



1/які відносяться до методу розв'язання задачі і охоплюють наявність знань, методів і наявність технічних засобів проектування;

2/які охоплюють вимоги технічного завдання /ТЗ/ на параметри об'єкту, який проектуємо, вимоги стандартів і технології;

3/які охоплюють фізичні принципи реалізації закону функціонування об'єкту;

4/які охоплюють взаємодію об'єкту, який проектуємо, з навколишнім середовищем і людиною.

При проектуванні технічного об'єкту вибирається чи задається в ТЗ на проектування критерій оптимальності. Вибір критерію оптимальності є складна і дуже відповідальна задача. Для цього необхідно синтезувати оптимальну структуру, параметри якої задовольняють всі вимоги, а критерій оптимальності приймає найкраще значення. Синтез технічного об'єкту містить в собі створення структури об'єкту /структурний синтез/ і розрахунок його параметрів /параметричний синтез/.

Задача структурного синтезу складається у пошуках оптимальної чи раціональної структури технічного об'єкту для реалізації заданих функцій в рамках вибраного принципу дії. Задача параметричного синтезу складається у визначенні найкращих значень параметрів для вибраної структури об'єкту з урахуванням всіх вимог ТЗ на об'єкт, який проектуємо.

Різновид задач оптимізації.

В задачах оптимального проектування технічних об'єктів вектор змінного проектування  $X = (X_1, \dots, X_n)$  вибирають в результаті виділення екстремума цільової функції  $F(X)$  в допустимій області, заданій системою обмежень на параметри об'єкту, який проектуємо. В загальному вигляді цільова функція і обмеження є нелінійними.

функціями змінних проектування  $X$ . Задачі, в яких екстремуми цільової функції йдуть в межах необмеженого простору змінних проектування, відносяться до задач безумовної оптимізації, наявність же обмежень будь-якого вигляду приводять до задач умовної оптимізації.

Для вирішення задач безумовної оптимізації використовуються направлені пропеси у вигляді  $X_k = X_{k-1} + \lambda_k \Delta X_k$ , де  $\Delta X_k$  - вектор, який обумовлює напрям руху з точок  $X_{k-1}$ ;  $\lambda_k$  - числовий множник, значення якого обумовлює довжину кроку в напрямі  $\Delta X_k$ .

Методи оцінки напрямів руху бувають прямі, градієнтні і змінної метрики.

До прямих методів відносять:

- 1/метод координального спуску;
- 2/метод ортогональних напрямлень;
- 3/метод паралельних дотичних.

До градієнтних методів відносять:

- 1/метод найшвидшого спуску;
- 2/метод швидких градієнтів.

До методів змінної метрики відносять метод Ньютона з регулюванням кроку. Для вирішення задач умовної оптимізації використовують метод математичного програмування і одновірної оптимізації.

До методів математичного програмування відносять:

- 1/метод штрафних функцій;
- 2/метод бар'єрних функцій.

До методів одновірної оптимізації відносять:

- 1/метод чисел Фібоначчі;
- 2/метод золотого перетину;
- 3/метод половинного ділення;
- 4/метод випадкового пошуку.



Особливості розв'язання задач структурного синтезу.

Задача структурного синтезу складається з вибору принципу дії технічного об'єкту і з визначення його оптимальної структури для реалізації заданих функцій. Структура об'єктів визначення природою елементів, які входять до них і фізичною реалізацією зв'язків між ними в складі об'єкту.

Процес проектування структури складного технічного об'єкту являє собою багатоетапну процедуру, здійснювану по блочно-ієрархічному принципу.

Етап 1. Побудова допустимої безлічі /каталога/принципально можливих типів, які входять в об'єкт елементів. Каталоги входять в склад інформаційного забезпечення САПР.

Етап 2. Вибір безлічі допустимих систем елементів, використаних при структурному синтезі об'єкту. Головною задачею є визначення вимог до параметрів і принципів функціонування окремих елементів, які входять в склад об'єкту, який проектуємо, оскільки різноманітні елементи, які входять в каталог застосовуваних елементів, можуть не стикуватися між собою через різні принципи фізичної реалізації.

Етап 3. Побудова варіантів структур об'єкту, враховуючи їх технічну реалізацію. Тут повинні бути відомі склад елементів, правила їх зв'язку між собою і засіб визначення їх структур, яку він реалізує.

При структурному синтезі об'єктів невеликої складності можлива побудова повної безлічі допустимих структур об'єкту /для реалізації повного перебору варіантів/. При цьому для реалізації цього етапу на ЕОМ в неї повинні бути закладені правила генерації всіх варіантів структур об'єкту, який проектуємо.

При синтезі складних об'єктів прямий перебір уже неможливий чи дуже трудомісткий і необхідна розробка процедур та алгоритмів спрямованого пошуку оптимальної структури об'єкту, який синтезуємо. Ці процедури базуються, звичайно, на використанні методів математичного програмування /в основному – дискретного/, послідовних та інтеракційних алгоритмів синтезу, сіткових та графових моделей проектування, а також методів теорії штучного інтелекту та методів розв'язання науково-дослідних задач.

Етап 4. Оцінка варіантів та вибір компромісної структури об'єкту, який синтезуємо. Як правило, оцінка варіанту структури потребує формування і аналізу математичної моделі синтезованої структури об'єкту та виконання параметричної оптимізації, тому що для об'єктивної оцінки порівнювати варіанти структури має зміст при оптимальних значеннях параметрів. Ці процедури складні і громіздкі, в зв'язку з чим повний перебір варіантів при такому підході практично неможливий. Для зменшення складності цього етапу доцільно чи використовувати побічні критерії варіантів, яким надано перевагу, чи шукати оцінки варіанту структури без дослідження громіздких математичних моделей. При такому підході вводять параметр, який характеризує якість об'єкту. Це може бути число елементів в об'єкті, його вартість, займаний об'єм, максимальне число елементів, які знаходяться в активному стані /потужність/, можливість виходу з строп, максимальна довжина провідників і т.д. Іншим шляхом зменшення складності задачі структурного синтезу є організація діалогового режиму розробник з ЕОМ на 3-му і 4-му етапі синтезу. При цьому розробник сам вирішує, які програми аналізу і оптимізації буде використовувати для оцінки варіантів. Скорочення часу на одержання рішення в діалоговому режимі відбувається за рахунок розумових здібностей людини, за рахунок можливості обриву побудови



явно безперспективного варіанту структури та за рахунок пошуку не оптимального, а допустимого варіанту об'єкту, який синтезуємо.

Етап 5. Корекція технічного завдання. Під корекцією ТЗ розуміють зміну заданих обмежень в тих випадках, коли не існує варіантів об'єкту, який проектуємо, що забезпечують потрібне обмеження. Якщо корекція зроблена, то відповідні етапи проектування повторюють при нових значеннях обмежень.

Об'єм задач, які вирішуємо на кожному етапі настільки великий, що проведення досліджень в повному обсязі неможливе без засобів автоматизації проектування. Проектування ускладнюється також через багаторазові перехресні зв'язки між елементами структури об'єкту проектування.

Отже, особливість задач структурного синтезу складається в тому, що для одержання оптимального варіанту структури об'єкту, який моделюємо, необхідно мати його математичну модель, яка являє собою формальний опис безлічі структур об'єкту на прийнятому рівні деталізації. В цьому випадку задача структурного синтезу зводиться до вибору компромісного варіанту в лічильній безлічі.

Хід роботи.

1. Запуск програми: `>>RUN LB4<BK>`
2. Введення свого варіанту / від 1 до .../.
3. Знайомство з короткими теоретичними даними і ходом роботи.
4. Введення характеристик програми.
5. Поознакомитись з обмеженнями на параметри задач /режим 6/.
6. Поознакомитись з характеристиками програм /режим 4/ і задач /режим 5/. Звернути увагу на можливе перевищення обмежень.
7. Знаходження максимальної задачі /режим 1/. Вибір параметру здійснюється за вказівкою викладача.

8. Знаходження мінімальної задачі /режим 2/. Вибір параметру здійснюється за вказівкою викладача.

9. Знаходження мінімальних програм /режим 3/. Вибір параметру за вказівкою викладача.

10. Кінець роботи /режим 7/.

11. Скласти звіт по роботі.

Контрольні питання

1. Що таке САПР?
2. Які ви знаєте види забезпечення САПР?  
Дайте їм характеристики.
3. Типова структура САПР.
4. Постановка задачі синтезу структури пам'яті спеціалізованої ЕДМ.
5. Математичний опис задачі.
6. Які ви знаєте методи оптимізації?
7. З яких етапів складається типовий структурний синтез?
8. Які сучасні САПР вам відомі?



Варіанти завдань.

| В А Р І А Н Т И |                  |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| #               | задачі<br>шілини | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| I               | 103У             | 138 | 140 | 139 | 141 | 137 | 135 | 136 |
|                 | 1603У            | 112 | 110 | 111 | 119 | 113 | 115 | 114 |
| 2               | 103У             | 125 | 122 | 126 | 127 | 124 | 123 | 120 |
|                 | С03У             | 5   | 8   | 4   | 3   | 6   | 7   | 10  |
| 3               | 03У              | 30  | 35  | 33  | 38  | 36  | 32  | 39  |
|                 | С03У             | 20  | 15  | 17  | 12  | 14  | 18  | 11  |
| 4               | 03У              | 11  | 19  | 17  | 15  | 14  | 12  | 13  |
|                 | С03У             | 9   | 1   | 3   | 5   | 6   | 6   | 7   |
| 5               | 03У              | 40  | 45  | 35  | 42  | 49  | 37  | 41  |
|                 | С03У             | 20  | 15  | 25  | 18  | 11  | 23  | 19  |
| 6               | 03У              | 15  | 20  | 17  | 19  | 16  | 18  | 14  |
|                 | С03У             | 10  | 5   | 8   | 6   | 9   | 7   | 11  |
| 7               | 03У              | 35  | 30  | 33  | 38  | 40  | 31  | 37  |
|                 | С03У             | 10  | 15  | 12  | 7   | 5   | 14  | 8   |
| 8               | 03У              | 40  | 43  | 48  | 41  | 46  | 42  | 50  |
|                 | С03У             | 15  | 12  | 7   | 14  | 9   | 13  | 5   |
| 9               | П3У              | 30  | 40  | 33  | 31  | 35  | 34  | 37  |
|                 | 03У              | 20  | 30  | 24  | 25  | 22  | 27  | 21  |
|                 | С03У             | 10  | 5   | 8   | 7   | 8   | 6   | 9   |
| 10              | П3У              | 25  | 30  | 27  | 32  | 26  | 31  | 28  |
|                 | 03У              | 10  | 11  | 9   | 10  | 9   | 10  | 9   |
|                 | С03У             | 5   | 4   | 9   | 5   | 7   | 6   | 8   |
| 11              | П3У              | 30  | 34  | 31  | 40  | 32  | 37  | 35  |
|                 | 03У              | 25  | 24  | 26  | 28  | 22  | 20  | 28  |
|                 | С03У             | 10  | 11  | 9   | 7   | 12  | 14  | 8   |

Продовження таблиці.

| В А Р І А Н Т И |                  |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| #               | задачі<br>шілини | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| 12              | П3У              | 120  | 124  | 126  | 122  | 121  | 123  | 125  |
|                 | 103У             | 17   | 111  | 113  | 19   | 18   | 110  | 112  |
|                 | С03У             | 3    | 7    | 9    | 5    | 4    | 6    | 8    |
| 13              | П3У              | 35   | 37   | 39   | 34   | 40   | 41   | 38   |
|                 | 03У              | 25   | 28   | 22   | 26   | 23   | 27   | 24   |
|                 | С03У             | 15   | 11   | 14   | 16   | 12   | 17   | 18   |
| 14              | П3У              | 25   | 33   | 26   | 35   | 31   | 27   | 29   |
|                 | 03У              | 15   | 16   | 19   | 18   | 20   | 21   | 17   |
|                 | С03У             | 5    | 7    | 9    | 8    | 4    | 6    | 10   |
| 15              | П3У              | 30   | 29   | 35   | 28   | 32   | 34   | 31   |
|                 | 03У              | 25   | 32   | 28   | 26   | 30   | 29   | 27   |
|                 | С03У             | 10   | 12   | 7    | 11   | 15   | 9    | 14   |
| 16              | П3У              | 40   | 39   | 42   | 46   | 45   | 43   | 44   |
|                 | 03У              | 30   | 28   | 33   | 29   | 35   | 32   | 34   |
|                 | С03У             | 10   | 11   | 15   | 9    | 7    | 13   | 8    |
| об'єкти         | час              | 880  | 1020 | 950  | 900  | 890  | 1100 | 1050 |
|                 | габарити         | 560  | 550  | 650  | 600  | 670  | 620  | 590  |
|                 | вартість         | 2800 | 3100 | 2900 | 3050 | 2950 | 3000 | 3010 |
|                 | потужність       | 360  | 500  | 540  | 410  | 480  | 390  | 510  |



Продовження таблиці.

|    |               | В А Р І А Н Т И |     |     |     |     |     |     |     |
|----|---------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| #  | задачі шілини | 18              | 19  | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 |
| 1  | ОЗУ           | 142             | 139 | 141 | 135 | 138 | 137 | 142 | 136 |
|    | СОЗУ          | 18              | 114 | 110 | 112 | 111 | 113 | 19  | 115 |
| 2  | ОЗУ           | 21              | 26  | 23  | 24  | 20  | 22  | 25  | 21  |
|    | СОЗУ          | 9               | 3   | 6   | 5   | 9   | 7   | 4   | 8   |
| 3  | ОЗУ           | 37              | 34  | 30  | 33  | 35  | 31  | 32  | 36  |
|    | СОЗУ          | 13              | 14  | 16  | 11  | 15  | 17  | 20  | 19  |
| 4  | ОЗУ           | 16              | 19  | 16  | 15  | 18  | 11  | 17  | 14  |
|    | СОЗУ          | 4               | 2   | 5   | 6   | 3   | 9   | 4   | 7   |
| 5  | ОЗУ           | 47              | 48  | 41  | 44  | 49  | 43  | 47  | 45  |
|    | СОЗУ          | 13              | 13  | 15  | 17  | 12  | 16  | 18  | 14  |
| 6  | ОЗУ           | 21              | 18  | 16  | 20  | 15  | 19  | 14  | 17  |
|    | СОЗУ          | 4               | 10  | 12  | 8   | 13  | 15  | 9   | 11  |
| 7  | ОЗУ           | 32              | 33  | 37  | 35  | 36  | 38  | 34  | 37  |
|    | СОЗУ          | 13              | 15  | 12  | 9   | 11  | 13  | 14  | 10  |
| 8  | ОЗУ           | 44              | 42  | 45  | 47  | 43  | 41  | 46  | 44  |
|    | СОЗУ          | 11              | 15  | 13  | 16  | 11  | 14  | 10  | 12  |
| 9  | ПЗУ           | 32              | 30  | 33  | 31  | 37  | 35  | 36  | 34  |
|    | ОЗУ           | 28              | 21  | 24  | 25  | 22  | 20  | 23  | 26  |
|    | СОЗУ          | 5               | 9   | 3   | 10  | 7   | 11  | 6   | 12  |
| 10 | ПЗУ           | 35              | 33  | 28  | 32  | 30  | 27  | 31  | 29  |
|    | ОЗУ           | 11              | 12  | 14  | 9   | 10  | 9   | 13  | 11  |
|    | СОЗУ          | 4               | 9   | 5   | 10  | 7   | 11  | 8   |     |
| 11 | ПЗУ           | 33              | 41  | 34  | 37  | 32  | 40  | 35  |     |
|    | ОЗУ           | 21              | 25  | 21  | 24  | 28  | 26  | 22  |     |
|    | СОЗУ          | 13              | 9   | 12  | 10  | 7   | 11  | 8   |     |

Продовження таблиці.

|    |               | В А Р І А Н Т И |      |      |      |      |      |      |      |
|----|---------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| #  | задачі шілини | 18              | 19   | 110  | 111  | 112  | 113  | 114  | 115  |
| 12 | ПЗУ           | 27              | 20   | 23   | 25   | 22   | 26   | 24   | 21   |
|    | ОЗУ           | 14              | 9    | 12   | 14   | 11   | 15   | 13   | 10   |
|    | СОЗУ          | 10              | 5    | 8    | 10   | 7    | 11   | 9    | 6    |
| 13 | ПЗУ           | 36              | 32   | 35   | 37   | 34   | 38   | 36   | 33   |
|    | ОЗУ           | 29              | 22   | 25   | 27   | 24   | 28   | 26   | 23   |
|    | СОЗУ          | 13              | 9    | 6    | 5    | 11   | 7    | 4    | 8    |
| 14 | ПЗУ           | 30              | 23   | 21   | 18   | 25   | 19   | 22   | 24   |
|    | ОЗУ           | 22              | 20   | 17   | 15   | 18   | 14   | 16   | 19   |
|    | СОЗУ          | 11              | 13   | 8    | 6    | 10   | 7    | 9    | 11   |
| 15 | ПЗУ           | 33              | 24   | 18   | 22   | 25   | 21   | 17   | 23   |
|    | ОЗУ           | 31              | 21   | 23   | 18   | 20   | 19   | 24   | 22   |
|    | СОЗУ          | 8               | 7    | 4    | 9    | 5    | 8    | 7    | 6    |
| 16 | ПЗУ           | 41              | 36   | 34   | 37   | 35   | 39   | 33   | 38   |
|    | ОЗУ           | 31              | 25   | 28   | 30   | 27   | 31   | 29   | 26   |
|    | СОЗУ          | 12              | 6    | 8    | 10   | 5    | 11   | 9    | 7    |
| 17 | час           | 920             | 1200 | 1400 | 1600 | 1500 | 1700 | 1100 | 1300 |
|    | габарити      | 610             | 650  | 720  | 750  | 730  | 700  | 710  | 760  |
|    | вартість      | 2850            | 3200 | 3400 | 3300 | 3400 | 3500 | 3250 | 3350 |
|    | потужність    | 470             | 580  | 560  | 600  | 610  | 550  | 590  | 570  |



# Лабораторна робота.

Тема: "Автоматизація аналізу проєктованих вузлів систем керування"  
 Мета роботи: познайомитись на практиці з двома варіантами автоматизації аналізу проєктованих вузлів систем керування на прикладі аналізу електронних схем.

## Завдання №1.

Завдання №1 формується таким чином: до свого варіанту схеми /рис. 1, 2/ скласти алгоритм та програму обчислення АЧХ та ФЧХ, перехідної та імпульсної характеристик. Вихідні дані до обчислення зведені в таблиці 1. Розглянемо приклад виконання завдання до варіанту 25. Схема цього варіанту приведена на рис. 2.

Одержимо вираз до обчислення АЧХ та ФЧХ цієї схеми. Для цього перш за все необхідно записати вираз комплексного коефіцієнту передачі. З цієї мети побудуємо еквівалентну схему рис. 3, в яку перетвориться вихідна схема під дією на неї гармонічного сигналу з частотою  $\omega$ . В еквівалентній схемі

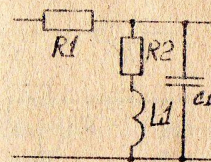
$$\dot{Z}_1 = \frac{R_1}{1 + j\omega C_1 R_1}; \quad \dot{Z}_2 = R_2 + j\omega L_1$$

Отже, комплексний коефіцієнт передачі можна записати у вигляді:

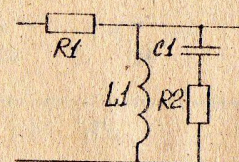
$$K(j\omega) = \frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} = \frac{R_2 + j\omega L_1}{\frac{R_1}{1 + j\omega C_1 R_1} + R_2 + j\omega L_1} = \frac{(R_2 + j\omega L_1)(1 + j\omega C_1 R_1)}{R_1 + (R_2 + j\omega L_1)(1 + j\omega C_1 R_1)}$$

Після нескладних перетворень цього виразу одержимо:

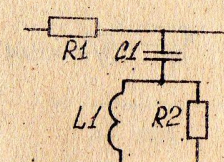
$$K(j\omega) = \frac{R_2 - \omega^2 C_1 L_1 R_1 + j\omega(C_1 R_1 R_2 + L_1)}{R_1 + R_2 - \omega^2 C_1 L_1 R_1 + j\omega(C_1 R_1 R_2 + L_1)}$$



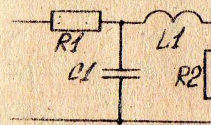
B. 1



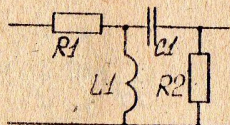
B.2



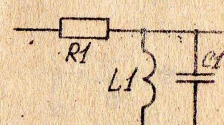
B. 3



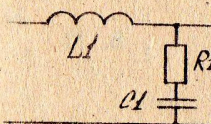
B. 4



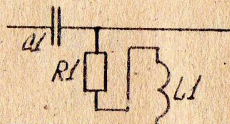
B. 5



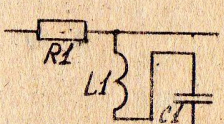
B. 6



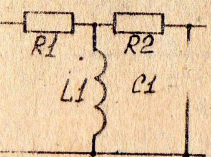
B. 7



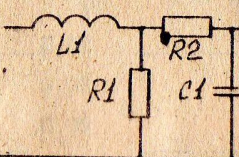
B. 8



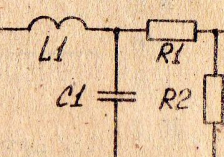
B. 9



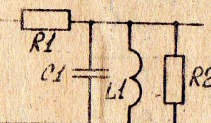
B. 10



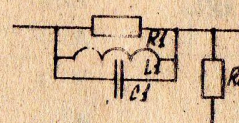
B. 11



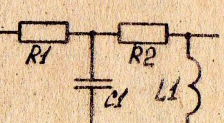
B. 12



B. 13



B. 14



B. 15

Рис. 1. Схеми для варіантів 1-15



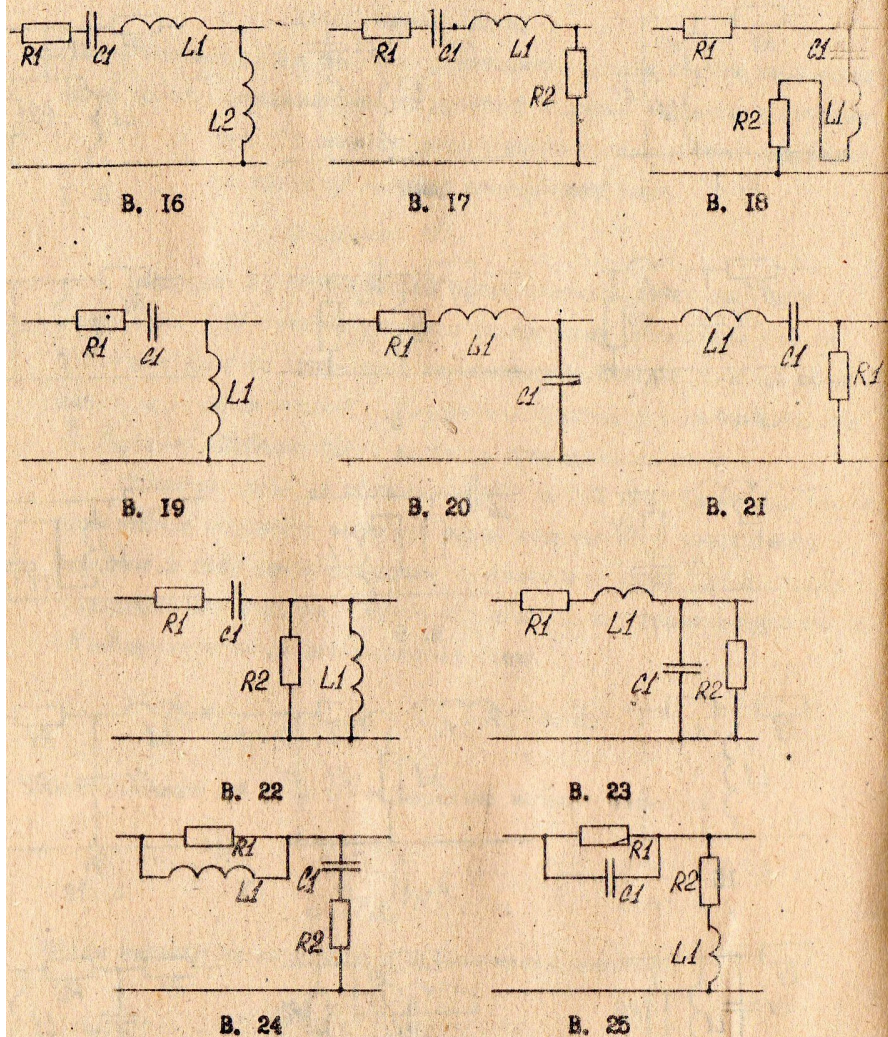


Рис. 2. Схемы для вариантов 16 - 25

Таблица I.

| Номер<br>вар. | $f_{\text{макс}},$<br>МГц | $\Delta f,$ МГц | $t_{\text{макс}},$<br>мкс | $\Delta t,$ мкс. |
|---------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|------------------|
| 1             | 2                         | 3               | 4                         | 5                |
| 00            | 0,5                       | 0,025           | 6                         | 0,3              |
| 01            | 0,6                       | 0,03            | 5                         | 0,25             |
| 02            | 1                         | 0,05            | 10                        | 0,5              |
| 03            | 1                         | 0,05            | 8                         | 0,4              |
| 04            | 8                         | 0,4             | 10                        | 0,5              |
| 05            | 0,4                       | 0,02            | 4                         | 0,2              |
| 06            | 8                         | 0,4             | 10                        | 0,5              |
| 07            | 1                         | 0,05            | 8                         | 0,4              |
| 08            | 0,6                       | 0,03            | 5                         | 0,25             |
| 09            | 0,5                       | 0,025           | 6                         | 0,3              |
| 10            | 1                         | 0,05            | 6                         | 0,3              |
| 11            | 0,5                       | 0,025           | 10                        | 0,5              |
| 12            | 0,4                       | 0,02            | 8                         | 0,4              |
| 13            | 0,6                       | 0,03            | 6                         | 0,3              |
| 14            | 1                         | 0,05            | 1                         | 0,05             |
| 15            | 1                         | 0,05            | 10                        | 0,5              |
| 16            | 1                         | 0,05            | 1                         | 0,05             |
| 17            | 0,8                       | 0,04            | 4                         | 0,2              |
| 18            | 1                         | 0,05            | 2                         | 0,1              |
| 19            | 1                         | 0,05            | 6                         | 0,3              |
| 20            | 0,8                       | 0,04            | 10                        | 0,5              |
| 21            | 0,6                       | 0,03            | 6                         | 0,3              |
| 22            | 1                         | 0,05            | 4                         | 0,2              |
| 23            | 1                         | 0,05            | 1,8                       | 0,09             |
| 24            | 1                         | 0,05            | 6                         | 0,3              |
| 25            | 0,5                       | 0,025           | 2                         | 0,1              |



Скориставшись тим, що  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ ,  $L_1 = 1 \text{ мГн}$ , визначимо масштабні коефіцієнти:

$$M_R = 1; M_C = 10^{-6}; M_L = 10^{-3}; M_1 = M_2 = M_K = 10^{-6}; M_+ = 10^{-5}$$

З цього випливає, що у виразі /1/ є можливість підставити числові значення параметрів елементів у вигляді:

$$R_1 = 1, R_2 = 2, C_1 = 1, L_1 = 1.$$

При цьому слід мати на увазі, що при обчисленнях частота повинна вимірюватись в мегагерцах, а час - в мікросекундах. Отже, після підстановки одержимо:

$$K(j\omega) = \frac{2 - \omega^2 + j3\omega}{3 - \omega^2 + j3\omega} \quad /2/$$

АЧХ визначається як модуль комплексного коефіцієнту передачі:

$$|K(j\omega)| = \sqrt{\frac{(2 - \omega^2)^2 + 9\omega^2}{(3 - \omega^2)^2 + 9\omega^2}} = \sqrt{\frac{5\omega^4 + \omega^2 + 4}{3\omega^4 + \omega^2 + 9}} \quad /3/$$

ФЧХ визначається таким чином:

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{\text{Im} K(j\omega)}{\text{Re} K(j\omega)}$$

Для знаходження уявної та дійсної частин  $K(j\omega)$  домножимо чисельник та знаменник /2/ на вираз, комплексно-спряжений знаменнику. В результаті одержимо:

$$K(j\omega) = \frac{(2 - \omega^2 + j3\omega)(3 - \omega^2 - j3\omega)}{(3 - \omega^2 + j3\omega)(3 - \omega^2 - j3\omega)} = \frac{\omega^4 + 4\omega^2 + 6 + j3\omega}{\omega^4 + 3\omega^2 + 9}$$

Звідки

$$\text{Im} K(j\omega) = \frac{3\omega}{\omega^4 + 3\omega^2 + 9}, \quad \text{Re} K(j\omega) = \frac{\omega^4 + 4\omega^2 + 6}{\omega^4 + 3\omega^2 + 9}$$

Отже,

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{3\omega}{\omega^4 + 4\omega^2 + 6} \quad /4/$$

Вирази /3/ та /4/ дають змогу скласти програму, до обчислення АЧХ та ФЧХ досліджуваної схеми.

Одержимо також вираз до обчислення перехідної та імпульсної характеристик цієї схеми. Для цього, скориставшись раніш одержаним виразом до комплексного коефіцієнту передачі

$$K(j\omega) = \frac{(R_2 + j\omega L_1)(1 + j\omega C_1 R_1)}{R_1 + (R_2 + j\omega L_1)(1 + j\omega C_1 R_1)},$$

запишемо передачу функцію ланцюга, позначивши  $p = j\omega$

$$K(p) = \frac{(R_2 + pL_1)(1 + pC_1 R_1)}{R_1 + (R_2 + pL_1)(1 + pC_1 R_1)}$$

Підставивши в цей вираз числові значення параметрів елементів /враховувачи масштабні множники/, після нескладних перетворень одержимо:

$$K(p) = \frac{p^2 + 3p + 2}{p^2 + 3p + 3}$$



Відомо /див., наприклад, /3/, стор. 44 /, що зображення по Лапласу перехідної характеристики

$$g(p) = \frac{N(p)}{P} = \frac{p^2 + 3p + 2}{p(p^2 + 3p + 3)} = \frac{Q(p)}{M(p)} \quad /6/$$

Для знаходження оригіналу  $g(t)$  скористаємось теоремою різниць, відповідно до якої

$$g(t) = \sum_{i=1}^n \frac{Q(p_i)}{M'(p_i)} e^{p_i t},$$

де  $p_i$  - корені знаменника виразу /6/,

$n$  - кількість коренів.

У нашому випадку  $M(p) = p(p^2 + 3p + 3)$ .

Корені цього поліному

$$p_1 = 0; \quad p_2 = -1.5 + j\sqrt{0.75}; \quad p_3 = -1.5 - j\sqrt{0.75}.$$

Підставивши значення коренів у вираз /6/ попередньо позначивши  $a = -1.5$  і  $b = \sqrt{0.75}$ , а також визначивши похідну  $M'(p)$ :

$$\begin{aligned} g(t) &= \sum_{i=1}^3 \frac{p_i^2 + 3p_i + 2}{3p_i^2 + 6p_i + 3} e^{p_i t} = \frac{2}{3} + \frac{(a+jb)^2 + 3(a+jb) + 2}{3(a+jb)^2 + 6(a+jb) + 3} e^{(a+jb)t} + \\ &+ \frac{(a-jb)^2 + 3(a-jb) + 2}{3(a-jb)^2 + 6(a-jb) + 3} e^{(a-jb)t} = \frac{2}{3} + \frac{(a^2 - b^2 + 3a + 2) + jb(2a+3)}{(3a^2 - 3b^2 + 6a + 3) + j6b(a+1)} e^{at} + \\ &+ \frac{(a^2 - b^2 + 3a + 2) - jb(2a+3)}{(3a^2 - 3b^2 + 6a + 3) - j6b(a+1)} e^{at}. \end{aligned}$$

Введемо позначення:

$$Z = a^2 - b^2 + 3a + 2; \quad K = b(2a + 3); \quad D = 6b(a + 1); \quad L = 3a^2 - 3b^2 + 6a + 3$$

Тоді:

$$\begin{aligned} q(t) &= \frac{2}{3} + \frac{Z + jK}{L + jD} e^{at} e^{jbt} + \frac{Z - jK}{L - jD} e^{at} e^{-jbt} = \\ &= \frac{2}{3} + e^{at} \left\{ \frac{(Z + jK)(L - jD)}{L^2 + D^2} e^{jbt} + \frac{(Z - jK)(L + jD)}{L^2 + D^2} e^{-jbt} \right\} = \\ &= \frac{2}{3} + e^{at} \left\{ \frac{(ZL + KD) + j(KL - ZD)}{L^2 + D^2} e^{jbt} + \frac{(ZL + KD) - j(KL - ZD)}{L^2 + D^2} e^{-jbt} \right\} = \\ &= \frac{2}{3} + e^{at} \left\{ \frac{ZL + KD}{L^2 + D^2} [e^{jbt} + e^{-jbt}] + j \frac{KL - ZD}{L^2 + D^2} [e^{jbt} - e^{-jbt}] \right\} = \\ &= \frac{2}{3} + e^{at} \left\{ \frac{ZL + KD}{L^2 + D^2} \cdot 2 \cos bt - \frac{KL - ZD}{L^2 + D^2} \cdot 2 \sin bt \right\}. \end{aligned}$$

Скориставшись позначеннями для  $Z, K, L, D, a$  і  $b$ , остаточно одержимо:

$$q(t) = \frac{2}{3} + \left\{ \frac{1}{3} \cos \sqrt{0.75} t + \frac{\sqrt{3}}{6} \sin \sqrt{0.75} t \right\} e^{-1.5t} \quad /7/$$

Так як імпульсна характеристика зв'язана з перехідною співвідношенням:

$$h(t) = q'(t) + \delta(t) q(0),$$

де  $\delta(t)$  - дельта функція, коли  $t=0$ , то використавши /7/ можливо записати вираз до імпульсної характеристики досліджуваної схеми:



$$h(t) = -\frac{1}{4} \left\{ \cos \sqrt{0.75} t + \frac{1}{\sqrt{3}} \sin \sqrt{0.75} t \right\} e^{-1.5t} - \infty |_{\text{input } t=0} / 8 /$$

Вирази /7/ та /8/ дозволяють обчислити перехідну та імпульсну характеристики досліджуваної схеми.

Блок-схема алгоритму до обчислення вказаних характеристик приведені на рис.4. У вказаній схемі алгоритму АЧХ та ФЧХ обчислюються в блоках 3...4, а перехідна та імпульсна характеристики в блоках 5...9. Підкреслимо, що як випливає з виразу /8/ імпульсна характеристика коли  $t=0$ , дорівнює  $-\infty$ . Ця обставина врахована в алгоритмі 6...9.

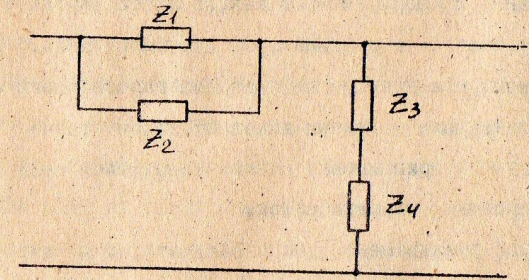


Рис.5. Еквівалентна схема для варіанту 25.

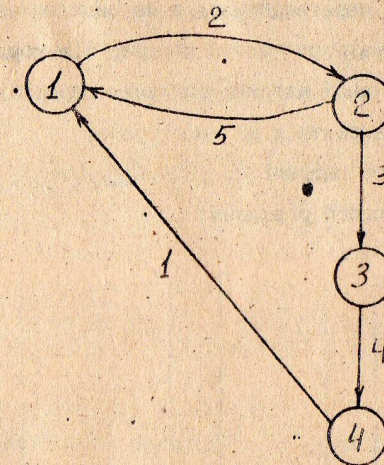


Рис.6. Граф схеми для варіанту 25.



## Завдання 2.

Завдання 2 формується так, до свого варіанту схеми скласти алгебро-топологічне рівняння, яке дає змогу знайти струми в усіх вітках схеми, під дією на неї джерела гармонічного сигналу.

Методика розв'язування вказаної задачі така:

- в аналізуючій принциповій схемі нумеруються вузли і вітки, а далі вибираються напрями віток;
- при виборі вузлів необхідно врахувати, що в одній вітці повинен бути розташований тільки один елемент; в першу чергу нумеруються вітки, які мають джерела напруги;
- будуємо граф електронної схеми;
- записується структурна матриця вузлів графа;
- структурна матриця перетворюється в матрицю головних перерізів, з яких виділяється матриця головних перерізів хорд  $\bar{F}$ ;
- відповідно до одержаної матриці головних перерізів визначаються номери віток, які відносяться до хорд графа;
- формується допоміжні матриці  $\bar{R}_p, \bar{R}_x, \bar{F}_{p \times x}, \bar{F}_{E \times x}$ , які входять до алгебро-топологічного рівняння:

$$\begin{bmatrix} \bar{I} & \bar{F}_{p \times x} \\ -\bar{F}_{x \times p}^T \bar{Z}_p & \bar{Z}_x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{I}_{E \times 1}(\omega) \\ \bar{I}_{x \times 1}(\omega) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{F}_{E \times x}^T \bar{E} \end{bmatrix}$$

/9/

де  $T$  - знак транспонування

- записується рівняння /9/, розв'язування якого дає змогу знайти точки в усіх вітках схеми під дією на неї джерела сигналу з частотою  $\omega$ , та амплітудою  $E$ .

Проілюструємо методику на прикладі схеми варіанту 25.

Принципова схема цього варіанту приведена на рис.2:

Враховуючи, що необхідно записати рівняння до обчислення струмів в вітках під дією на схему джерела сигналу з частотою  $\omega$ , перетворимо вказану схему до вигляду поданому на рис.5, де комплексні резистори  $Z_1 = R_1, Z_2 = 1/j\omega C, Z_3 = R_2$ , та  $Z_4 = j\omega L_1$ . Граф аналізуючої схеми в цьому випадку буде мати вигляд, поданий на рис.6.

Запишемо структурну матрицю  $\bar{A}$  ряд. Нагадаємо, що структурна матриця має число рядків на одиницю менше, ніж кількість вузлів  $K_u$  графа, а число стовпчиків цієї матриці дорівнює кількості віток  $K_v$ . Кожний елемент матриці визначається таким чином:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } j\text{-а вітка входить в } i\text{-ий вузол;} \\ -1, & \text{якщо } j\text{-а вітка виходить з } i\text{-го вузла;} \\ 0, & \text{якщо } j\text{-а вітка не з'єднана з } i\text{-м вузлом.} \end{cases}$$

До розглянутого прикладу  $\bar{A}$  ряд буде мати такий вигляд:

$$\bar{A}_{7 \times 6} = \begin{matrix} \text{Вітки} \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

/10/



Перетворимо цю матрицю в матрицю головних перерізів  $\bar{A}$  пер. Алгоритм цих перетворень такий:

**Перший крок.** Послідовно в кожному стовпчику матриці  $\bar{A}$  ряди шукається, починаючи з елемента  $a_{ij}$ , перший ненульовий елемент та рядок, в якому розташований даний елемент, переставляється на 1-е місце.

Якщо починається з елемента  $a_{ij}$ , в стовпчику не виявлено жодного ненульового елемента, даний стовпчик переміщується на останнє місце серед стовпчиків, які належать до віток з елементами одного типу /наприклад, резисторами, конденсаторами і т.д./

**Другий крок.** Якщо елемент  $a_{ij}$  ( $i=1, \dots, m-1$ ) від'ємний, то всі елементи  $i$ -го порядку перемножуються на  $-1$ .

**Третій крок.** Послідовно в кожному стовпчику знищуються всі ненульові елементи /крім елемента  $a_{ij}$ / шляхом додавання /або віднімання/  $j$ -го рядка до тих рядків, які мають в  $j$ -му стовпчику ненульові елементи. В результаті виконання цього алгоритму буде одержана матриця головних перерізів, з якого можливо виділити матрицю головних перерізів хорд  $\bar{F}$ . Крім цього, алгоритм одночасно дає змогу визначити номери віток, які відносяться до дерева графа /ребра/ та до доповнення дерева /хорди/.

Використовуючи описаний алгоритм, перетворимо матрицю /10/ в матрицю головних перерізів  $\bar{A}$  пер.

**Перший крок.** Виконувати не потрібно, бо в діагональних елементах матриці вже є ненульові елементи.

**Другий крок.** Виконувати не потрібно, бо в діагональних елементах матриці розташовані  $+1$ -ці.

**Третій крок.** В першому стовпчику матриці ( $j=1$ ) є тільки один ненульовий елемент  $a_{11}$ . В зв'язку з цим зразу переходимо

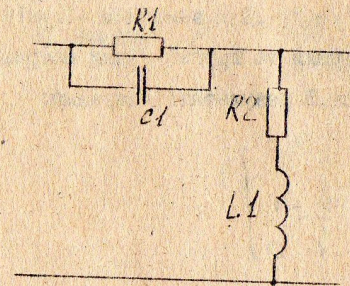


Рис. 1. Схема для варіанту #25.

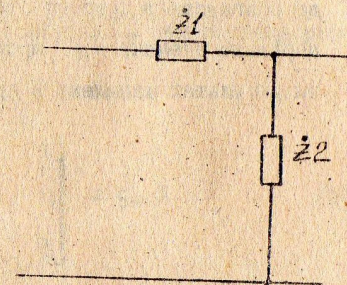


Рис. 3. Еквівалентна схема на частоті  $\omega$ .

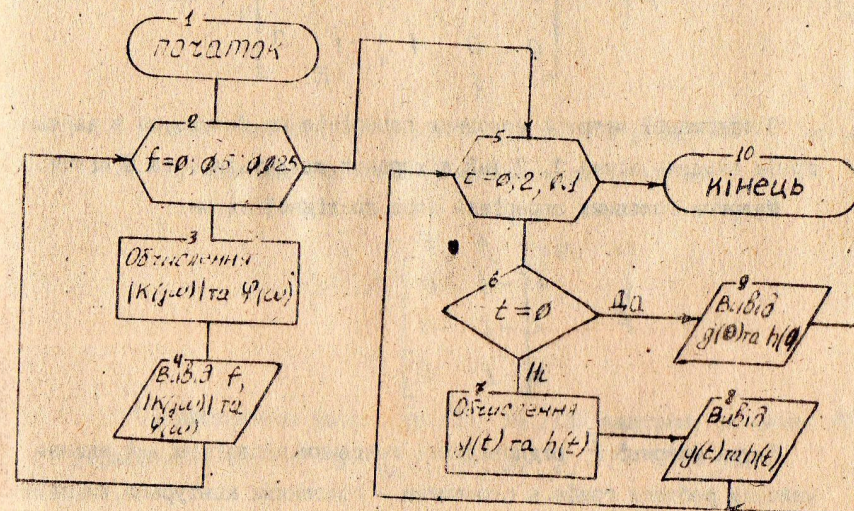


Рис. 4. Схема алгоритму програми для розрахунку частотних і часових характеристик.



до розглядання другого стовпчика ( $j=2$ ). Для знищення  $-1$ , якій дорівнює елемент  $a_{12}$ , пропонуємо перший та другий рядки матриці та результат запишемо в другий рядок. В результаті одержимо:

$$\bar{A}_{\text{ряд}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Розглянемо третій стовпчик. Для того, щоб одержати нульові значення  $a_{13}$  та  $a_{23}$ , просумуємо перший та другий рядок з третім:

$$\bar{A}_{\text{ряд}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \bar{A}_{\text{сез}}$$

З одержаної матриці головних перерізів ми бачимо, що в дерево графа входять вітки 1, 2 та 3, а хордами являються 4 та 5 вітки.

Матриця головних перерізів хорд дослідної схеми:

$$\bar{F} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ -1 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Рядки матриці  $\bar{F}$  відповідають головним перерізам, які визначаються ребрами графа, а стовпчики – головними контурами, визначеними хордами графа. Так, як в ребрах графа розташовано джерело навантаження  $E$  /вітка 1/ та комплексні опори  $Z_1$  /вітка 2/ і  $Z_3$  /вітка 3/, а в хордах графа – тільки комплексні опори  $Z_4$  /вітка 4/ та  $Z_5$  /вітка 5/, то з матриці /6.11/ є змога одержати

підматриці  $\bar{F}_{E Z_x}$ ,  $\bar{F}_{Z_p Z_x}$ , які входять в топологічне рівняння:

$$\bar{F} = \frac{E}{Z_p} \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ -1 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad /11/$$

Тут  $Z_p$  – комплексні опори, які входять в ребра графа, а  $Z_x$  – хорди графа. Отже,

$$\bar{F}_{E Z_x} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ -1 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \bar{F}_{Z_p Z_x} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \quad /12/$$

Діагональні матриці комплексних опорів ребер  $\bar{Z}_p$  та хорд  $\bar{Z}_x$ , які входять в /9/ формуються таким чином:

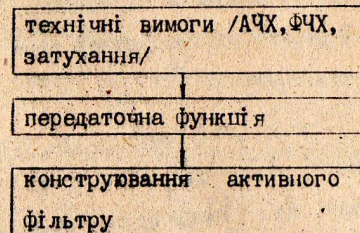
$$\bar{Z}_p = \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_3 \end{bmatrix}, \quad \bar{Z}_x = \begin{bmatrix} Z_4 & 0 \\ 0 & Z_5 \end{bmatrix} \quad /13/$$

Скориставшись матрицями /12/ та /13/ запишемо рівняння /9/ враховуючи те, що  $Z_1=R_1$ ,  $Z_2=1/j\omega L$ ,  $Z_3=R_2$ ,  $Z_4=j\omega L_1$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ R_1 & R_2 & -j\omega L_1 & 0 \\ R_1 & 0 & 0 & 1/j\omega L \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -E \\ 0 \end{bmatrix} \quad /14/$$



На основі вищесказаного одержуємо такий порядок проектування активних фільтрів.



Оскільки визначена відповідна функція  $T(s)$ , далі починається етап конструювання активного фільтру. Він полягає в виборі схеми активного фільтру, володіючої передаточною функцією  $T(s)$ . При цьому, в залежності від призначення фільтру, на цю схему накладаються додаткові обмеження /наприклад, мінімальна споживана потужність, мінімальна чутливість/. Для всіх поданих в даній роботі схем використовується такий набір вимог:

- 1/мінімальне число пасивних елементів;
- 2/мінімальна чутливість передаточних характеристик до зміни пасивних елементів;
- 3/мінімальна споживана потужність, тобто мінімальне число ОУ;
- 4/мінімальне спричинення підсилювання-чутливості його дозволяє чи понизити потребу в високоякісних ОУ, наприклад, широка смуга пропускання, низька споживувана потужність/, чи використовувати вибраний тип ОУ в найбільш широкому діапазоні частот;

- 5/простий настрій і спосіб виробництва;

- 6/мінімальний розкид номіналів елементів.

Після вибору схеми фільтру починається його розрахунок. Весь розрахунок автоматизований, що дає можливість безпосередньо модифікувати, покращити чи спростувати готову схему.

Порядок виконання роботи.

- 1.Проглядаючи на екрані АЧХ і ФЧХ для всіх видів фільтрів, вибираємо характеристики для заданого фільтру. Замалюємо в загальному вигляді.
- 2.З списку всіх фільтрів вибираємо вказаний в завданні /номер фільтру в списку відповідає номеру варіанту/.
- 3.Одержуємо схему фільтру. Креємо.
- 4.Вводимо параметри і одержуємо на екрані дисплея всі останні. Оформляємо АЧХ і ФЧХ для конкретних даних.
- 5.Перевіряємо надійність схеми при заданих номіналах. Для цього вводимо номінали всіх елементів  $C$  і  $R$  схеми. Змальовуємо графіки.
- 6.Для перевірки стійкості необхідно з передаточної функції записати характеристичне рівняння. Одержати повідомлення про стійкість системи.

Проектування активних фільтрів.

Активні фільтри /АФ/ широко застосовуються в техніці зв'язку і в вимірювальній техніці. Вони будуються на основі  $RC$  ланцюгів і на активних /підсилювальних/ елементах у вигляді інтегральних підсилювачів. Відсутність в АФ громіздких індуктивностей забезпечує їх малі габарити і масу, високу надійність і технологічність.

Складні фільтри проектується у вигляді послідовного /каскадного/ з'єднання елементарних фільтрів другого порядку. В залежності від характеристик елементарних фільтрів можуть бути одержані фільтри з різноманітними АЧХ і ФЧХ.

Для розробки фільтрів викликає цікавість розрахунок на



БОН функціонально повного комплексу елементарних фільтрів другого порядку.

Такий розрахунок для кожного фільтру приходить, як правило, виконувати при різноманітних сполученнях вихідних даних з тим, щоб одержати допустимі значення розрахункових параметрів. Таким чином, забезпечується багатоваріантний розрахунок і вибір оптимального варіанту фільтру. Методика подібного розрахунку описана далі.

Система складається із 24 взаємопов'язаних програм, які забезпечують розрахунок всіх 23 елементарних схем АФ.

Система забезпечує:

І. Інформацію користувачу про класифікацію фільтрів та їх "меню".

Принципальні схеми фільтрів приведені в полі операторів *PRINT* на початку кожної програми, тому окремо у вигляді малюнків вони не приводяться. При розрахунках частоти задаються в герцах, опір - в омах і ємність конденсаторів - в фарадах. Добротність  $Q = C$  однозначно визначає характер перехідних процесів /aperіодичний, критичний чи коливальний/. Звичайно досить знати передаточну функцію в операторному вигляді. Але, якщо користувач бажає провести розрахунки АЧХ, ФЧХ і по заданій передаточній функції, він може скористуватися формулами для основних параметрів фільтрів, приведених перед кожною програмою.

Приклад І. /Варіант І/

Дано: І. Проектування фільтру низькообертового.

$$\begin{aligned} 2. \quad &FP = 2,3 \cdot 10^3 \\ &QR = 1,2 \\ &C_2 = 271 - 9 \\ &R_{b_1} = 0,6 \end{aligned}$$

Виконання роботи.

1. Ввійти в систему <<RUN>>PF.

На екрані з'являється рисунок АЧХ і ФЧХ для певного типу фільтру, якщо характеристика відповідає типу заданого фільтру, то характеристику змалювати, якщо не відповідає - натиснути клавішу >>BK<< і вибираємо потрібну характеристику для заданого типу фільтру. Таким чином, АЧХ і ФЧХ в загальному вигляді.

2. На екрані вивічується список всіх фільтрів. З списку необхідно вибрати заданий фільтр, набрати на клавіатурі його *N*, і натиснути клавішу >>BK<<. На екрані з'являється схема фільтру і запит системи. Введіть параметри /вопи задані для кожного варіанту/. Після вводу параметрів система видає результати розрахунку інших елементів і передаточну  $T(s)$  функцію в загальному вигляді, а також передаточну  $T(s)$  функцію при заданих параметрах. Схему замалювати, результати розрахунку і передаточну функцію в загальному вигляді і при заданих параметрах записати в зошит. Для повтору розрахунків натиснути клавішу >> - <<. Для вибору оптимальних характеристик схеми необхідно розрахувати цю схему декілька разів, змінюючи при цьому вихідні параметри. Система автоматично повторює запити на введення параметрів. Для кожного варіанту виписати результати розрахунку і вигляд передаточної функції при заданих параметрах.

3. Маючи номінали всіх елементів схеми, розрахувати надійність. Для розрахунку надійності натиснути клавішу >>BK<<. Для повтору розрахунку фільтру натиснути клавішу >> - <<. Якщо натиснута клавіша >>BK<<, то на екрані з'явиться наступне повідомлення: "Введіть номінали елементів схеми фільтру в першому рядку С в другому R". В кожному рядку передбачена наявність 4-х елементів. Якщо в даному варіанті менше, то недостаючі заповнюються "1", якщо більше - переносимо в наступний рядок.



Приклад: Рядок 1.

?  
?  
?  
?  
Рядок 2.  
?  
?  
?  
?

Після вводу значення всіх елементів на екрані з'явиться повідомлення: "Якщо немає помилок, натисніть 'BK'". Після натиснення клавіші "BK" на екрані з'являється графік надійності АФ. Замалювати графік на міліметровку. При натиску клавіші  $\gg \ll$  програма повторюється і необхідно ввести номінали елементів другого варіанту розрахунку даної схеми. Графік знову замалювати. Порівнюючи графіки, зробити висновок, яка схема більш надійна, а надійніша та, графік якої більш плавний. Внизу графіка на екрані з'явиться напис: "Для перевірки стійкості системи натисніть  $\gg \ll$ ", для повтору розрахунку натисніть  $\gg \ll$ .

4. Для перевірки стійкості необхідно перетворити передаточну функцію в характеристичне рівняння.

Приклад:

Передаточна функція:

$$T(s) = \frac{1,0,860779 \cdot 10^{-10}}{(s^2 + 77215,1s + 0,860779 \cdot 10^{-10})}$$

Характеристичне рівняння буде мати вигляд:

$$s^2 + 77215,1s + 0,860779 \cdot 10^{-10} = 0$$

Після натиснення клавіші  $\gg BK \ll$  на екрані з'явиться напис: "Перевірка стійкості по Раусу, Гурвіцу". Для вибору одного з критеріїв натиснути "Р" чи "Г"  $\gg BK \ll$ . Якщо натиснута клавіша "Р", на екрані з'явиться запис: "Введіть порядок характеристичного рівняння".

$$N = 2 \quad \gg BK \ll$$

"Введіть коефіцієнт при  $s$  в степені '0'.

?  $\gg BK \ll$

"Введіть коефіцієнт при  $s$  в степені '1'.

"----- при  $s$  в степені 'N'.

Якщо система прийняла  $N+1$  коефіцієнт, то на екрані з'явиться повідомлення: "Система стійка чи нестійка". Програма повертається в початкову точку, тобто видає повідомлення: "Перевірка стійкості по 'Р' і 'Г'." Для повтору перевірки по "Р" дивитися пункт 4.

5. Якщо введена буква "Г" /Гурвіцу/, то для перевірки стійкості необхідно попередньо скласти матрицю з коефіцієнтів характеристичного рівняння.

|       |       |       |   |   |   |   |             |
|-------|-------|-------|---|---|---|---|-------------|
| $a_1$ | $a_3$ | $a_5$ | . | . | . | 0 | 0           |
| $a_0$ | $a_2$ | $a_4$ | . | . | . | 0 | 0           |
| 0     | $a_1$ | $a_3$ | . | . | . | 0 | 0           |
| 0     | 0     | 0     | . | . | . | . | $a_{n-1}$ 0 |
| 0     | 0     | 0     | . | . | . | . | $a_{n-2}$   |

$a_n$  - система



Виває запит "значення  $N$  ?".

$N$  - розмірність матриці.

Ввести елемент:

$$A(1.1 \dots - > BKL)$$

$$A(2.2 \dots - > BKL)$$

Після цього система видає відповідь:

$$\text{Призначувач } \Delta_1 =$$

$$\Delta_2 =$$

$$\Delta_3 =$$

Якщо  $\Delta$  більше 0 - система стійка, якщо менше - система нестійка. Програма вертається в вихідну точку. "Перевірка стійкості по  $P^*$  і  $Q^*$ ".

Розрахунок амплітудно-частотної /АЧХ/ і фазо-частотної /ФЧХ/ характеристик лінійної системи по її перехідній характеристиці /ПХ/  $a(t)$  є одним із важливих практичних додатків спектрального аналізу. Він оснований на такому зв'язку цих характеристик:

$$A(j\omega) = a(0) + A_c(\omega) + jA_s(\omega), \text{ де}$$

$$A_c(\omega) = \int_0^{\infty} a'(t) \cos \omega t \, dt,$$

$$A_s(\omega) = \int_0^{\infty} a'(t) \sin \omega t \, dt,$$

причому АЧХ ( $f = \omega / 2\pi$ )

$$|A(f)| = \sqrt{A_c^2(f) + A_s^2(f)}, \text{ а ФЧХ,}$$

$$\varphi(f) = -\arctg[A_s(f)/A_c(f)]. \text{ Тут}$$

$$a(t) - ? \text{ ПХ } a(t), a(t) \text{ значення}$$

$$a(t) \text{ при } t=0$$

Чисельний метод розрахунку АЧХ і ФЧХ по ПХ базується на кусочно-лінійній апроксимації  $a(t)$  в інтервалі між її відрахованими точками. Тоді:

$$a'(t) = \frac{\Delta a(t)}{\Delta t} \approx \frac{a_i - a_{i-1}}{\Delta t}$$

При цьому  $a'(t)$  видається ступінчатим лінійом, зміщеном на  $+\Delta t/2$ , що створює значні огріхи в обчисленнях ФЧХ. Змістивши це лінійо на  $-\Delta t/2$ , можна значно зменшити ці огріхи. Далі, застосовуючи для обчислень  $A_c(\omega)$  і  $A_s(\omega)$  метод чисельного інтегрування, одержимо:

$$A_c(f) = \frac{a(0) - a_N}{\pi f \Delta t} \sum_{i=1}^N (a_i - a_{i-1}) \cos(\pi f \Delta t (2i-1)),$$

$$A_s(f) = \frac{a(0) + a_N}{\pi f \Delta t} \sum_{i=1}^N (a_i - a_{i-1}) \sin(\pi f \Delta t (2i-1)).$$

По введених відраховкам ПХ  $a_i = a(t_i)$  знаходимо  $A_c(\omega)$ ,  $A_s(\omega)$  для заданих  $f$  і  $\Delta t$ , після чого знаходимо точки АЧХ  $|A(f)|$  і ФЧХ  $\varphi(f)$ .

#### Контрольні питання

1. Що таке активний фільтр?
2. Запишіть основні характеристики активних фільтрів.
3. Як обчислити надійність фільтра?
4. Яким чином можна автоматизувати розробку активних фільтрів?



Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу  
"Автоматизація проектування систем керування" для студентів інже-  
нерії спеціальності 2101 триступеневої підготовки спеціалістів  
з вищою інженерною освітою.

Укладачі: Світлана Борисівна Дубіненко  
Олександр Миколайович Мудрий  
Олег Володимирович Бісікало