

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт
з дисципліни

«Технології проектування комп'ютерних систем»

для студентів спеціальностей 8.05010201 – «Комп'ютерні системи і мережі», 8.05010203 – «Спеціалізовані комп'ютерні системи» всіх форм навчання

Частина 1

2015

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Технології проектування комп'ютерних систем» для студентів спеціальностей 8.05010201 – «Комп'ютерні системи і мережі», 8.05010203 – «Спеціалізовані комп'ютерні системи» всіх форм навчання. Частина 1. /Укл. А.В. Сирота – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. – 50 с.

Рекомендовано до видання НМК як методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Технології проектування комп'ютерних систем» усіх форм навчання.

Укладач:

А.В. Сирота, ст. викладач.

Рецензент:

Р.К. Кудерметов, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

А.В. Сирота, ст. викладач.

Затверджено
на засіданні кафедри КСМ

Протокол № 6
від 02.02.2015

ЗМІСТ

1 СЕРЕДОВИЩЕ ТА МОВА ПРОГРАМУВАННЯ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ GPSS/PC.....	4
1.1 Технологія роботи з пакетом	4
1.2 Одержання та інтерпретація стандартного звіту	9
1.3 Об'єкти імітаційної моделі	13
1.4 Оператори мови GPSS/PC.....	15
1.5 Програмування на GPSS/PC.....	17
1.6 Моделювання систем ОТ	25
1.6.1 Моделювання двопроцесорної обчислювальної системи.....	25
1.6.1.1 Підготовка до роботи	27
1.6.1.2 Порядок виконання роботи	27
1.6.1.3 Зміст звіту.....	27
1.6.2 Моделювання локальної обчислювальної мережі шинної архітектури з методом доступу МДКН/ОК	27
1.6.2.1 Підготовка до роботи	28
1.6.2.2 Порядок виконання роботи	29
1.6.2.3 Зміст звіту.....	29
1.7 Контрольні питання	29
МАЕС-П. МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ НА СХЕМОТЕХНІЧНОМУ РІВНІ.....	30
2.1 Загальні відомості про МАЕС-П.....	30
2.1.1 Основні функції та особливості	30
2.1.2 Основні технічні характеристики	31
2.1.3 Технічне та програмне забезпечення	31
2.2 Вхідна мова МАЕС-П.....	31
2.3 Правила підготовки та запуску задачі на ПЕОМ.....	35
2.4 Домашнє завдання та підготовка до роботи	40
2.4.1 Домашнє завдання. Вивчення вхідної мови МАЕС-П.....	40
2.5 Розрахунок та моделювання електронної схеми	40
2.5.1 Завдання 1. Розрахунок параметрів електронної схеми пристрою	41
2.5.2 Завдання 2. Моделювання підсилювача за постійним струмом	42
2.5.3 Завдання 3. Моделювання підсилювача в частотній області.....	44
2.5.4 Завдання 4. Моделювання підсилювача в часовій області	46
2.6 Контрольні питання	48
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	50

1 СЕРЕДОВИЩЕ ТА МОВА ПРОГРАМУВАННЯ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ GPSS/PC

Лабораторна робота 1

Мета роботи: ознайомитись з середовищем та мовою програмування системи імітаційного моделювання GPSS/PC.

Дані методичні вказівки призначені для початкового ознайомлення із системою імітаційного моделювання GPSS/PC, що дозволяє досліджувати процеси функціонування різних дискретних систем, у тому числі й ЕОМ, для оцінки їх ймовірно-часових характеристик. Система GPSS/PC з найбільшим успіхом використовується для моделювання систем, що формалізуються у виді **систем масового обслуговування** (СМО)[4,5]. Як об'єкти мови GPSS використовуються аналоги таких стандартних компонентів СМО, як заявки, що обслуговують прилади, черги і т.п.

Системи масового обслуговування мовою GPSS представляються у виді множини операторів (блоків), що описують процеси генерації, переміщення, обробки і виходу заявок зі СМО. Заявки в GPSS називаються **транзактами**. Послідовність запису операторів і спеціальних операторів керування задають маршрути переміщення транзактів між пристроями, накопичувачами, вузлами. Затримка транзакту в черзі чи в пристрої для обробки викликає перехід до моделювання нового ланцюга подій відповідно до методу моделювання за подіями. Моделювання продовжується до вичерпання заданого числа подій чи заданого часового інтервалу моделювання.

Основний модуль пакету являє собою інтегроване середовище, що включає крім транслятора з вхідної мови засоби введення і редагування тексту моделі, її налагодження і спостереження за процесом моделювання, графічні засоби відображення атрибутів моделі, а також засоби нагромадження результатів моделювання в базі даних і їхньої статистичної обробки. Крім основного модуля до складу пакету входить модуль створення стандартного звіту GPSS/PC, а також ряд додаткових модулів і файлів.

У методичних вказівках наводяться основні можливості системи і її мови для деяких найпростіших випадків їх застосування.

1.1 Технологія роботи з пакетом

Пакет GPSS/PC [6] містить у собі два основних модулі: модуль GPSSPC.EXE, що представляє інтегроване середовище, у якому виконується введення, редагування, налагодження і виконання моделі, і модуль

GPSSREPT.EXE, призначений для одержання стандартного звіту GPSS/PC. Завантаження обох модулів виконується з командного рядка MS-DOS чи з програми-оболонки Norton Commander.

Після завантаження інтегрованого середовища на екрані з'являється «заставка» з назвою пакету; починається так званий сеанс роботи з GPSS/PC. Потім заставка гаситься, і з'являється екран, розділений на дві частини: велика верхня частина містить вікно даних, менша нижня частина – вікно команд. Вікно даних у початковий момент пусте, у вікні команд у верхньому командному рядку висвітлений символ «запрошення» >, що сигналізує про готовність системи приймати команди.

Вихід з інтегрованого середовища (завершення сеансу) виконується шляхом введення керуючого оператора END (закінчити) чи клавіші <F10>. При цьому виконується вихід у MS-DOS чи в програму-оболонку Norton Commander.

Введення програми виконується в командний рядок. Спочатку вводиться номер рядка чергового оператора і натискається клавіша <SPACE>. Курсор автоматично переміщується до початку наступного поля – поля імені мітки, і в позиції курсору висвітлюється символ L, що сигналізує про те, що ви знаходитесь в полі імені мітки (LABEL –мітка).

Якщо оператор має ім'я, необхідно ввести його і натиснути клавішу <SPACE>, у противному випадку – відразу натиснути клавішу <SPACE>. У будь-якому випадку курсор переходить до початку наступного поля – поля операції, про що сигналізує символ V (VERB – дієслово) у позиції курсору. Необхідно ввести назву оператора і натиснути клавішу <SPACE>. Дуже зручним є те, що назву оператора не обов'язково вводити цілком: як тільки транслятор розпізнає оператор з кількох перших літер, він після натискання клавіші <SPACE> сам доповнить його до повної назви.

При синтаксичній помилці в операторі під командним рядком з'являється покажчик на місці помилки, причому помилковий символ не вводиться. Необхідно в цьому випадку повторити введення символу.

Аналогічним чином вводяться поля операндів, при цьому в позиції курсору висвітлюється позначення поточного поля (A, B,..., G). Для переходу до наступного поля операндів вводиться кома, для переходу до поля коментарів – <SPACE>. При переході курсору в поле коментарів у позиції курсору висвітлюється символ «;», що сигналізує про можливість почати введення коментарю.

По закінченні введення останнього поля операндів чи коментарів варто натиснути клавішу <ENTER>, при цьому введений оператор транслюється і відображається у вікні даних, а командний рядок очищається, і в її першій позиції знову з'являється символ «запрошення».

В міру введення нових операторів вікно даних заповнюється, і по закінченні введення в ньому знаходиться уся програма в послідовності введення, що необов'язково збігається з послідовністю нумерації рядків.

Для відображення у вікні даних введенної програми в послідовності нумерації рядків необхідно ввести в командний рядок команду DISPLAY (відобразити) чи натиснути клавішу <F4>. Ця команда, як і всі інші команди GPSS/PC, вводиться без номера рядка. За допомогою команди DISPLAY можна також вивести у вікно даних окремий рядок, вказавши його номер у полі А команди, чи послідовність рядків, вказавши початковий і кінцевий номери в полях А і В відповідно.

Видалити рядки з програми можна командою

DELETE A B – видалити рядки з А по В.

Для видалення одного рядка досить увести лише в поле А номер рядка, що видаляється.

При необхідності вставити в текст новий оператор, помістивши його між уже введеними операторами, досить увести його з проміжним номером рядка. Ви можете **перенумерувати рядки**, увівши команду

RENUMBER A B (перенумерувати),

де у полі А вказується номер першого рядка, а в полі В – крок пере нумерації.

Відредагувати вміст рядка можна за допомогою команди

EDIT A (редагувати),

у полі А якої вказується номер рядка, що редагується.

При введенні такої команди в командному рядку з'являється рядок, що редагується. Підводячи курсор до потрібних позицій рядка, ви можете внести в неї необхідні зміни. По закінченні редагування треба натиснути клавішу <ENTER>, і відредагований рядок перенесеться у вікно даних, замінивши у програмі первісний рядок з цим номером. Ви можете переконаватися в цьому, увівши команду DISPLAY.

Якщо оператор, що редагується, короткий, а змін у ньому багато, то редагування зручніше зробити, увівши змінений оператор з тим же номером рядка.

Під номером рядка GPSS відводить 2–3 знака, для мітки – 10 символів, для оператора – 11 символів.

Якщо робота з моделлю передбачається і по закінченні даного сеансу, то після введення і редагування програму має сенс записати на диск. Для цього необхідно ввести команду

SAVE (зберегти) чи натиснути клавішу F2,

у полі А якої вказується ім'я файлу, у який буде записана модель. Файл повинний мати розширення GPS.

Записавши модель у файл, ви зможете в наступному сеансі роботи з GPSS/PC не вводити її знову з клавіатури, а зчитати з диска, увівши команду

@A.GPS (завантажити модель)

A.GPS – повне ім'я файлу, що ви дали введеній програмі в команді SAVE, яка включає розширення GPS. При виконанні цієї команди оператори програми в міру їх зчитування з файлу транслюються і виводяться у вікно даних.

Після того, як програма моделі введена з клавіатури чи зчитана з диска й трансльована, у пам'яті ПК створилася поточна модель, і тепер можна виконати її прогін. Для цього в командний рядок необхідно ввести керуючий оператор

START A

У полі А заноситься кількість створюваних заявок (транзактів) – початкове значення лічильника завершень.

При натисканні клавіші <F5> виконається команда

START 1

тобто створюється 1 транзакт.

Час моделювання можна задати не тільки кількістю створюваних заявок, але також і командою

SIMULATE A

A – кількість хвилин, що відводиться на прогін.

Оновлення статистики здійснюється командою RESET

Очищення моделі здійснюється командою CLEAR

При спостереженні за процесом моделювання можна використовувати одночасно натискання клавіші <ALT> з якою–небудь функціональною клавішею і візуально спостерігати за зміною якого–небудь елементу моделі.

Прогін поточної моделі, тобто власне моделювання, виконується за допомогою спеціальної керуючої програми, що називають симулятором (від англійського SIMULATE – моделювати, імітувати). Робота GPSS–моделі під

керуванням симулятора полягає в переміщенні транзактів від одних блоків до інших аналогічно тому, як у СМО, що моделюється, переміщуються заявки, які відповідають транзактам.

У початковий момент часу в GPSS–моделі немає жодного транзакту. У процесі моделювання симулятор генерує транзакти у визначені моменти часу відповідно до тих логічних потреб, що виникають у системі, що моделюється. Подібним же чином транзакти залишають модель у визначені моменти часу в залежності від специфіки системи, що моделюється. У загальному випадку в моделі одночасно існує велике число транзактів, однак у кожен момент часу симулятор здійснює просування тільки одного якого–небудь транзакту.

Якщо транзакт почав свій рух, він переміщується від блоку до блоку за шляхом, запропонованим блок–схемою. У той момент, коли транзакт входить у деякий блок, на виконання викликається підпрограма симулятора, що відповідає типу цього блоку, а після її виконання, при якому реалізується функція даного блоку, транзакт «намагається» увійти в наступний блок. Таке просування транзакту продовжується доти, поки не відбудеться одна з наступних можливих подій:

- а) транзакт входить у блок, функцією якого є вилучення транзакту з моделі;
- б) транзакт входить у блок, функцією якого є затримка транзакту на деякий визначений в моделі час;
- в) транзакт «намагається» увійти в наступний блок, однак блок «відмовляється» прийняти його. У цьому випадку транзакт залишається в тому блоці, де знаходився, і пізніше буде повторювати свою спробу увійти в наступний блок. Коли умови в моделі зміняться, така спроба може виявитися успішною, і транзакт зможе продовжити своє переміщення за блок–схемою.

Якщо виникло одне з описаних вище умов, обробка даного транзакту припиняється, і починається переміщення іншого транзакту. Таким чином, виконання моделювання симулятором продовжується постійно.

Проходячи через блоки моделі, кожен транзакт вносить вклад у вміст лічильників блоків. Значення цих лічильників доступні програмісту через стандартний числовий аргумент (СЧА) блоку: W – поточний вміст блоку і № – загальна кількість входів у блок.

Кожне просування транзакту в моделі є подією, що повинна відбутися у визначений момент модельного часу. Для того, щоб підтримувати правильну часову послідовність подій, симулятор має таймер модельного часу, що автоматично корегується відповідно до логіки, яка задається моделлю.

Таймер GPSS/PC має наступні особливості:

- а) реєструються тільки цілі значення (усі часові інтервали в моделі зображуються цілими числами);
- б) одиниця модельного часу визначається розробником моделі, що задає всі часові інтервали в тих самих, обраних ним, одиницях;
- в) симулятор не аналізує стан моделі в кожний наступний момент модельного часу (що відстає від поточного на одиницю модельного часу), а просуває таймер до моменту часу, коли відбувається найближча наступна подія.

Значення таймера доступні програмісту через системні СЧА С1 (відносний час) і АС1 (абсолютний час).

Центральною задачею, що виконується симулятором, є визначення того, який транзакт треба вибрати наступним для просування в моделі, коли його попередник припинив своє просування. З цією метою симулятор розглядає кожен транзакт як елемент деякого списку. У відносно простих моделях використовуються лише два основних списки: список поточних подій і список майбутніх подій.

Список поточних подій містить у собі ті транзакти, розрахований час просування яких дорівнює чи менше поточного модельного часу (до останнього відносяться транзакти, рух яких було заблоковано раніше). Він організується в порядку зменшення пріоритетів транзактів, а в межах кожного рівня пріоритету – у порядку надходження транзактів.

Список майбутніх подій містить у собі транзакти, розрахований час просування яких більше поточного часу, тобто події, зв'язані з просуванням цих транзактів, повинні відбутися в майбутньому. Цей список організується в порядку зростання розрахованого часу просування транзактів.

Симулятор GPSS/PC поміщає транзакти в залежності від умов у моделі в той чи інший список і переносить транзакти зі списку в список, переглядає списки, вибираючи наступний транзакт для обробки, корегує таймер модельного часу після обробки всіх транзактів у списку поточних подій

1.2 Одержання та інтерпретація стандартного звіту

По завершенні прогону моделі лунає звуковий сигнал, і в рядку стану з'являються повідомлення

Writing REPORT.GPS Simulation Complete Reporting...,

що сигналізує про те, що моделювання закінчене й у даний момент виконується створення звіту про прогін моделі. Потім система переходить у стан чекання подальших команд.

Звіт, створюваний по завершенні моделювання, записується у файл зі стандартним ім'ям REPORT.GPS.

Необхідно мати на увазі, що цей звіт є не форматуваним, тобто непридатним для безпосереднього перегляду. Для форматування і створення стандартного звіту GPSS/PC необхідно завершити сеанс і виконати програму форматування звіту.

Вихід з інтегрованого середовища (завершення сеансу) виконується шляхом введення керуючого оператора

END (закінчити) чи клавіші <F10>.

Виконується вихід у MS-DOS чи в програму-оболонку Norton Commander.

Для форматування звіту необхідно завантажити модуль форматування GPSSREPT.EXE. Після його завантаження на екрані з'являється «заставка» з назвою модуля, двома вікнами в нижній частині екрана і повідомленнями-підказками. У лівому вікні виведене ім'я файлу, у якому знаходиться звіт (за замовчуванням це файл REPORT.GPS). У правому вікні виведене позначення пристрою, куди повинний бути виведений звіт (за замовчуванням це екран дисплея SCRN:).

Для переключення вікон використовується клавіша <ENTER>.

Для створення звіту на обраному пристрої варто натиснути клавішу <SPACE>, для виходу з програми – клавішу <ESC>.

Звіт виводиться на екран посторінково.

Для виводу чергової сторінки необхідно натиснути клавішу <SPACE>, для припинення виводу звіту – клавішу <ESC>.

По закінченні виводу звіту на екрані з'являється повідомлення

[SPACE] for another report Any other key to end

Для створення звіту на іншому пристрої чи іншого звіту треба натиснути клавішу <SPACE>, для виходу з програми GPSSREPT – будь-яку іншу клавішу.

Наприклад, у моделі одно каналної системи масового обслуговування треба визначити завантаженість пристрою. Це може бути забезпечено способом, показаним у листингу 1.1.

Оператор TABLE визначає таблицю з ім'ям TTIME, аргументом якої служить СЧА M1 – значення часу перебування в моделі. Блок TABULATE, що заносить інформацію про час перебування кожного транзакту в пристрої в таблицю TTIME, розташовується перед блоком TERMINATE. Діапазон можливих значень часу перебування транзакту в моделі розбитий в операторі TABLE на 12 частотних інтервалів, ширина яких (крім останнього) дорівнює 10 одиницям модельного часу.

Листинг 1.1 Модель одноканальної СМО

```

10 TTIME TABLE M1,10,5,10
30 EXP    FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
40      GENERATE 9, FN$EXP
45      QUEUE Q1
50      SEIZE ST02
55      DEPART Q1
60      ADVANCE 8, FN$EXP
70      RELEASE ST02
80      TABULATE TTIME
90      TERMINATE 1

```

Запустивши цю програму оператором START 100 і створивши файл звіту, ми побачимо подібний звіт:

GPSS/PC Reportfile REPORT.gps.(V 2,# 37349) 12-15-2003 11:22:02 page1

Загальні відомості про модель та її прогін, що включають модельний час початку (START_TIME) і кінця (END_TIME) прогону, кількість блоків у моделі (BLOCKS), кількість пристроїв (FACILITIES), кількість багатоканальних пристроїв (STORAGES), обсяг пам'яті, що залишалася вільною при прогоні моделі (FREE_MEMORY):

START_TIME	END_TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0	972	7	1	0	317680

Звіт про імена об'єктів моделі, що включають для кожного імені ідентифікатор (NAME), привласнене йому числове значення (VALUE) і тип імені: 0, якщо числове значення імені привласнене користувачем за допомогою оператора EQU; 1, якщо числове значення імені привласнене системою; 2, якщо ім'я є ім'ям блоку:

NAME	VALUE	TYPE
COLUMN	10001	2
POSITION	10002	2
SHAPE	10003	2
ROW	10004	2
TO_COLUMN	10005	2
TO_ROW	10006	2
COLOR	10007	2
TTIME	10008	2
EXP	10009	2
Q1	10010	2
ST02	10011	2

Звіт про блоки моделі, що включають для кожного блоку номер рядка програми (LINE), чи номер ім'я блоку (LOC), назва блоку (BLOCK_TYPE), кількість транзактів, що пройшли через блок (ENTRY_COUNT) кількість транзактів у блоці в момент завершення моделювання (CURRENT_COUNT), кількість транзактів, заблокованих перед блоком у момент завершення моделювання (RETRY):

LINE	LOC	BLOCK_TYPE	ENTRY_COUNT	CURRENT_COUNT	RETRY
5	1	GENERATE	105	0	0
7	2	QUEUE	105	4	0
10	3	SEIZE	101	1	0
11	4	DEPART	100	0	0
12	5	ADVANCE	100	0	0
13	6	RELEASE	100	0	0
14	7	TABULATE	100	0	0
15	8	TERMINATE	100	0	0

Звіт про пристрої моделі, що включає для кожного пристрою його ім'я чи номер (FACILITY), кількість занять пристрою (ENTRIES), коефіцієнт використання (UTIL.), середній час на одне заняття (AVE._TIME) і ряд інших даних:

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE_TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
ST02	101	0.62	5.99	1	101	0	0	0	4

Звіти про черги моделі включають для кожної черги її ім'я чи номер (QUEUE), максимальну довжину черги в процесі моделювання (MAX.), поточну довжину черги в момент завершення моделювання (CONT.), загальна кількість транзактів, що увійшли в чергу в процесі моделювання (ENTRIES), і кількість «нульових» входів у чергу (ENTRIES(0)), середню довжину черги (AVE.CONT.), середній час чекання в черзі з обліком всіх транзактів (AVE.TIME) і без обліку «нульових» входів (AVE.(-0));

QUEUE	MAX	CONT	ENTRIES	ENTRIES(0)	AVE.CONT	AVE.TIME	AVE.(-0)
QQ1	9	5	105	37	1.51	13.96	21.56

Звіт про статистичні таблиці моделі включають для кожної таблиці її ім'я чи номер (TABLE), середнє значення (MEAN) і середньоквадратичне відхилення (STD.DEV.) табульовані величини, границі частотних інтервалів (RANGE), частоти (FREQUENCY) і накопичені частоти у відсотках (CUM. %) улучення спостережень у ці інтервали:

TABLE	MEAN	STD.DE V.	RE TRY	RANGE	FREQUENCY	CUM. %
TTIME	19.79	17.48	0			
				- 10	40	40.00
				10 - 15	9	49.00
				15 - 20	10	59.00
				20 - 25	9	68.00
				25 - 30	5	73.00
				30 - 35	9	82.00
				35 - 40	3	85.00
				40 - 45	2	87.00
				45 - 50	5	92.00
				50 -	8	100.00

XACT_GROUP	GROUPE_SIZE	RETRY
POSITION	0	0

1.3 Об'єкти імітаційної моделі

Мова GPSS [4,5] створена в припущенні, що моделлю складної дискретної системи є опис функціонування її об'єктів (елементів) та логічних правил їх взаємодії.

Після трансляції вихідної програми в пам'яті ПК створюється так звана поточна модель, яка є сукупністю різного типу об'єктів, кожний з яких представляє собою деякий набір чисел в пам'яті ПК, що описують властивості й поточний стан об'єкту. Об'єкти GPSS/PC можна розділити на сім класів: динамічні, операційні, апаратні, статистичні, обчислювальні, запам'ятовуючі та групуючі.

Динамічні об'єкти, відповідно заявкам в системах масового обслуговування, називаються в GPSS/PC транзактами. Вони «створюються» й «знищуються» так, як це необхідно за логікою моделі в процесі моделювання. З кожним транзактом може бути зв'язане довільне число параметрів, що несуть в собі необхідну інформацію про цей транзакт. Крім того, транзакти можуть мати різні пріоритети.

Операційні об'єкти GPSS/PC, що називаються блоками, відповідають операторам–блокам вихідної програми. Вони формують логіку моделі, надаючи транзактам накази: куди йти й що робити далі. Модель системи на GPSS/PC можна представити як сукупність блоків, об'єднаних у відповідності з логікою роботи реальної системи в так звану блок–схему. Блок–схема моделі може бути зображена графічно, наглядно показуючи взаємодію блоків в процесі моделювання.

Апаратні об'єкти GPSS/PC – це абстрактні елементи, на які може бути розподілене обладнання реальної системи. До них відносяться одноканальні й багатоканальні пристрої та логічні перемикачі. Багатоканальний пристрій інколи називають пам'яттю.

Одноканальні й багатоканальні пристрої відповідають приладам в СМО, що обслуговують. Одноканальний пристрій, який для стислості далі будемо називати просто пристроєм, може обслуговувати одночасно тільки один транзакт. Багатоканальний пристрій (БКП) може обслуговувати одночасно декілька транзактів.

Логічні перемикачі (ЛП) використовуються для моделювання двійкових станів логічного або фізичного характеру. ЛП може знаходитися у двох станах: ввімкнено й вимкнено. Його стан може змінюватися в процесі моделювання, а також опитуватися для прийняття відповідних рішень.

Статистичні об'єкти GPSS/PC служать для збору й обробки статистичних даних про функціонування моделі. До них відносяться черги й таблиці. Кожна черга забезпечує збір й обробку даних про транзакти, що затримались в якій–небудь точці моделі, наприклад перед одноканальним пристроєм. Таблиці використовуються для отримання вибірових розподілень деяких випадкових величин, наприклад, часу перебування транзакту в моделі.

До обчислювальних об'єктів GPSS/PC відносяться змінні (арифметичні й булеві) та функції. Вони використовуються для обчислення деяких величин, заданих арифметичними або логічними виразами, або табличними залежностями.

Запам'ятовуючі об'єкти GPSS/PC забезпечують зберігання в пам'яті ПК окремих величин, що використовуються в моделі, а також масивів таких величин. До них відносяться так звані величини, що зберігаються та матриці величин, що зберігаються.

До групуєчих об'єктів відносяться списки користувача та групи. Списки користувача використовуються для організації черг з дисциплінами, відмінними від дисципліни «раніш прийшов – раніш обслугований».

Кожному об'єкту того чи іншого класу відповідають числові атрибути, що описують його стан в даний момент модельного часу. Крім того, є ряд так званих системних атрибутів, що відносяться не до окремих об'єктів, а до

моделі в цілому. Значення атрибутів всіх об'єктів моделі по закінченні моделювання виводяться у стандартний звіт GPSS/PC. Більша частина атрибутів доступна програмісту й складає так звані стандартні числові атрибути (СЧА) (див. додаток А), які можуть використовуватися у якості операндів операторів вихідної програми. Всі СЧА в GPSS/PC являються цілими числами.

Кожний об'єкт GPSS/PC має назву й номер. Назви об'єктам даються в різних операторах вихідної програми, а відповідні їм номери транслятор привласнює автоматично. Назва об'єкту це послідовність, яка починається з літер латинського алфавіту, цифр та символу «підкреслювання». При необхідності імені будь-якого об'єкту, окрім імені блока, можна поставити в відповідність будь-який номер за допомогою оператора опису EQU, який має наступний формат:

ім'я EQU номер

Блокам привласнюються їх номери за порядком у вихідній програмі (не плутати з номерами рядків).

Для посилення на який-небудь стандартний числовий атрибут деякого об'єкту відповідний операнд оператора вихідної програми записується одним з цих способів:

СЧА \$ ім'я чи СЧА j ,

де СЧА – системне позначення (назва) конкретного стандартного числового атрибута даного об'єкту; ім'я – ім'я об'єкту; j – номер об'єкту; \$ —символ-ділитель.

1.4 Оператори мови GPSS/PC

Вихідна програма на мові GPSS/PC, як і програма на будь-якій мові програмування, являє собою послідовність операторів.

Оператори GPSS/PC записуються та вводяться у ПК у наступному форматі:

номер_рядка ім'я операція операнди ; коментарі

Усі оператори вихідної програми повинні починатися з номер_рядка – цілого додатного числа від 1 до 9999999. Після вводу операторів вони розташовуються у вихідній програмі у відповідності з нумерацією строк. Звичайно нумерація робиться з деяким кроком, відмінним від 1, щоб мати можливість додавати оператори у потрібне місце вихідної програми. Деякі

оператори зручно вводити, не включаючи їх у вихідну програму. Такі оператори вводяться без номеру рядка.

Окремі оператори можуть мати ім'я для посилання на ці оператори в інших операторах. Якщо такі посилання відсутні, тоді цей елемент оператора не є обов'язковим.

В полі операції записується ключове слово (назва оператора), вказуючи конкретну функцію, яка виконується даним оператором. Це поле оператора є обов'язковим.

У полях операндів записується інформація, уточнююча виконання функції, визначеній в полі операції. Ці поля в залежності від типу операції мають до семи операндів, розташованих у визначеній послідовності та позначених звично першими літерами латинського алфавіту від А до G. Деякі оператори зовсім не мають операндів, а в деяких операнди можуть бути пропущені, при цьому встановлюються їх стандартні значення (по умовчанню). При запису операндів використовується позиційний принцип: пропуск операнда відмічається комою.

Необов'язково коментарі та у випадку їх присутності відділяється від поля операндів крапкою з комою. Коментарі не можуть утримувати літер російського алфавіту.

Оператори GPSS/PC записуються, починаючи з першої позиції, у вільному форматі, тобто окремі поля роз'єднані вільною кількістю відступів. При вводі вихідної програми в інтегрованому середовищі GPSS/PC розміщення окремих полів операторів з визначеною кількістю інтервалів між ними робиться автоматично.

Основні оператори мови GPSS

GENERATE – створення заявок (транзактов) та розміщення їх у списку майбутніх подій;

TERMINATE – знищення заявок (транзактів), зменшення лічильника закінчених транзактов;

ADVANCE – затримка (обробка) транзакта на визначений час у обробляючому пристрої;

FUNCTION – визначення функцій;

SEIZE – займання транзактом пристрою;

RELEASE – звільнення транзактом пристрою;

STORAGE – створення багатоканального пристрою (БКП);

ENTER – займання каналів обслуговування БКП;

LEAVE – звільнення каналів обслуговування БКП;

QUEUE – включення транзакта у чергу;

DEPART – вилучення транзакта з черги;

TABLE – збір та обробка даних.

TABULATE – занесення даних в таблицю.

TRANSFER – засилення транзакта на вказаний блок;
 GATE – затримка та зміна маршруту транзакта;
 TEST X – затримка та зміна маршруту транзакта за умов X;
 ASSIGN – зміна або присвоєння параметрам початкових значень;
 MARK – запис поточного модельного часу в заданий параметр транзакта;
 LOGIC – включення, виключення і інвертування логічних перемикачів.

1.5 Програмування на GPSS/PC

Створення транзактів

GENERATE A, B, C, D, E

A – інтервал між надходженням транзактів, B – модифікатор середнього значення між надходженням транзактів (інтервал надходження – випадкова величина, діапазон надходження транзактів має границі A–B, A+B); може задаватися як інтервалом з рівномірним законом розподілу, так і будь-якою функцією, C – момент надходження першого транзакту у модель, D – кількість транзактів, які повинні бути створені блоком GENERATE; E – задає пріоритет (за умовчанням, 0 – найнижчий пріоритет). Наприклад:

GENERATE 10, 3, 100, 16, 5

Транзакти створюються рівномірно у діапазоні $10(\pm 3)$ одиниць часу, причому перший транзакт створюється у момент часу, який дорівнює 100, всім 16 транзактам, створеним у цьому блоці, привласнюється пріоритет 5.

GENERATE 100, FN\$EXPON, , 150

Транзакти створюються через проміжок часу, який дорівнює добутку 100 на значення функції EXPON, перший транзакт надходить у модель без затримки, в блоці генерується тільки 150 транзактів, пріоритет їх дорівнює «0».

Затримка (обробка) транзактів

ADVANCE A, B

A та B аналогічно A та B у блоці GENERATE. Наприклад:

ADVANCE 10, 5

При використанні модифікатора–інтервала час обробки транзактів розподілений рівномірно у діапазоні 10 ± 5 одиниць часу.

ADVANCE 500, FN2

При використанні модифікатора–функції затримка кожного створюваного транзакта визначається виразом $500 * FN2$ одиниць часу.

Вилучення транзактів з моделі

TERMINATE A

A – на скільки одиниць зменшить лічильник завершень при вході транзакту у блок TERMINATE.

Якщо поле A не визначене, то воно вважається рівним 0, і транзакти, які проходять через такий блок, не зменшують вмісту лічильника завершень. Відповідно, у моделі повинен бути хоча б один блок TERMINATE, у якого поле A не менше 1, щоб процес моделювання закінчився. Якщо в моделі такого блока немає, тоді відлік буде продовжуватися до тих пір, доки задачу не зупинить користувач. Наприклад:

TERMINATE 2

Зменшується лічильник завершень на 1.

TERMINATE

Вилучається транзакт, лічильник завершень не змінюється.

Функції

ім'я FUNCTION A, B

ім'я – ім'я функції для посилань на неї; A – стандартний числовий атрибут, що є аргументом функції; B – тип функції та число точок таблиці, цієї функції (наприклад, C – неперервна числова функції, D – дискретна, L – список);

На рисунку 1.1 наведені перші дві функції.

Для **безперервних функцій** проміжні значення між вузовими точками визначаються шляхом кусочно–лінійної інтерполяції, а для **дискретних функцій** – по формулі $y = y_i$ для $x_i \leq x < x_{i+1}$.

Використання функцій для отримання випадкових чисел з заданим розподіленням дає хоч і менш точний результат за рахунок похибки апроксимації, але з меншою кількістю розрахунків.

Розглянемо безперервні числові функції. Так, наприклад, у визначенні безперервної числової функції, таблиця якої містить 24 точки, поле В повинно мати значення C24.

При використанні безперервної функції для генерації випадкових чисел її аргументом повинен бути один з генераторів рівномірно розподілених випадкових чисел RNj. Особливістю використання внутрішніх генераторів випадкових чисел RNj у якості аргументів функцій є те, що їх значення у цьому контексті тлумачиться як дрібні числа від 0 до 0,999999.

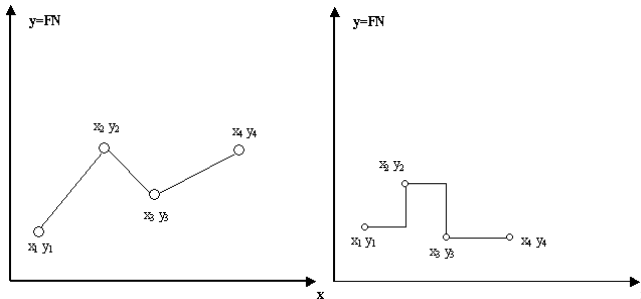


Рисунок 1.1

Таблиця з координатами точок функції розташовується у рядках, що слідують безпосередньо за оператором FUNCTION. Ці рядки не повинні мати полів нумерації. Кожна точка таблиці задається парою X_i (значення аргумента) та Y_i (значення функції), відокремлених одне від одного комою. Пари координат відділені одна від одної символом «/» та розташовані на будь-якій кількості рядків. Послідовність значень аргумента X_i повинна бути тільки зростаючою. Наприклад:

```
EXP      FUNCTION      RN1,C12
0,0/.2, .22/.4, .51/.5, .69/.6, .92/.7,1.2/.8,1.6/
.9,2.3/.95,3/.99,4.6/.999,6.9/1,100
```

Функція експоненціального розподілу має ім'я EXP, аргументом цієї функції є генератор рівномірно розподілених випадкових чисел RN1, неперервна функція EXP визначається з таблиці, заданої 12 точками (12 пар чисел X_i, Y_i).

Зайняття одноканального пристрою

SEIZE A

Звільнення одноканального пристрою

RELEASE A

де A – номер чи ім'я пристрою.

Якщо перед SEIZE затримується декілька транзактів, вони обслуговуються в відповідності з правилом «перший прийшов – перший обслугований». Розглянемо приклад використання блоків SIEZE та RELEASE. Обробляючий блок ADVANCE повинен заходжуватись між блоками SEIZE та RELEASE, що моделюють зайняття та звільнення пристрою .

```

SIEZE      SYSTEM
ADVANCE    10, 5
RELEASE    SYSTEM
  
```

Відбувається зайняття пристрою SYSTEM, затримка (обробка) транзакта від 5 до 15 одиниць часу та звільнення пристрою SYSTEM.

Створення багатоканальних пристроїв (БКП)–пам'яті

ім'я STORAGE A

ім'я – ім'я чи номер БКП, яке використовується для посилання на нього, A – ємність (кількість каналів обслуговування) БКП.

Заяття каналів обслуговування БКП

ENTER A, B

A – ім'я чи номер БКП, B – кількість займаних каналів.

Звільнення каналів обслуговування БКП

LEAVE A, B

A – ім'я чи номер БКП, B – кількість зайнятих каналів. Наприклад:

```

MEM  STORAGE      24
      ENTER          MEM, 12
      LEAVE          MEM, 12
  
```

Створюється пам'ять (накопичувач) з ім'ям MEM на 24 одиниці.

Транзакт займає 12 одиниць ємності в накопичувачі MEM, а потім звільняє 12 одиниць пам'яті в накопичувачі MEM

Стати в чергу

QUEUE A, B

Залишити чергу

DEPART A, B

A – номер чи ім'я черги, B – число одиниць, на яку поточна довжина черги у першому операторі збільшується, а в другому – зменшується.

Оскільки черга використовується для реєстрації часу очікування, то за блоком QUEUE звично слідує такий блок як SEIZE, який може затримати транзакт. Наприклад:

QUEUE	LINE	<i>транзакт стає в чергу LINE</i>
SEIZE	SYS	<i>він займає пристрій SYS</i>
DEPART	LINE	<i>якщо SYS вільний, він звільняє чергу, інакше залишається в черзі LINE</i>
ADVANCE	80,10	<i>транзакт оброблюється у SYS за час, що задається генератором RN1 рівномірно в діапазоні [80 -10, 80+10]</i>
RELEASE	SYS	<i>транзакт звільняє пристрій SYS</i>

Для збору та обробки даних про вибірковий розподіл часу очікування у черзі існують статистичні об'єкти типу Q-таблиць.

Таблиця складається з діапазонів аргументу (частотних класів), куди заноситься число попадань конкретного числового атрибуту (аргументу) у кожний конкретний частотний клас. Для кожної таблиці обчислюється також математичне очікування та середньоквадратичне відхилення. Ця статистика є стандартною для усіх таблиць.

Створення Q-таблиці

ім'я QTABLE A, B, C, D

ім'я – ім'я таблиці, A – ім'я або номер черги, час очікування в якій треба знайти, B – верхня границя першого частотного інтервалу таблиці, C – ширина частотних інтервалів, D – кількість частотних інтервалів.

Для отримання вибірових розподілень вільних СЧА будь-яких об'єктів замість QTABLE використовують :

ім'я TABLE A, B, C, D

ім'я – ім'я таблиці, A – СЧА, B, C, D – аналогічно QTABLE.

Внесення інформації в Q-таблиці здійснюється автоматично, а в таблиці, визначенні оператором TABLE, за допомогою блока:

TABULATE A

A – номер або ім'я таблиці. Наприклад:

MAT7 TABLE M1, 8, 1, 5
TABULATE MAT7

Опис таблиці (гістограми) MAT7, призначеної для табулювання величина M1 (СЧА M1 – час перебування в моделі) транзакта, що надходить в оператор TABULATE MAT7, верхня границя лівого інтервалу гістограми дорівнює 8, ширина кожного наступного інтервалу дорівнює 1, всього інтервалів 5.

Передача транзактів у блок, відмінний від наступного

TRANSFER A, B, C

A, B, C залежать від режиму роботи. Є 9 режимів роботи. Розглянемо 3 основних.

У режимі **безумовної передачі** поля A та C не вказуються, а транзакт передається блоку, вказаному у полі B. Наприклад:

TRANSFER ,BK1 *транзакт передається блоку BK1.*

У режимі **статистичної передачі** поле A – ймовірність, з якою транзакт спрямовується у блок, вказаний у полі C, а з ймовірністю 1–A транзакт спрямовується у блок, вказаний в полі B. Наприклад:

TRANSFER .75, BK2, NAT1

Транзакт з ймовірністю .75 спрямовується у блок NAT1 і ймовірністю 1–0.75=0.25 – у блок BK2.

Третій режим – режим **логічної передачі**, коли у полі A стоїть ключове слово BOTH. Тоді транзакти передаються блоку, вказаному у полі B. Якщо цей блок відмовляється його прийняти, то транзакт спрямовується у блок, вказаний у полі C. Наприклад:

TRANSFER BOTH, MET1, MET2

Транзакт спочатку спрямовується у блок MET1 або, якщо він зайнятий, у блок MET2.

Затримка та зміна маршруту транзакта за умови

TEST X A, B, C

X – умова перевірки співвідношення між СЧА і може приймати наступні значення: L – менше, LE – менше чи дорівнює, E – дорівнює, NE – не дорівнює, GE – більше чи дорівнює, G–більше

Якщо умова , A X B що перевіряється виконується, то TEST пропускає транзакт у наступний блок, якщо ні, то транзакт переходить до блоку, вказаному у блоці C.

Затримка та зміна маршруту транзакта в залежності від стану апаратних об'єктів моделі

GATE X A, B

X – код стану об'єкту, що перевіряється, який може приймати наступні значення: U – пристрій зайнятий, NU – пристрій вільний, SE – пам'ять порожня, SNE – пам'ять не порожня, SF – пам'ять заповнена, SNF – пам'ять не заповнена, LS – логічний перемикач ввімкнений, LR – логічний перемикач вимкнений, A – ім'я чи номер об'єкта, що перевіряється, B – ім'я блока, якому передається транзакт у випадку невиконання умови (у випадку виконання – наступному). Наприклад:

GATE SNE BUF3

Оператор затримує транзакти, що надходять у моменти, коли пам'ять з ім'ям BUF3 не зайнята.

GATE LR 4, BLOK2

Оператор направляє транзакти у блок з ім'ям BLOK2, якщо у момент їх надходження логічний перемикач з номером 4 не вимкнений, тобто ввімкнений, і в наступний блок, якщо перемикач вимкнений.

Зміна або присвоєння параметрам початкових значень

ім'я ASSIGN A, B, C

В полі A указується номер або ім'я параметра, в який заноситься значення операнда B. Якщо в полі A після імені (номера) параметра стоїть

знак + або –, то значення операнда В добавляється або віднімається із поточного значення параметра. В полі С може бути вказано ім'я або номер функції–модифікатора, яка діє аналогічно функції–модифікатору в полі В блока GENERATE. Наприклад, ASSIGN 5,0 запише в параметр з номером 5 значення 0, а ASSIGN COUNT+, 1 добавляє 1 до поточного значення параметра з іменем COUNT.

Запис поточного модельного часу в заданий параметр транзакта

ім'я MARK А

В полі А вказується номер або ім'я параметра транзакта, в який заноситься поточний модельний час при вході цього транзакта в блок MARK. Значення цього параметра може бути використане пізніше.

Включення, виключення і інвертування логічних перемикачів в процесі моделювання (встановити ЛП)

ім'я LOGIC X А

В полі А вказується ім'я або номер ЛП. Допоміжний операнд Х вказує вид операції, яка виконується з логічним перемикачем при вході транзакта в блок: S –вмикання, R – вимикання, I – інверсія. Наприклад:

LOGIC S 9
LOGIC R FLAG

Логічні перемикачі мають єдиний СЧА з назвою LS. Значення СЧА дорівнює 1, якщо ЛП включений, і 0, якщо він виключений.

Стандартні числові атрибути

Транзакти мають ряд стандартних числових атрибутів СЧА. Наприклад, СЧА з назвою PR дозволяє посилатися на пріоритет транзакта. СЧА с назвою M1 відповідає так званому **резидентному часу транзакта**, тобто часу перебування в моделі від моменту входу транзакта в модель через блок GENERATE. СЧА с назвою XN1 – **внутрішній номер транзакта**, який є унікальним і дозволяє завжди відрізнити один транзакт від другого. На відміну від СЧА других об'єктів, СЧА транзакта не не посилаються на ім'я або номер транзакта. Посилання на СЧА транзакта завжди відноситься до активного транзакту, тобто транзакту, який обробляється в даний момент симулятором.

Важливими стандартними числовими атрибутами транзактів є значення їх параметрів. Любий транзакт може мати необмежене число параметрів, які мають ті чи інші числові значення. Посилання на цей СЧА завжди відноситься до активного транзакту і має вид

P_j або $P\$im'$ я,

де j , ім'я – номер і ім'я параметра відповідно. Таке посилання можливе тільки в тому випадку, якщо параметр з указаним номером або ім'ям є, тобто в нього занесено яке-небудь значення.

1.6 Моделювання систем ОТ

1.6.1 Моделювання двопроцесорної обчислювальної системи

Система складається з процесорів П1, П2, загальної оперативної пам'яті ОП, розділеної на вісім блоків, і дискової пам'яті – накопичувач на магнітних дисках НМД (рис. 1.2). Кожній задачі, що надходить у систему, повинний виділятися один блок пам'яті. Під час рішення задач можуть бути звернення до НМД.

Інтервали часу між надходженнями задач розподілені рівномірно в діапазоні від 2 до 14 одиниць часу;

Час обробки порції інформації підпорядкований експонентному закону з $m_1 = 0,5$ і $m_2 = 0,2$ у процесорах П1 і П2 відповідно;

Між обробкою порцій з імовірністю 0,6 можливе звертання до НМД, у якому час обслуговування розподілений рівномірно в діапазоні від 2 до 8 одиниць часу;

Імовірність закінчення рішення задачі після обробки в процесорі дорівнює 0,4;

Відрізок моделювання відповідає рішенням не менш 100 задач.

Імітаційна модель двопроцесорної системи

```

10          SIMULATE
20 MEM      STORAGE      8
30 EXP      FUNCTION      RN1,C12
0,0/.2,.22/.4,.51/.5,.60/.6,.92/.7,1.2/.8,1.61/
.9,2.3/.95,3/.99,4.6/.999,6.9/1,1000
40          GENERATE      8,6
50          QUEUE         AAA1
60          ENTER         MEM,1
70          DEPART        AAA1
80 MMM6     QUEUE         AAA2
90          TRANSFER      BOTH,MMM1,MMM2
```

```

100 MMM1    SEIZE      CPU1
110         DEPART     AAA2
120         ADVANCE    5, FN$EXP
130         RELEASE    CPU1
140         TRANSFER    , MMM3
150 MMM2    SEIZE      CPU2
160         DEPART     AAA2
170         ADVANCE    2, FN$EXP
180         RELEASE    CPU2
190 MMM3    TRANSFER    . 6, MMM5, MMM4
200 MMM4    QUEUE      AAA3
210         SEIZE      DISK
220         DEPART     AAA3
230         ADVANCE    5, 3
240         RELEASE    DISK
250         TRANSFER    , MMM6
260 MMM5    LEAVE      MEM, 1
270         TERMINATE  1
          START      100
END

```

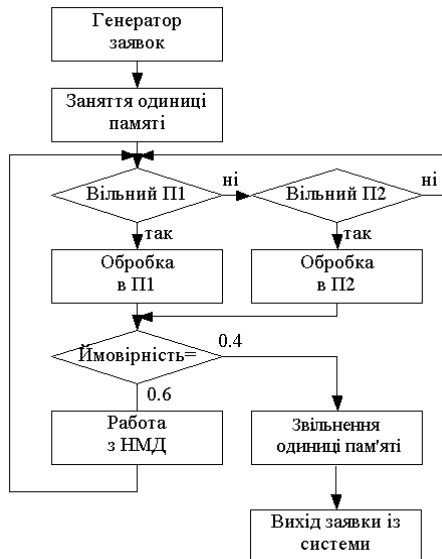


Рисунок 1.2 – Алгоритм роботи двопроцесорної системи

1.6.1.1 Підготовка до роботи

1. Вивчити теоретичну частину роботи.
2. Ознайомитись прикладом імітаційного моделювання обчислювальної системи.
3. Прокоментувати кожен оператор цієї моделі.
4. Виконати завдання у відповідності з порядком виконання роботи та скласти звіт.

1.6.1.2 Порядок виконання роботи

1. Набрати GPSS—модель двопроцесорної системи
2. При заданій інтенсивності вхідного потоку треба визначити:
 - мінімальний розмір ОП, при якій не буде відмовлень (змінювати характеристики процесорів);
 - коефіцієнти використання кожного процесора;
 - поліпшити коефіцієнти використання процесорів та зменшити середній час виконання задачі в системі.

1.6.1.3 Зміст звіту

1. Мета та задачі роботи.
2. Блок–схеми та імітаційні моделі у відповідності до завдань з поясненням кожного оператора.
3. Результати моделювання та їх розшифровка.
4. Висновки.

1.6.2 Моделювання локальної обчислювальної мережі шинної архітектури з методом доступу МДКН/ОК

Приймається спрощення в тому, що множина вузлів мережі замінюється на два вузла, які генерують заявки з часом надходження розподіленим по експоненціальному закону з середніми значеннями 17 і 20 тактів. Вікно зіткнень $T = 1$ такт. Затримка транзакта після невдалої спроби виходу в мережу для повторних спроб — випадкова величина D , рівномірно розподілена в діапазоні $[1, 9]$ тактів. Час передачі повідомлень в мережі — випадкова величина, розподілена по експоненціальному закону з інтенсивністю $M = 0,2$. Модель представлена наступними блок–схемою і описом мовою GPSS:

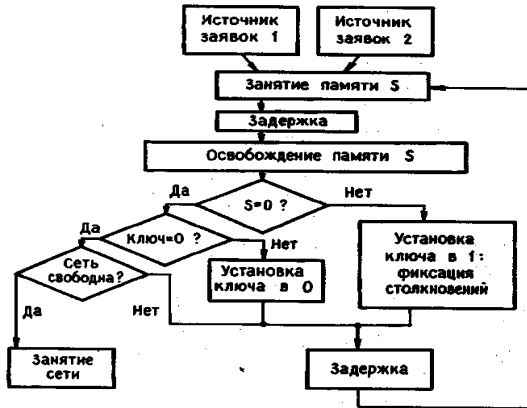


Рисунок 1.3 – Блок-схема імітаційної моделі ЛОМ

Листинг 1.3 – Імітаційна модель ЛОМ

```

10      SIMULATE
20 MEM  STORAGE      1000
30 EXP  FUNCTION      RN1,C12
0,0/.2,.22/.4,.51/.5,.60/.6,.92/.7,1.2/.8,1.61/
.9,2.3/.95,3/.99,4.6/.999,6.9/1,100
40      GENERATE      15, FN$EXP
50      TRANSFER      , LBL1
60      GENERATE      20, FN$EXP
70 LBL1  ENTER        MEM,1
80      ADVANCE       1
90      LEAVE         MEM,1
100     TEST E        S$MEM,0, LBL2
110     GATE LR       1, LBL3
120     TRANSFER      BOTH, LBL4, LBL5
130 LBL4  SEIZE       NET
140     ADVANCE       5, FN$EXP
150     RELEASE       NET
160     TERMINATE     1
170 LBL2  LOGIC S      1
180     TRANSFER      , LBL5
190 LBL3  LOGIC R      1
200 LBL5  ADVANCE     5,4
210     TRANSFER      , LBL1
  
```

1.6.2.1 Підготовка до роботи

1. Вивчити теоретичну частину роботи.

2. Ознайомитись прикладом імітаційного моделювання ЛОМ
Прокоментувати кожен оператор цієї моделі.
3. Виконати завдання у відповідності з порядком виконання роботи та скласти звіт.

1.6.2.2 Порядок виконання роботи

1. Набрати GPSS–модель ЛОМ, задати START 30;
2. При заданій інтенсивності вхідного потоку треба:
 - визначити коефіцієнт використання ЛОМ та проаналізувати процес проходження заявок через мережу;
 - ввести обмеження на кількість (16) спроб зайняття ЛОМ заявками, задати START 100;
 - поліпшити коефіцієнт використання ЛОМ та зменшити середній час виконання заявки в системі.

1.6.2.3 Зміст звіту

1. Мета та задачі роботи.
2. Блок–схеми та імітаційні моделі у відповідності до завдань з поясненням кожного оператора.
3. Результати моделювання усіх варіантів та їх розшифровка.
4. Висновки.

1.7 Контрольні питання

1. Що таке імітаційне моделювання і для чого воно використовується в системі GPSS/PC?
2. Як виконується процес проходження транзакта в моделі?
3. Наведіть приклади СЧА, що найчастіше використовуються.
4. Як описується робота з чергами в GPSS/PC?
5. Наведіть приклад опису пам'яті, її зайняття та звільнення.
6. Напишіть оператори генерації транзактів, зайняття та звільнення пристрою.
7. Яким чином задаються закінчення моделювання?
8. Яким чином задаються різноманітні закони розподілу випадкових чисел, наприклад, часу обслуговування у пристрої?
9. Напишіть оператори, які змінюють маршрути транзактів.
10. Як отримати та інтерпретувати стандартний звіт?
11. Розшифруйте вихідні результати моделювання.

МАЕС–П. МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ НА СХЕМОТЕХНІЧНОМУ РІВНІ

Лабораторна Робота 5

Мета роботи: освоєння функціональних можливостей і вхідної мови програми моделювання аналогових схем МАЕС–П та здобуття навичків вирішення основних задач автоматизованого схемотехнічного проектування за допомогою програми МАЕС–П [3,4].

Задачі роботи:

- вивчення методики формалізованої постановки та вирішення задач автоматизованого схемотехнічного проектування ;
- знайомство з функціональними можливостями програм АСхП та з правилами підготовки вхідних даних для моделювання електронних схем ;
- набуття навичок автоматизованого проектування електронних пристроїв на ПЕОМ.

2.1 Загальні відомості про МАЕС–П

Комплекс програм (КП) МАЕС–П призначений для автоматизованого схемотехнічного проектування аналогових та аналого–цифрових вузлів радіоелектронної апаратури на ПЕОМ.

2.1.1 Основні функції та особливості

1. Стиковка із системою PCAD;
2. Можливості вводу та виводу графічного образу схеми;
3. Діалоговий ввід, контроль та корекція початкових даних;
4. Багатоступеневе описання схеми на проблемно–орієнтованій мові;
5. Наявність великої бібліотеки моделей та параметрів, в тому числі аналогових, цифро–аналогових та цифрових мікросхем (ІМС);
6. Забезпечення можливості розробки та вводу в програму користувачем нових нелінійних функцій, включаючи функції гістерезисних залежностей, нових моделей та макромоделей компонентів схеми;
7. Наявність універсальної функції для побудови аналогових моделей цифрових ІМС;
8. Моделювання електронних схем в режимі постійного струму;
9. Підвищена надійність моделювання в часовій області схем зі складними перехідними процесами, за рахунок використання різноманітних розрахункових алгоритмів;

10. Розрахунок амплітудно–фазо–частотних характеристик (АФЧХ) лінійних та лінеаризованих програмою електронних схем;
11. Аналіз впливу на електричні режими в схемі температури та інших характеристик навколишнього середовища;
12. Розрахунок коефіцієнтів параметричної чутливості;
13. Спектральний аналіз;
14. Розрахунок величин, необхідних для випуску карт робочих режимів елементів схеми;
15. Забезпечення можливості розробки та вводу в програму користувачем нових алгоритмів обробки результатів моделювання;
16. Постпроцесор обробки результатів розрахунку та вивід багатокольорових графіків;
17. Повний комплект документації, що дозволяє освоїти роботу з комплексом користувачу будь-якої кваліфікації.

2.1.2 Основні технічні характеристики

Кількість двополюсників в еквівалентній схемі – 500.

Типи елементів: резистори, дроселі, конденсатори, котушки індуктивності, стабілітрони, біполярні та польові транзистори, джерела напруги та струму, інтегральні мікросхеми (операційні підсилювачі, логічні елементи, стабілізатори напруги, компаратори та комутатори сигналів, аналогові перемножувачі) і т.д.

В бібліотеці моделей та параметрів КП міститься більш ніж 100 моделей різного типу діодів та транзисторів та 70 макромоделей вказаних вище мікросхем.

Час моделювання перехідного процесу в підсилювачі, що містить 100 р–п переходів, – 6 хвилин.

2.1.3 Технічне та програмне забезпечення

КП МАЕС–П функціонує на персональній ЕОМ типу РС АТ стандартної конфігурації.

Основна мова програмування – ФОРТРАН 77.

Об'єм КП МАЕС–П – біля 60000 операторів.

Об'єм необхідної оперативної пам'яті – 350 Кбайт.

2.2 Вхідна мова МАЕС–П

Алфавіт: тільки прописні (великі) російські та латинські літери.

Одиниці вимірювання: тільки російські прописні.

Елементи схеми, що починаються з літер E, J, C, L, R, G – елементарні двополюсники (не мають своєї моделі).

Елементи схеми, що починаються з будь-яких інших літер – прилади, які описуються своїми моделями.

Якщо модель приладу є в бібліотеці, то її описувати не треба.

Опис схеми складається з таких розділів:

оператор–заголовок опису схеми:

ОПИСАНИЕ СХЕМЫ – < ім'я основної схеми >:

розділ опису системи одиниць:

СИСТЕМА ЕДИНИЦ: <перелік основних одиниць виміру>; – по умовчанню МА, В, МКС

розділ опису моделей:

МОДЕЛЬ – < ім'я моделі>:

ЭЛЕМЕНТЫ:

$$\langle \text{ID} \rangle, \langle \text{IPB} \rangle - \langle \text{IKB} \rangle = \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{число} \rangle [\langle \text{ОВ} \rangle] \\ \langle \text{ім'я параметра} \rangle \\ \langle \text{ім'я функції} \rangle \left(\left(\left[\langle \text{числа} \rangle \right] \left[\langle \text{імена} \rangle \right] \right) \left[\langle \text{таблиць} \rangle \right] \# \langle \text{імена аргументів} \rangle \right) \\ \text{FA}(\langle \text{арифметичний вираз} \rangle) \end{array} \right\};$$

$\langle \text{ім'я приладу} \rangle, \langle \text{ІВП} \rangle / \langle \text{ІВМ} \rangle - \langle \text{ІВП} \rangle / \langle \text{ІВМ} \rangle [- \langle \text{ІВП} \rangle / \langle \text{ІВМ} \rangle] \dots =$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{ім'я моделі} \rangle \\ \langle \text{ім'я списку параметрів} \rangle . \langle \text{ім'я моделі} \rangle \end{array} \right\};$$

де

ІД – ім'я двополюсника;

ІПВ, ІКВ – ім'я початкового і кінцевого вузлів підключення двополюсника;

ОВ – позначення одиниці виміру;

ІВП – ім'я вузла підключення приладу в схемі;

ІВМ – ім'я відповідного вузла моделі приладу;

числа – одне або декілька чисел, записаних через кому;

ім'я параметрів (аргументів) – одне або декілька імен параметрів (аргументів), записаних через кому;

ім'я таблиць – одне або декілька імен таблиць, записаних через кому;
арифметичний вираз – константи (числа) і аргументи (час), пов'язані знаками арифметичних дій і круглих дужок, за допомогою яких змінюють природний порядок дій.

Арифметичними виразами описуються залежні від часу джерела струму і напруги. Опис двополюсників, залежних від часу і від інших аргументів у вигляді алгебро–логічних виразів.

Вузлові потенціали обчислюються щодо вузла «0». Порядок опису вузлів визначає напрямок полярності струму і напруги. Напруга на двополюснику визначається як різниця потенціалів початкового і кінцевого вузла, а позитивний струм спрямований від початкового вузла до кінцевого.

розділ опису списків параметрів:

ПАРАМЕТРЫ - <ім'я списку параметрів>:

<ім'я параметру> = <число> [0В] ;

розділ зміни параметрів компонентів моделей:

ИЗМЕНИТЬ:

<ім'я параметру>.<ім'я елементу> = <число> [<0В>];

оператор кінця опису схеми:

КОНЕЦ ОПИСАНИЯ СХЕМЫ:

Вплив навколишнього середовища наведений в учбовому посібнику «Застосування програми МАЕС – II для моделювання радіоелектронних пристроїв».

Завдання на аналіз складається з таких директив :

директива – заголовок завдання на аналіз:

ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ:

директиви виду моделювання :

директива розрахунку статичного режиму:

СТАТИКА:

директива розрахунку статичних характеристик:

СТАТИКА (ХАР):

ПРИРАЩЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ:

D<ім'я двополюсника> = <число> [0В], K = <число>;

директива розрахунку перехідного процесу:

ДИНАМИКА:, або ДИНАМИКА (СТАТИКА):

КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:

ТКОН = <число> [<0В>], НМАХ = <число> [<0В>];

директива розрахунку частотних характеристик:

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ: – з постійним кроком по частоті, або

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ЛОГ): – з логарифмічним
масштабом по частоті,

ВХОД: < ім'я двополюсника >;

КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:

FN = < число > [<0В>], FK = < число > [<0В>];

директива розрахунку коефіцієнтів параметричної чутливості в статичі,
або в динаміці, або в частотній області:

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ(2) – СТАТИКА: , або

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ(2) – ДИНАМИКА: , або

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ(2) – ЧАСТОТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ:

ВАРИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ:

< перелік параметрів через кому >;

директива обробки та виводу результатів моделювання:

ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:

$$\left\{ \begin{array}{c} U \\ I \\ P \end{array} \right\} < \text{ім'я двополюсника} >, \dots, P. < \text{ім'я приладу} >, \dots;$$

U < ім'я вузла >, ..., U (< ім'я вузла > – < ім'я вузла >), ... ;

директива кінця завдання на аналіз:

КОНЕЦ ЗАДАНИЯ НА АНАЛИЗ:

Далі наведено приклад опису схеми і завдання на аналіз простої схеми, наведеної на рис. 2.1.

ОПИСАНИЕ СХЕМЫ-SX1:

СИСТЕМА ЕДИНИЦ: МА, В, МКС;

МОДЕЛЬ-SX1:

ЭЛЕМЕНТЫ:

E3, 1-0 =ТАВ1(ВРЕМЯ);

R1, 1-2=5.6КОМ;

D1, 2/A-3/K=2Д212А; – числова модель діода 2Д212А без
символьних параметрів

$E1, 0-3 = 6В;$
 $C1, 2-0 = 3.6 \text{ нФ};$
 $VT1, 0/Э-2/В-4/К = 1HT251.NPN;$ - символна модель приладу $VT1$,
 де NPN - схема моделі, а $1HT251$ - список значень параметрів
 БТ $1HT251$ в БМП
 $C2, 4-0 = 3.3 \text{ нФ};$
 $E2, 5-0 = FA(1В * SIN(6.28 * 1КГц * T));$
 $R3, 5-4 = 1 \text{ КОМ};$
 ТАБЛИЦЫ:
 ТАВ1=0,0,1мкс, 8в, 30мкс, 8в, 31мкс, 0, 50 мкс, 0;
 ИЗМЕНИТЬ:
 RK.VT1=10.00м; - зміна параметра RK в моделі приладу VT1
 КОНЕЦ ОПИСАНИЯ СХЕМЫ:
 ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ:
 ДИНАМИКА(СТАТИКА):
 ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:
 UE3, UC2, IR3, P.VT1;
 U2, U(4-0), PR1;
 КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:
 Ткон = 50мкс; нмах = 0.5мкс;
 КОНЕЦ ЗАДАНИЯ НА АНАЛИЗ:

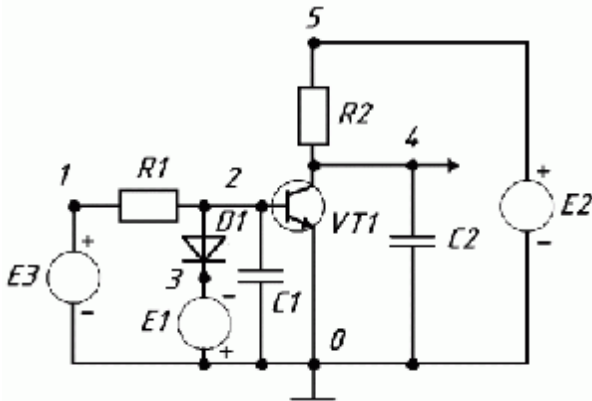


Рисунок 2.1

2.3 Правила підготовки та запуску задачі на ПЕОМ

Запуск **wMAEC.exe** з каталогу MAEC автоматично завантажує на екран основне вікно програми **MAEC Windows**, в якому виконуються всі дії

по підготовці, редагуванні задач та управлінню програмою МАЕС-П в середовищі **ОС Windows**.

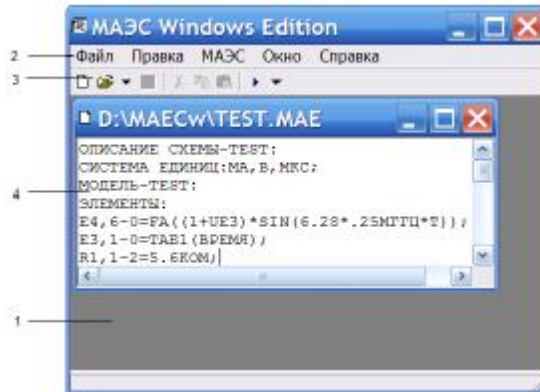


Рисунок 2.2 – Основне вікно програми

В основному вікні програми (рис. 2.2) розміщуються:

- 1 – робоче поле, в якому розташовуються вікна програми, які дозволяють створювати та редагувати як задачі МАЕС-П, так і звичайні текстові файли;
- 2 – основне меню, яке дозволяє виконувати всі дії, доступні користувачу;
- 3 – панель інструментів, на якій розміщені дії, що найбільш часто використовуються;
- 4 – робочі вікна, призначені для «створення» та редагування файлів.

Меню «ФАЙЛ»

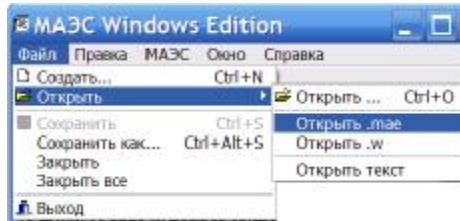


Рисунок 2.3 – Меню «Файл»

Меню **«Файл»** (рис.2.3) має команди, що часто використовуються для роботи з файлами.

Меню **«Файл»** дозволяє:

- «Создать...»** – створити нову задачу МАЕС–П;
- «Открыть»** – відкрити такі файли: задачі МАЕС–П (.mae), відлагоджувальні файли задач МАЕС–П (.w), текстові файли (.txt), файли в форматі RTF (.rtf);
- «Сохранить»** – зберегти поточний файл;
- «Сохранить как»** – зберегти поточний файл за новим іменем;
- «Закрывать»** – закрити поточний файл (вікно);
- «Закрывать все»** – закрити всі відкриті вікна;
- «Выход»** – вийти із програми.

Меню «ПРАВКА»

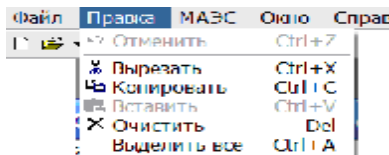


Рисунок 2.4 – Меню «Правка»

Меню **«Правка»** (рис.2.4) повторює всі дії стандартного текстового редактора і призначені для роботи з текстом

Меню «МАЭС»

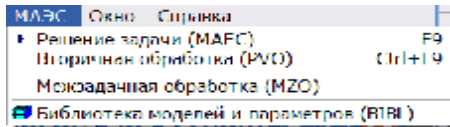


Рисунок 2.5 – Меню «МАЭС»

Меню «МАЭС» (рис.2.5) має команди для роботи в середовищі МАЕС-П:

- | | |
|---|--|
| «Решение задачи (MAEC)» | – запуск на розрахунок поточної задачі; |
| «Вторичная обработка (PVO)» | – запуск постпроцессора обробки результатів моделювання; |
| «Межзадачная обработка (MZO)» | – запуск міжзадачної обробки; |
| «Библиотека моделей и параметров (BIBL)» | – робота з бібліотекою моделей і параметрів. |

Меню «ОКНО»

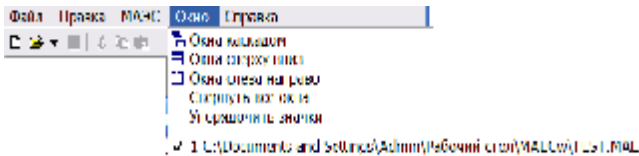


Рисунок 2.6 – Меню «Окно»

Меню «Окно» (рис.2.6) аналогічне меню більшості багатовіконних програм.

Меню «СПРАВКА»

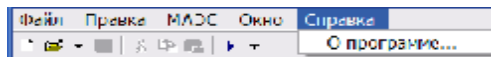


Рисунок 2.7 – Меню «Справка»

Меню «Справка» (рис.2.7) відкриває інформаційне вікно «О программе...»

Панель інструментів



Рисунок 2.8 – Панель інструментів

На панелі інструментів (рис.2.8) розміщуються функції програми, які найбільш часто використовуються:

- 1 – «Создать ...» – створити нову задачу МАЕС-П;
- 2 – «Открыть» – дозволяє відкрити такі файли: задачі МАЕС-П (.mae), відлагоджувальні файли задач МАЕС-П (.w), текстові файли (.txt), файли в форматі RTF (.rtf);
- 3 – «Сохранить» – зберегти поточний файл;
- 4 – Елементи меню «Правка» призначені для роботи з текстом;
- 5 – «Решение задачи (МАЕС)» – запуск поточної задачі виконання;
- 6 – «Вторичная обработка (PVO)» – запуск постпроцесора.

Робоче вікно

В робочому вікні (рис.2.9) можна створювати і редагувати задачі МАЕС-П (файли), які були відкриті в меню «МАЭС», з розширенням (.mae), а також текстові файли (.txt).

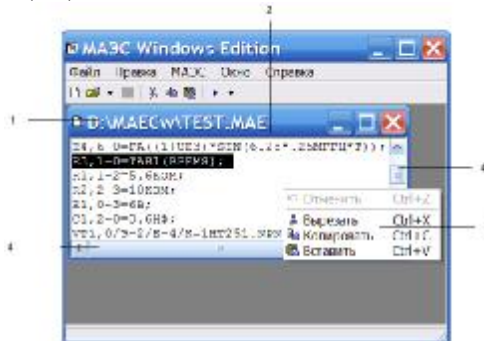


Рисунок 2.9 – Робоче вікно

Це вікно має всі можливості текстового редактора (наприклад, «Блокнот»), як то: набір тексту, його виділення, робота з буфером обміну,

відміна останньої дії. Робоче вікно має контекстне меню (доступне при натисканні правої кнопки), яке має частину функцій меню «Правка». Додатково робоче вікно дозволяє переглядати файли в форматі RTF (.rtf).

Робоче вікно має такі компоненти:

- 1 – заголовок вікна з іменем файлу, що редагується;
- 2 – область редагування, в якій можна правити текст;
- 3 – контекстне меню з основними функціями редагування;
- 4 – полоси прокрутки (горизонтальна і вертикальна), які виникають при необхідності.

2.4 Домашнє завдання та підготовка до роботи

2.4.1 Домашнє завдання. Вивчення вхідної мови МАЕС–П

Вивчити вхідну мову програми МАЕС–П.

Розібрати опис схеми та завдання на аналіз для тестової схеми test.mae, провести її моделювання та ознайомитись з його результатами. Ознайомитись з можливостями постпроцесора обробки результатів.

Завдання 1. Придбання практичних навичків у підготовці вхідних даних для моделювання електричних схем

1. Вибрати ОС – **MS DOS**, увійти в каталог МАЕС.
2. Відкрити файл **test.mae** та ознайомитись з описом схеми та завданням на аналіз для схеми **test**
3. Запустити задачу на вирішення, для чого набрати в командному рядку: **#maec.bat test**
4. В середовищі **OC Windows**: каталог МАЕС→ wMAEC→ ФАЙЛ → Открыть **test.mae** → МАЕС→Решение задачи
5. Отримати результат. Дослідити (апробувати) можливості вхідної мови програми МАЕС та постпроцесора обробки та виводу результатів моделювання.

2.5 Розрахунок та моделювання електронної схеми

Порядок виконання лабораторної роботи повторює типовий маршрут схемотехнічного проектування, який складається з таких етапів:

- розрахунок параметрів електронної схеми пристрою [3];
- аналіз схеми за постійним струмом;
- аналіз схеми в часовій області;
- аналіз схеми в частотній області;

В процесі виконання лабораторних робіт проводиться моделювання та аналіз однокаскадного транзисторного підсилювача. На рис. 2.10 зображена схема, що досліджується, а її варіанти наведені в табл. 2.1.

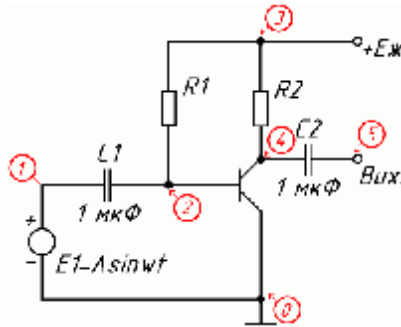


Рисунок 2.10 – Схема однокаскадного підсилювача

Таблиця 2.1 – Варіанти завдань

VT1 – 2Т203Б; $i_{k0}=1 \text{ мА}$		VT1 – КТ325Б; $i_{k0}=5 \text{ мА}$		VT1 – 2Т306А; $i_{k0}=10 \text{ мА}$	
№ вар.	Еж., В	№ вар	Еж., В	№ вар	Еж., В
1	5	11	5	21	5
2	6	12	6	22	6
3	7	13	7	23	7
4	8	14	8	24	8
5	9	15	9	25	9
6	10	16	10	26	10
7	11	17	11	27	11
8	12	18	12	28	12
9	13	19	13	29	13
10	14	20	14	30	14

2.5.1 Завдання 1. Розрахунок параметрів електронної схеми пристрою

Розрахунок опорів $R1$, $R2$ виконується так:

$$E_{ж} \geq 2U_m + U_{ке нас} ;$$

$$U_m = \frac{E_{ж} - U_{ке нас}}{2}; \quad U_{к0.} = U_m + U_{ке нас} ;$$

$$R1 = \frac{E_{ж} - U_{\text{бео}}}{I_{\text{бо}}};$$

$$R2 = \frac{E_{ж} - U_{\text{кенас}}}{2I_{\text{к0}}};$$

$$I_{\text{бо}} = \frac{I_{\text{ко}}}{b_N},$$

де $U_{\text{к0}}$, $I_{\text{к0}}$ – потенціал та струм колектора транзистора в робочій точці в режимі спокою;

$E_{ж}$ – напруга живлення;

$U_{\text{кенас}} = 0,1 - 0,2$ В – напруга між колектором та емітером транзистора в режимі насичення.

$I_{\text{б0}}$, $U_{\text{бео}} = 0,5 - 0,6$ В – базовий струм та напруга між базою та емітером транзистора в робочій точці;

U_m – амплітуда вихідного сигналу;

β_N – коефіцієнт підсилення транзистора за схемою зі спільним емітером.

2.5.2 Завдання 2. Моделювання підсилювача за постійним струмом

Завдання на роботу: Розрахувати початкові значення номіналів резисторів, визначити струми та напруги на виводах транзистора в схемі. Підбором номіналів резисторів, що визначають режим роботи транзистора, забезпечити режим, близький до типового.

Моделювання електронних схем за постійним струмом

Для визначення статичного стану схеми при подачі на схему постійних напруг і струму (аналіз за постійним струмом) служить вид аналізу СТАТИКА:. Розрахунок статики проводиться для безреактивної схеми (усі ємності автоматично замінюються маленькими провідностями, а індуктивності – маленькими опорами. Розмір параметру заміщення визначається константою моделювання EPS).

Для безреактивної схеми виходить, у загальному випадку, система нелінійних алгебраїчних рівнянь. Ця система вирішується ітераційним методом Ньютона з використанням продовження за параметром. На кожній ітерації отримана система лінійних рівнянь вирішується методом LU–перетворення. Метод продовження за параметром має на увазі зміну всіх

незалежних джерел струму і напруги від нуля до номінального значення з регульованим кроком їх зміни.

Розрахунок за постійним струмом виконується для схем, що мають стійке (відсутність генерації) і однозначне рішення. За результатами розрахунку за постійним струмом можна обчислити:

- напругу на двополюснику (UR1, UC1, UJK.VT1);
- струм двополюсника (IRH, IC2, IEVX, IJK.VT1);
- потенціал вузла (U1, U2);
- різницю потенціалів (U(1–2), U(3–1));
- потужність двополюсника (PR1, PEBX)
- та інші

Всі ці змінні, що розраховуються, задаються під директивою **ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:**.

В режимі СТАТИКА: можуть при необхідності задаватися константи моделювання. Завдання на аналіз схеми починається заголовком **ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ:**, далі вказується директива виду моделювання **СТАТИКА:** потім у будь-якому порядку записуються директиви **ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:** і (при необхідності) **КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:** із своїми константами. Закінчується завдання заголовком **КОНЕЦ ЗАДАНИЯ НА АНАЛИЗ:**. Наприклад, завдання може мати вигляд:

ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ:

СТАТИКА:

КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ : – можуть бути відсутніми

MAXITS = 50;

ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:

U4;

IR2, U2, U(2–0), PR1, P.VT1;

КОНЕЦ ЗАДАНИЯ НА АНАЛИЗ:

Порядок виконання роботи

1. Включити ЕОМ.
2. Ввійти в середовище MSDOS.
3. Ввійти в каталог МАЕС.
4. Завести новий файл з розширенням *.mae для виконання роботи.
(В середовищі **ОС Windows:** каталог МАЕС→ wМАЕС→ ФАЙЛ → Создать <новый файл з розширенням *.mae>
5. Скопіювати в нього файл **test.mae**.
6. Замінити оператори, заголовки та директиви завдання на аналіз відповідно до схеми та мети досліджень.
7. Ввести в цей файл опис заданої схеми.
8. Ввести завдання на аналіз:

ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ:

СТАТИКА:

ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:

U4;

КОНЕЦ ОПИСАНИЯ СХЕМИ:

9. Провести моделювання схеми за постійним струмом .
10. Оцінити струми та напруги на транзисторі. Спробувати покращити режим роботи за допомогою перебору параметрів резисторів.

2.5.3 Завдання 3. Моделювання підсилювача в частотній області

Завдання на роботу: Проаналізувати задану схему підсилювача в частотній області, визначити середню частоту смуги пропускання та її граничні частоти.

Розрахунок частотних характеристик

Для розрахунку амплітудно–частотних характеристик (АЧХ) і фазочастотних характеристик (ФЧХ) служать види аналізу ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ: і ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ЛОГ):.

Вид аналізу ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ: виконує розрахунок із постійним кроком по частоті, а ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ЛОГ): – із логарифмічним масштабом по частоті.

Розрахунок частотних характеристик виконується для лінійної схеми. Якщо в схемі є хоча б один нелінійний, або алгебраїчний (залежний не тільки від часу) двополюсник, то програма автоматично виконує вид аналізу СТАТИКА: і для отриманого стану схеми визначаються параметри лінеаризації нелінійних (алгебраїчних) двополюсників (це еквівалентно заміні нелінійної функції – лінійною з комплексними коефіцієнтами, що відповідають безреактивним частковим похідним і диференціальним реактивностям).

Для отриманої лінійної схеми формується система лінійних рівнянь із комплексними коефіцієнтами, у векторі правих частин якої тільки на місці вхідного джерела задаються одиниці. Ця система вирішується методом LU–перетворення для кожного значення частоти.

У відповідності із таким підходом частотні характеристики можна розраховувати тільки для схем, що працюють у режимі малого сигналу (із несуттєвими, або лінеаризованими нелінійностями).

При моделюванні в частотній області необхідно задавати розділ ВХОД:, у якому задається ім'я вхідного джерела. Наприклад: ВХОД: EVX;

У розділі КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ: обов'язково задаються константи:

FN – початкова частота розрахунку частотних характеристик;

FK – кінцева частота розрахунку частотних характеристик;

DF – крок по частоті при лінійному масштабі по частоті, або кількість точок розрахунку по частоті в одній декаді при логарифмічному масштабі (по умовчання приймається 10 точок на декаду).

Вихідними змінними у частотній області можуть бути будь-які напруги і струми, за винятком струмів нелінійних джерел струму, струмів алгебраїчних двополюсників і змінних, у котрі ці струми входять як складові. Для кожної вихідної змінної розраховуються дві величини: модуль і фаза коефіцієнта передачі, або передатний опір, або провідність. Наприклад:

ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ:

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ: – для рівномірного масштабу по осі частот, або

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ЛОГ): – для log-масштабу по осі частот;

ВХОД: EVX;

КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:

FN=1кГц, FK=100кГц, DF=5;

ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:

URN, U8;

КОНЕЦ ЗАДАНИЯ НА АНАЛИЗ:

Порядок виконання роботи

1. Ввійти в файл, який був створений раніше.
2. Замість директив аналізу на постійному струмі ввести директиви частотного аналізу. Наприклад:

ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ:

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ЛОГ):

ВХОД: E1;

КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:

FN=1Гц, FK=100 мГц, DF=10;

ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:

U5;

КОНЕЦ ЗАДАНИЯ НА АНАЛИЗ:

де F_H, F_K – начало та кінець діапазону частот, що задається користувачем;

DF – число точок розрахунку на декаду для логарифмічного масштабу.

4. Розрахувати АФЧХ заданої схеми. По АЧХ знайти середню частоту F_0 та відповідний їй коефіцієнт підсилення K_0 , а також частоти F_H і F_B , які визначають смугу пропускання підсилювача (коефіцієнт підсилення зменшується на 3 дБ від K_{max}).
5. По ФЧХ знайти значення фаз на частотах F_0, F_H, F_B .

2.5.4 Завдання 4. Моделювання підсилювача в часовій області

Завдання на роботу: проаналізувати перехідний процес в заданій схемі підсилювача при дії сигналів синусоїдальної форми, знайти лінійний діапазон зміни вхідного сигналу E_1 .

Розрахунок перехідних процесів

Для розрахунку перехідних процесів у схемі служать види аналізу ДИНАМІКА: і ДИНАМІКА (СТАТИКА):. Вид аналізу ДИНАМІКА: використовується для розрахунку перехідних процесів від заданих початкових умов, у всіх інших випадках використовують вид аналізу ДИНАМІКА(СТАТИКА):, у якому для схеми спочатку розраховується статика, а потім розраховується динаміка від початкового стану схеми, отриманого в статистиці.

При розрахунку перехідних процесів для схеми формується система нелінійних алгебро–диференціальних рівнянь, що алгебраізуються методом інтегрування із застосуванням формул диференціювання назад (ФДН) із змінним кроком і порядком (метод Брайтона). Для лінеаризації використовується метод Ньютона, а для рішення системи лінійних рівнянь – метод LU–перетворення.

Для завдання вхідних джерел, що змінюються в часі, крім алгебраїчних виразів, служать табличні джерела напруги і струму. Від завдання аналогічних залежностей через FA вони відрізняються більш широкою діагностикою некоректних описів і вони можуть не дорівнювати нулю в початковий момент часу.

При моделюванні в часовій області необхідно задавати розділ КОН-СТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:, у якому задати кінцевий час розрахунку:

$T_{KON} = \langle z_n \rangle$;

де $\langle z_n \rangle$ – значення кінцевого часу.

Розрахунок у часовій області виконується із змінним кроком, величина якого обирається програмою автоматично в залежності від швидкості перехідних процесів. Для наступного опрацювання і виводу результатів запам'ятовуються значення заданих вихідних змінних на кожному виконаному кроку.

Завдання на аналіз включає заголовок ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ: і директиву моделювання. Далі розташовуються розділи констант моделювання і вихідних змінних у будь-якому порядку. Наприклад:

ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ:

ДИНАМИКА: – для випадку коли всі джерела включаються одночасно, або

ДИНАМИКА(СТАТИКА): – з початковим розрахунком робочої точки в схемі

КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:

ТКОН=4мкс, НМАХ=100нс;

ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:

UE1, U5, P.VT1;

КОНЕЦ ЗАДАНИЯ НА АНАЛИЗ:

Порядок виконання роботи

1. Ввійти в файл каталогу МАЕС, який був створений раніше
2. Замінити директиви частотного аналізу на директиви розрахунку перехідного процесу. Наприклад:

ЗАДАНИЕ НА АНАЛИЗ:

ДИНАМИКА(СТАТИКА):

КОНСТАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:

ТКОН=100мкс, НМАХ=0.1мкс;

'ТКОН=3*Тпер, Тпер=1/F0, НМАХ=ТКОН /100 – коментар;

ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ:

UE1, U5, P.VT1, IRB.VT1;

КОНЕЦ ЗАДАНИЯ НА АНАЛИЗ:

де присутність ТКОН обов'язкова, а НМАХ – обмеження на крок інтегрування для збільшення кількості розрахункових точок перехідного процесу для більш точної побудови графіків.

3. В опису схеми задати джерело напруги (струму), як сигнал синусоїдальної форми в вигляді арифметичної функції.

Наприклад:

ЭЛЕМЕНТЫ:

$E1, 1-\theta=FA(1.2MB * \sin(6.28 * F\theta * T));$

де

1.2MB – амплітуда вхідного сигналу;

6.28* F θ – кругова частота сигналу, що задається користувачем;

T – час – аргумент арифметичної функції .

4. Задайте частоту F θ , яка була розрахована раніше., та збільшуйте амплітуду вхідного сигналу до тих пір, поки не з'являться перші ознаки спотворення вихідного сигналу підсилювачем. Вона і буде визначати лінійний діапазон зміни вхідного сигналу E1.

Зміст звіту

1. Мета роботи та завдання на роботу.
2. Електрична схема підсилювача та розрахунок параметрів її компонентів.
3. Опис схеми та завдання на аналіз за постійним струмом.
4. Дані по режиму транзистора до і після оптимізації схеми.
5. Характеристики підсилювача.
6. Завдання на аналіз АФЧХ.
7. АФЧХ та розрахунки в відповідності з завданням на роботу.
8. Опис завдання на аналіз динаміки.
9. Графіки перехідних процесів до і після появи спотворень вихідного сигналу схеми та розрахунки в відповідності з порядком виконання роботи.
10. Стислі відповіді на контрольні запитання.

2.6 Контрольні питання

1. Розкажіть про багаторівневий опис схеми.
2. Що означає оператор «СИСТЕМА ЕДИНИЦ»? Яка система одиниць приймається програмою при відсутності цього оператора?
3. Чим відрізняються числові моделі від символьних?
4. Яка послідовність операторів в опису схеми?
5. Як замінити параметри моделей, нелінійних функцій, або таблиць?
6. Які види аналізу (моделювання) є в програмі МАЕС–П?
7. Якими операторами починаються та закінчуються опис схеми і завдання на аналіз?
8. Що таке модель приладу і як позначаються в директиві «ВЫХОДНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ» зміни в середині моделі?

9. Перечисліть можливості постпроцесора обробки та виводу результатів моделювання.
10. Необхідність досліджень на постійному струмі.
11. Статичні моделі біполярних і МДП транзисторів.
12. Які методи використовуються в програмах АСхП при розрахунку схем за постійним струмом?
13. Що таке математична модель схеми (ММС)?
14. Яким методом виконується в МАЕС–П розрахунок схеми за постійним струмом?
15. Необхідність досліджень в частотній області.
16. Зв'язок частотних характеристик з перехідним процесом.
17. Що таке лінеаризація математичної моделі схеми і де вона використовується?
18. Необхідність аналізу перехідного процесу?
19. Методи аналізу електронних схем в часовій області.
20. Дискретні моделі L і C .

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Советов Б.Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. Практикум. – М.: Высш. шк., 1999. – 224с.
2. Норенков И. П. Разработка САПР.– М: МГТУ 1994. – 207с.
3. Тімовський А.К., Герасименко В.П., Журавльов В.М. Застосування програми МАЕС-П для моделювання радіоелектронних пристроїв.– Запоріжжя: ЗНТУ, 2001.–106с.
4. Піза Д.М., Тімовський А.К., Лугін А.І. Моделювання радіоелектронних пристроїв.– Запоріжжя: ЗНТУ, 2003.–258с.
5. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Пристрої підсилення сигналів».– ЗДТУ, 1999
6. А.К. Тімовський, , О.О.Голдобін Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Автоматизація проектування комп'ютерних систем”.– ЗДТУ, 2009