

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Запорізька державна інженерна академія



Швець Є.Я.
Світанько М.В.
Верьовкін Л.Л.

АВТОМАТИЗАЦІЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
ЧАСТИНА 1

Методичні вказівки до виконання лабораторного практикуму
для студентів ЗДІА
напряму 6.050801 «Мікро- та наноелектроніка»

Запоріжжя

2011

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Запорізька державна інженерна академія

Швець Є.Я.
Світанько М.В.
Верьовкін Л.Л.

АВТОМАТИЗАЦІЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
ЧАСТИНА 1

Методичні вказівки до виконання лабораторного практикуму
для студентів ЗДІА
напряму 6.050801 «Мікро- та наноелектроніка»

Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри ФБМЕ,
протокол №15 від 01.04.11

Автоматизація схемотехнічного проектування. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів ЗДІА напрямку 6.050801 «Мікро- та наноелектроніка» Частина 1/ Укл.: Швець Є.Я., Світанько М.В., Верьовкін Л.Л., – Запоріжжя: 2011. – 68 с.

Методичні вказівки містять теоретичні відомості та порядок виконання завдань з проектування електронних схем за допомогою комп'ютерного пакету моделювання радіоелектронних пристроїв Electronics Workbench.

Укладачі: ***Є.Я. Швець, професор***
М.В. Світанько, доцент
Л.Л. Верьовкін, доцент

Відповідальний за випуск : ***зав. кафедри ФБМЕ,***
професор Є.Я. Швець

Зміст

	Стр.
Вступ	4
1. Програма Electronics Workbench (EWB) для моделювання схемотехніки аналогових і цифрових електронних пристроїв.....	5
1.1 Підготовка схем.....	5
1.2 Контрольно-вимірювальні прилади.....	22
1.3 Моделювання електронних схем	17
2. Лабораторні роботи	54
2.1 Лабораторна робота №1 Зняття характеристик ідеального джерела постійної ЕРС (напруги).....	54
2.2 Лабораторна робота №2 Зняття характеристик навантажень ідеального джерела струму.....	57
2.3 Лабораторна робота №3 Модель джерела обмеженої потужності. Зняття характеристик навантажень.....	59
2.4 Лабораторна робота №4 Залежні джерела напруги і струму. Зняття характеристик навантажень.....	61
2.5 Лабораторна робота №5 Індуктивність.....	63
2.6 Лабораторна робота №6 Ємність.....	67

ВСТУП

Згідно до вимог робочої програми „Автоматизація схемотехнічного проектування” студенти напряму 6.050801 «Мікро та наноелектроніка» після вивчення дисципліни **повинні вміти** спланувати заходи по організації основних етапів проектування електронних схем та експериментів по дослідженню їх основних параметрів, **здобути навички** у використанні сучасних автоматизованих комплексів по проектуванню, аналізу на функціонування та виготовленні технічної документації схем пристроїв електронної техніки.

З цією метою студентам пропонуються до виконання лабораторні роботи в аудиторіях кафедри ФБМЕ.

Завдання до лабораторного практикуму студенти виконують згідно з варіантами, які визначаються відповідно до номеру в академічному журналі обліку успішності і відвідування занять студентами групи.

Студент допускається до виконання чергової роботи практикуму після підтвердження наявності необхідних знань теоретичного матеріалу і послідовності виконання роботи.

Для заліку виконаної лабораторної роботи студент повинен надати викладачу і захистити індивідуальний звіт з виконання роботи, обґрунтувавши отримані результати.

Згідно з кредитно-модульною системою організації навчального процесу в робочій програмі приведено розподіл максимальних балів рейтингу.

Звіти до лабораторного практикуму виконуються згідно із загальними правилами оформлення науково-технічних звітів і відповідно до вимог Держстандарту і міжнародної системи одиниць СІ. Для написання звітів використовуються аркуші паперу формату А4, графіки розміщують на міліметровому або спеціально розлінованому папері. Зараховані роботи зберігаються на кафедрі протягом навчального року.

Критерії оцінювання виконаних лабораторних робіт: згідно з Положеннями про кредитно-модульну систему лабораторна робота вважається такою, що складена, за умови її виконання, написання відповідного звіту та його захисту.

1. Програма Electronics Workbench (EWB) для моделювання схемотехніки аналогових і цифрових електронних пристроїв

1.1 Підготовка схем

Головне робоче вікно EWB представлено на Рис. 1.

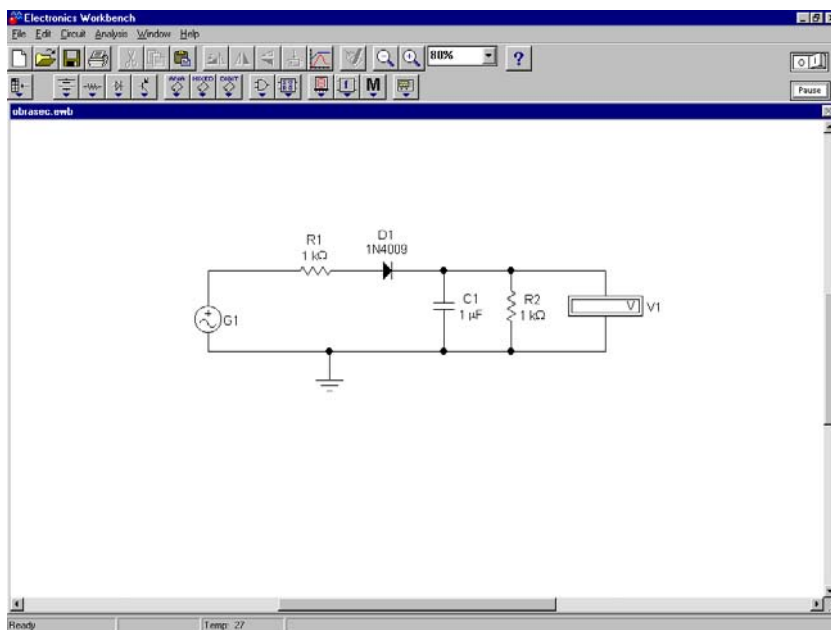


Рисунок 1 - Головне вікно EWB

Створення схем починається з розміщення на робочому столі компонентів з бібліотек програми. Перш ніж створювати креслення принципової схеми засобами програми EWB, доцільно на аркуші паперу підготувати її ескіз із зразковим розташуванням компонентів.

Тринадцять розділів бібліотек можуть бути викликані по черзі за допомогою кнопок:



Рисунок 2 - Кнопки виклику бібліотек елементів

Для цього необхідно підвести курсор до відповідної кнопки і клацнути лівою клавішею миші. При цьому з'являється вікно, в якому змальовані умовні позначення певної групи електронних компонентів і пристроїв. Нижче приведено

меню (Рис. 3) для вибору компонентів при натисненні третьої клавіші (група діодів):



Рисунок 3 - Меню групи діодів

Призначення клавіш (зліва направо):

- 1) група Sources – джерела сигналів;
- 2) група Basic – пасивні компоненти і комутаційні пристрої;
- 3) група Diodes – діоди;
- 4) група Transistors – транзистори;
- 5) група Analog ICs – аналогові мікросхеми;
- 6) група Mixed Ics – мікросхеми змішаного типу;
- 7) група Digital Ics – цифрові мікросхеми;
- 8) група Logic Gates – логічні цифрові мікросхеми;
- 9) група Digital – цифрові мікросхеми;
- 10) група Indicators – індикаторні пристрої;
- 11) група Controls – аналогові обчислювальні пристрої;
- 12) група Miscellaneous – компоненти змішаного типу;
- 13) група Instruments – контрольно-вимірювальна апаратура.

Як приклад розглянемо етапи створення схеми, приведеної на Рис. 1.

Для цього відкриємо меню відповідних груп необхідних компонентів, а саме: групи Sources – джерела сигналів (1 кнопка), групи Basic – пасивні компоненти і комутаційні пристрої (кнопка 2), групи Diodes – діоди (кнопка 3) і групи Indicators – індикаторні пристрої (кнопка 10).

Необхідний для створення схеми значок (символ) компонента переноситься з меню на робоче поле рухом миші при лівій натиснутій кнопці, після чого кнопка відпускається. При цьому символ фіксується на робочому полі. Після вибору необхідних компонентів меню можна закрити (Рис.4).

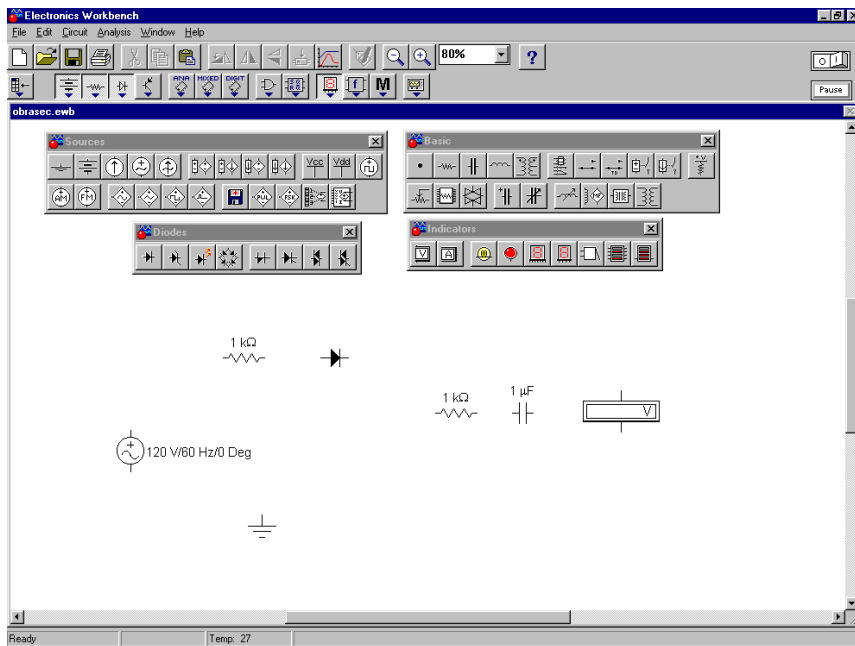


Рисунок 4 - Перший етап створення схеми

При розміщенні компонентів схеми на робочому полі програми EWB можна скористатися динамічним меню. Для цього необхідно клацнути лівою клавiшею миші на вільному полі. При цьому на екрані з'явиться меню, показане на Рис. 5.

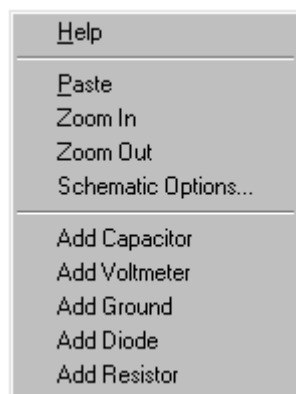
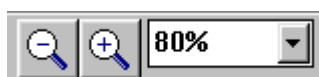


Рисунок 5 - Динамічне меню

У цьому меню є наступні опції:

- Paste – вставка вмісту буфера обміну на робоче поле;
- Zoom In, Zoom Out – збільшення або зменшення зображення. Ці опції продубльовані в меню Circuit і кнопками у верхньому ряду панелі інструментів



– Add [назва компоненти] – додавання на робоче поле вказаних компонентів. Кількість таких команд в списку меню визначається кількістю типів компонентів, що є на робочому полі. При виборі, наприклад, команди Add Capacitor на робочому полі з'являється копія конденсатора, вже присутнього на полі.

Вибір опції Schematic Option наводить до появи вікна Schematic Option:



Рисунок 6 - Закладка Grid Меню Schematic Option (завдання елементів оформлення схем)

За допомогою цього вікна вибираються елементи оформлення для всієї схеми.

На закладці Grid вікна Schematic Option:

– Show grid – показувати сітку для зручності малювання схеми (за умовчанням ця опція вимкнена, останні включені); опція активна лише при включеній опції Use grid – використовувати сітку.

На закладці Show/Hide (Рис. 7):

– Show labels – показувати позиційні позначення компонентів, наприклад, C1, C2 для конденсаторів;

– Show models – показувати імена моделей компонентів, наприклад, типів транзисторів (КТ605 і т. п.);

- Show values – показувати номінали компонентів, наприклад, опору резисторів;
- Show nodes – показувати номери вузлових точок схеми, як показано на Рис. 8 (використовуване надалі при виконанні команд меню Analysis);



Рисунок 7 - Закладка Show/Hide меню Schematic Option

- Show Reference ID – показувати позиційне позначення компонента (використовуване надалі при виконанні команд меню Analysis);
- Autohide part bins – за умовчанням не показувати склад бібліотеки компонентів, що використовуються в даній схемі;
- Keep parts bin positions – зберігати положення використовуваної бібліотеки компонентів на екрані при оформленні схеми; зазвичай вибір нової бібліотеки компонентів наводить до виключення попереднього; для збереження на екрані відразу декількох бібліотек їх необхідно рознести по екрану, при цьому їх положення при виборі нової бібліотеки залишаться незмінним.

При виборі закладки Fonts (Рис. 9) можна встановити тип (Font name) і розмір (Font size) шрифту окремо для позначення компонента (кнопка Set label font) і номінального значення його параметра (кнопка Set value font).

Закладка Wiring приведена на Рис. 10 і призначена для визначення режиму прокладки на схемі провідників.

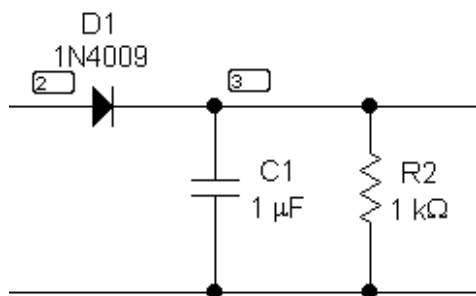
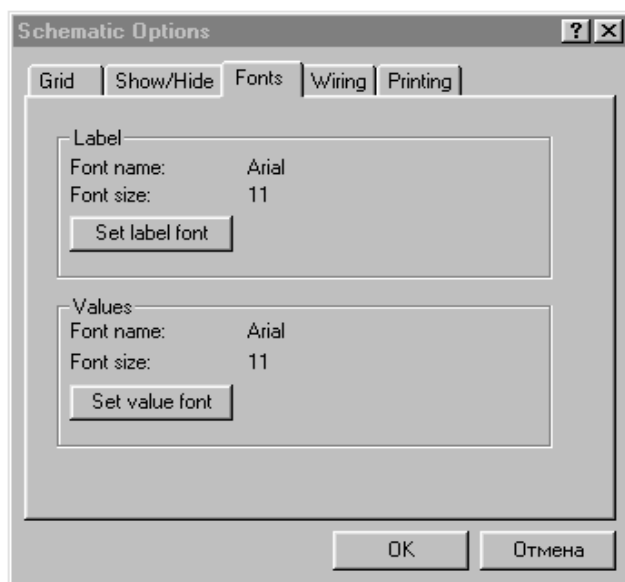


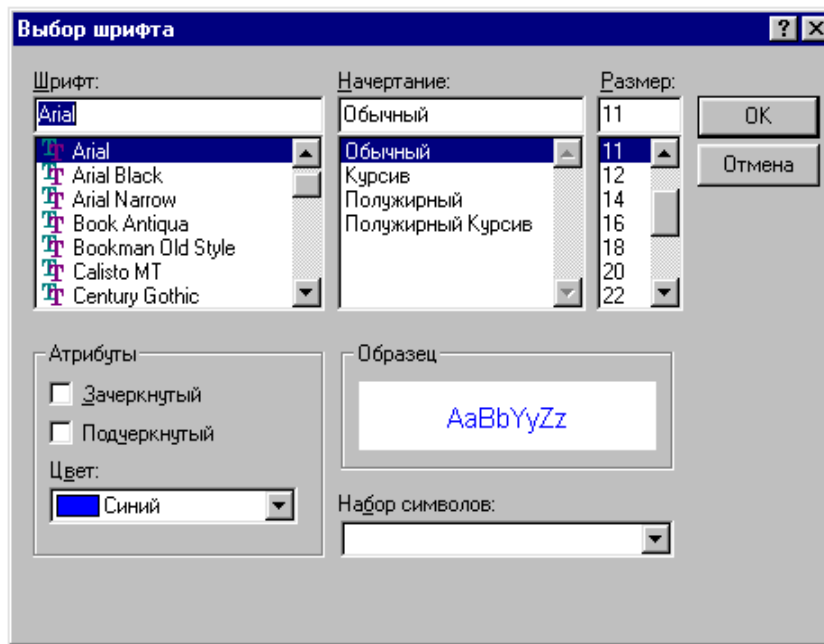
Рисунок 8 - Фрагмент принципової схеми з позначеними вузловими точками 2 і 3

На закладці Wiring:

- manual-route wires – ручна прокладка провідників (можна провести провідник по будь-якій бажаній траєкторії);
- auto-route wires – автоматична прокладка провідників (вказується початкова точка і лінія курсором тягнеться до бажаної точки з'єднання);
- drag to connect – автоматична поява точки з'єднання при пересіченні двох провідників під час їх прокладки;



a)



б)

Рисункок 9 - Закладка Fonts (а) і вікно вибору шрифту (б)

- Rewiring options – команди, пов'язані з видаленням провідників;
- Auto-delete connectors – автоматичне видалення неживаних з'єднань, наприклад, дублюючих один одного.

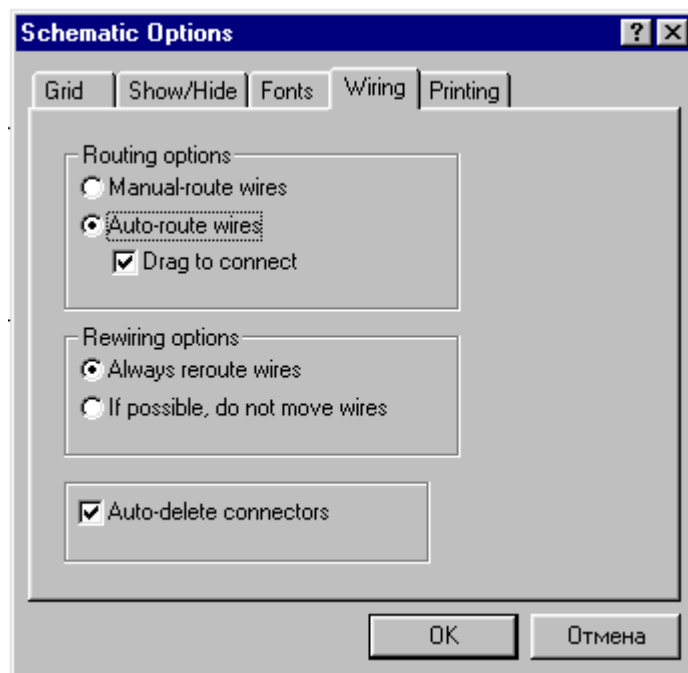


Рисунок 10 - Закладка Wiring для визначення режиму прокладки на схемі провідників

Закладка Printing використовується для завдання масштабу схеми (Рис. 11), що виводиться на друк. Тут же можна задати показ розбиття на сторінки схеми, що виводиться і її опис.

Опція Schematic Option продубльована рядком в меню Circuit.

Для завдання параметрів і форми представлення кожного компонента схеми використовуються наступні прийоми.

Якщо по зображенню елементу клацнути лівою клавiшею миші, на екрані з'явиться меню (Рис. 12), за допомогою якого можна провести ряд операцій:

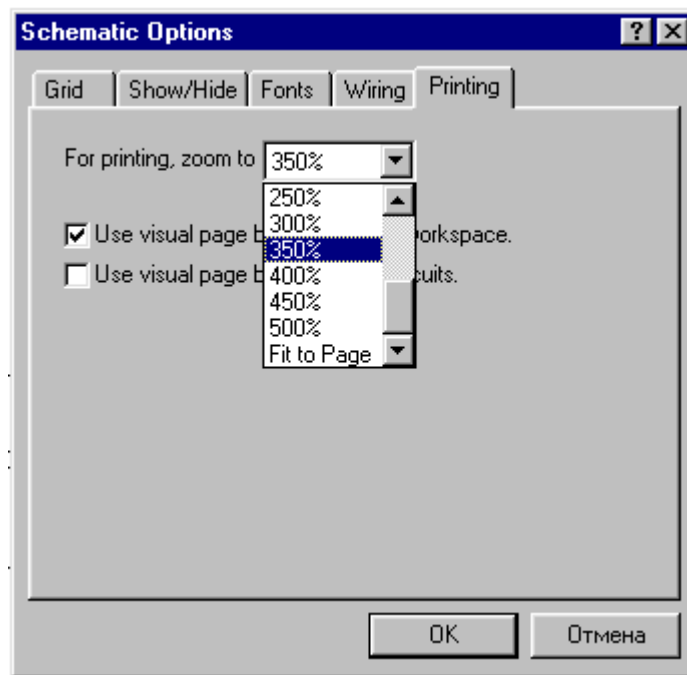


Рисунок 11 - Закладка Printing для завдання масштабу що виводиться на друк схеми

– Cut – вирізування вказаної частини схеми із збереженням її в буфері обміну. Виділення одного компонента виконується клацанням миші на зображенні компонента. Для виділення частини схеми, або декількох компонентів, необхідно поставити курсор миші в лівий кут уявного прямокутника, що охоплює частину, що виділяється, натискувати ліву кнопку миші і, не відпускаючи її, протягнути курсор по діагоналі цього прямокутника, контури якого з'являються вже на початку руху миші, і потім відпустити кнопку. Виділені компоненти забарвлюються в червоний колір;

– Copy – копіювання виділеної частини схеми в буфер обміну;

– Delete – стирання елементу або виділеної частини схеми;

– Rotate – обертання виділеного компонента; більшість компонентів обертаються проти годинникової стрілки на 90° при кожному виконанні команди, для вимірювальних приладів (амперметр, вольтметр та ін.) змінюються місцями клеми підключення;

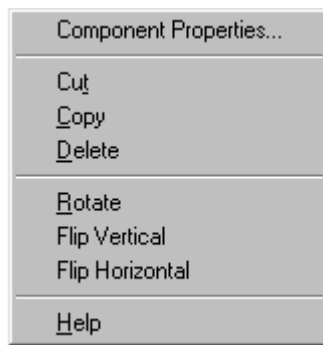


Рисунок 12 - Меню роботи з вибраним компонентом схеми

- Flip Vertical – дзеркальне відображення компонента по вертикалі;
- Flip Horizontal – дзеркальне відображення компонента по горизонталі.

Три останні команди дублюються кнопками у верхньому ряду панелі інструментів головного вікна, а також в меню Circuit.



Використовуючи команду Rotate, можна обернути у вертикальне положення резистор і конденсатор для здобуття бажаної схеми (Рис. 1).

Component Properties – властивості компонента. Ця команда виконується також після подвійного клацання лівою клавішею миші по компоненті або натиснення кнопки у верхньому ряду панелі інструментів.



Команда продубльована і в меню Circuit.

При виконанні команди відкривається діалогове вікно з декількома вкладками, призначене для завдання параметрів компонентів. Вкладки декілька розрізняються для різних компонентів.

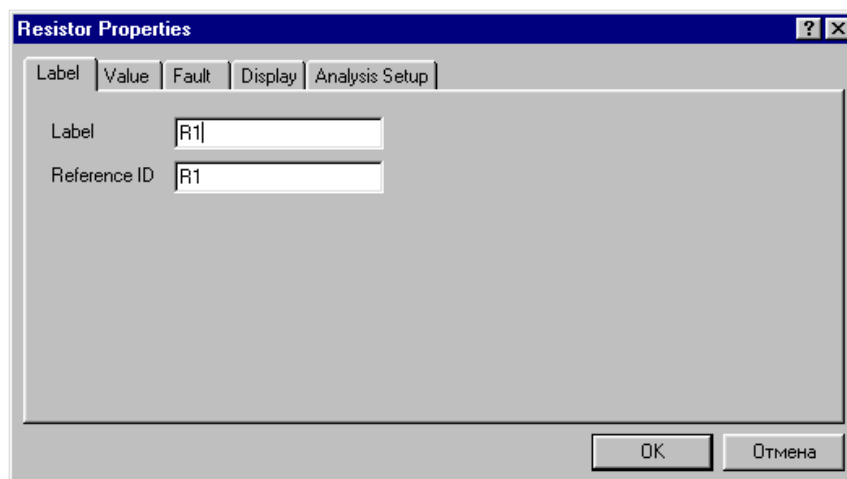


Рисунок 13а - Закладка Label (мітка) діалогового вікна
завдання параметрів резисторів

У верхньому полі Label задається умовне позначення компонента, яке буде присутнє на схемі. У полі Reference ID вказується позиційне позначення компонента, використовуване надалі при виконанні команд меню Analysis.

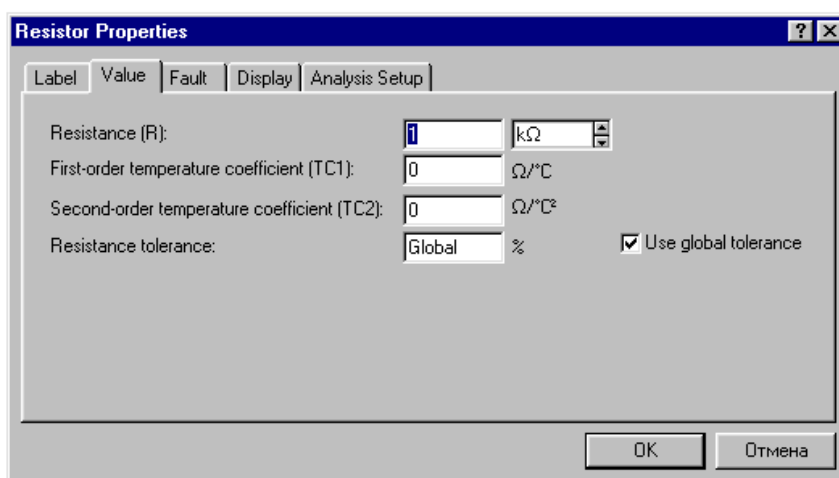


Рисунок 13б - Закладка Value (величина) діалогового вікна
завдання параметрів резисторів

При виборі закладки Value (Рис. 13б) задаються номінальний опір компонента (резистора), значення лінійного (TC1) і квадратичного (TC2) температурних коефіцієнтів опору. Із врахуванням цих параметрів дійсне значення резистора R_t визначатиметься виразом:

$$R_t = R_0 \cdot [1 + TC1 \cdot (T - T_n) + TC2 \cdot (T - T_n)^2],$$

де R_0 – номінальний опір резистора; $T_n = 27^\circ\text{C}$ – номінальна температура;
 T – поточне значення температури резистора.

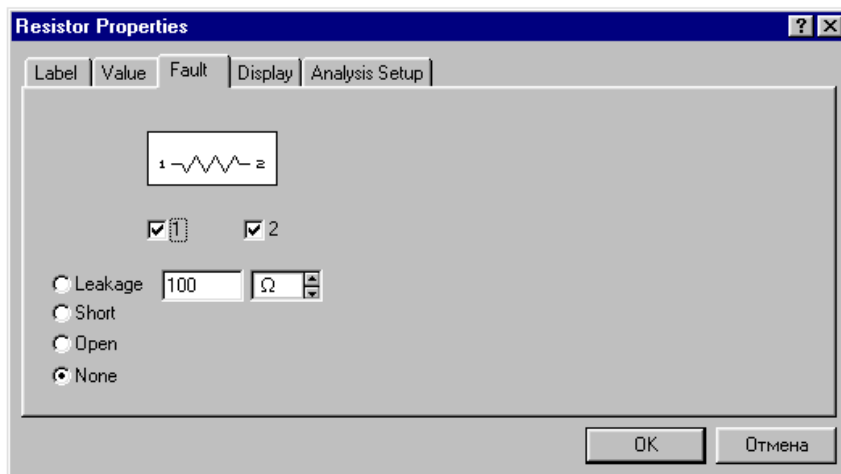


Рисунок 13в - Закладка Fault (несправність) завдання параметрів резисторів

При виборі закладки Fault (Рис. 13в) наводяться умови моделювання і набір можливих несправностей. Наприклад, якщо потрібно імітувати порушення контакту виведення 1 резистора, то в цьому випадку включаються опції 1 і Open (відкрито — обрив). Інші опції означають:

- Leakage – витік (у сусідньому полі можна задати опір витоку);
- Short – коротке замикання;
- None – несправності відсутні.

При виборі закладки Display (Рис. 13г) задається характер виводу на екран позначень компонента. При виборі опції Use Schematic Options global setting використовуються установки, прийняті для всієї схеми (опис опції Schematic Option приведений вище), інакше використовується індивідуальне налаштування виводу на екран умовного позначення (Show labels), номінального значення (Show values) і позиційного позначення (Show reference ID) для кожного компонента.

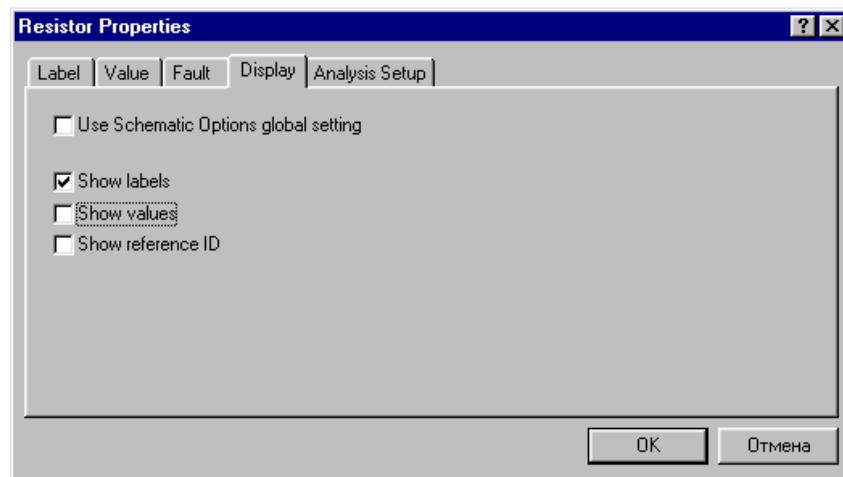


Рисунок 13г - Закладка Display (показ) завдання параметрів резисторів

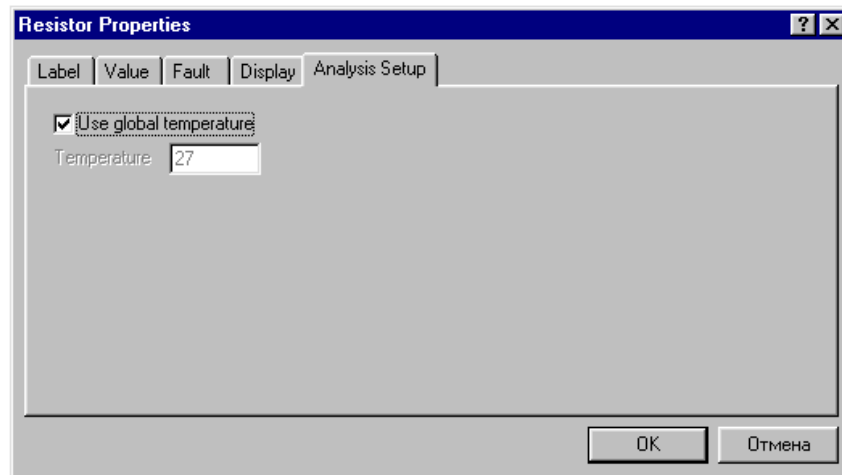


Рисунок 13д - Закладка Analysis Setup (налаштування для аналізу) завдання параметрів резисторів

При виборі закладки Analysis Setup (Рис. 13д) встановлюється температура для кожного компонента індивідуально або використовується її номінальне значення, прийняте для всієї схеми (Use global temperature).

Для активних компонентів з'являється ще одна закладка – Models (Рис. 13е), за допомогою якої вибирається бібліотека компонентів (Library), конкретний тип компонента (Model). За бажання параметри вибраного компонента можуть бути змінені (у режимі Edit), компонент може бути перейменований (Rename). У режимі New Library може бути створена нова бібліотека компонентів.

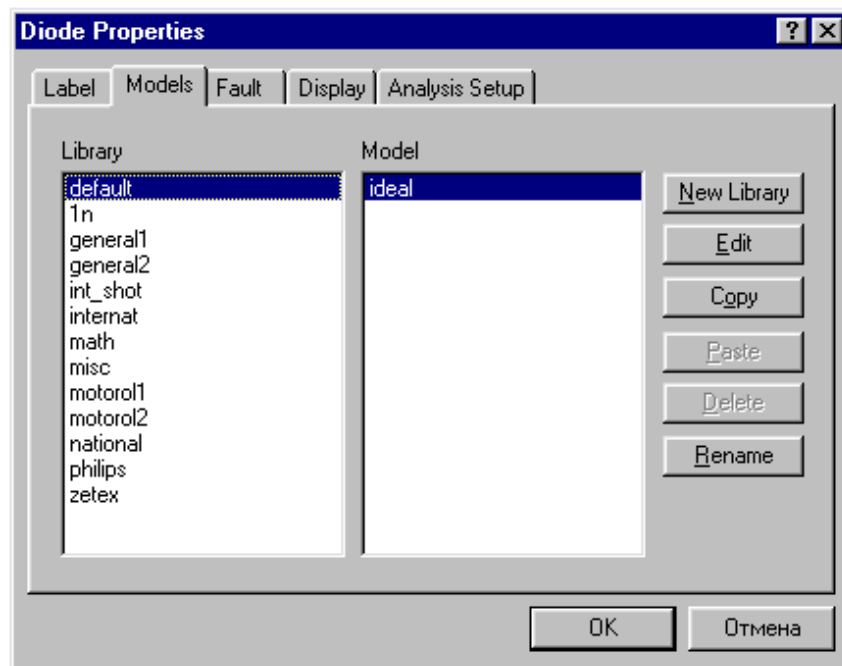


Рисунок 13е - Закладка Models (вибір моделі) завдання параметрів активних компонентів

За допомогою описаних операцій можна задати бажані значення параметрів і позначення всіх компонентів, використовуваних для створення схеми. В результаті на екрані отримаємо зображення всіх використовуваних для створення схеми компонентів з бажаними позначеннями (із заданим типом шрифту, розмірами і кольором) і параметрами (Рис. 14).

Після розміщення і завдання параметрів компонентів формується з'єднання їх виводів провідниками.

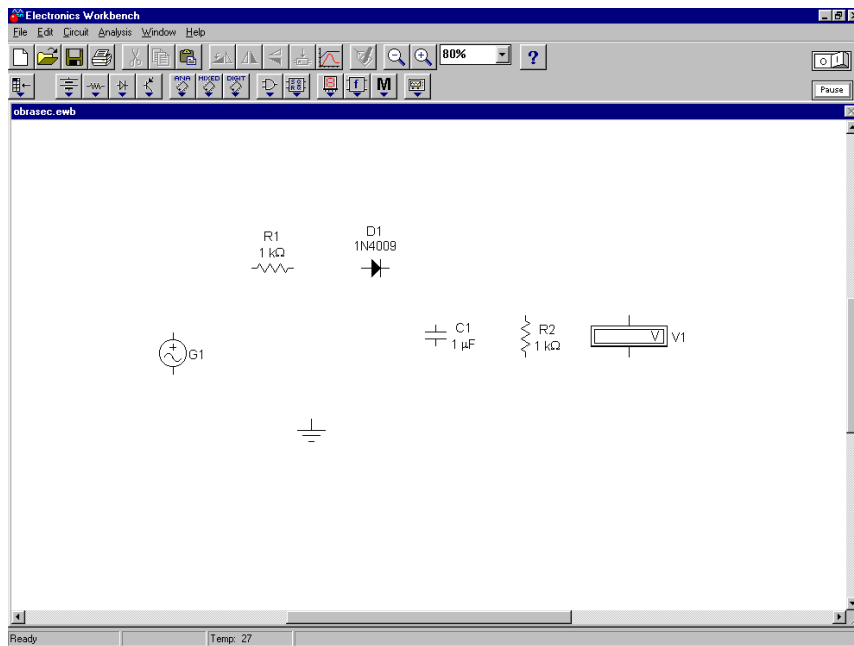


Рисунок 14 - Другий етап створення схеми

При цьому необхідно враховувати, що до виведення компонента можна підключити лише один провідник. Для виконання підключення курсор миші підводиться до виведення компонента і після появи великої крапки натискається ліва кнопка. Провідник, що з'являється при цьому, протягується до виведення іншого компонента до появи на ній такої ж великої крапки, після чого кнопка миші відпускається і з'єднання готове. При необхідності підключення до цих виводів інших провідників в бібліотеці Basic вибирається крапка (символ з'єднання) і переноситься на раніше встановлений провідник. Аби крапка почорніла (спочатку вона має червоний колір), необхідно клацнути мишею по вільному місцю робочого поля. Якщо ця крапка дійсно має електричне з'єднання з провідником, то вона повністю забарвлюється чорним кольором. Якщо на ній видно слід від пересікаючого провідника, то електричного з'єднання немає і крапку необхідно встановити заново. Після вдалої установки до точки з'єднання можна підключити ще два провідники. Якщо з'єднання потрібно розірвати, курсор підводиться до одного з виводів компонентів або точки з'єднання і при появі великої крапки натискається ліва кнопка, провідник відводиться на вільне місце робочого поля, після чого кнопка відпускається. Якщо необхідно підключити вивід до провідника, що є на схемі, то провідник від виведення компонента

курсором підводиться до вказаного провідника і після появи точки з'єднання кнопка миші відпускається. Слід зазначити, що прокладка сполучних провідників виробляється автоматично, причому перешкоди – компоненти і інші провідники – огинаються по ортогональних напрямках (по горизонталі або вертикалі), або вручну (вибір способу описаний вище – Рис. 10, закладка Wiring для визначення режиму прокладки на схемі провідників).

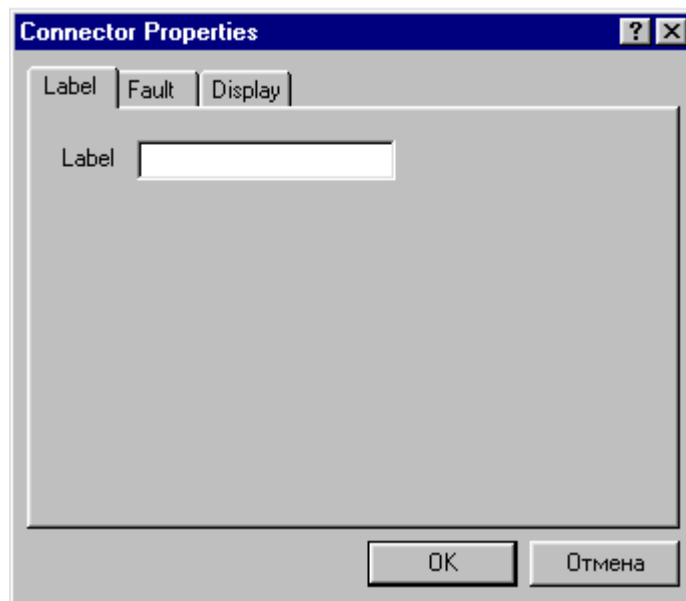
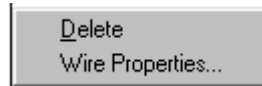


Рисунок 15 - Вікно для завдання позначення і властивостей точки з'єднання

Точка з'єднання може бути використана не лише для підключення провідників, але і для введення написів (наприклад, вказівки величини струму в провіднику, його функціонального призначення і т. п.). Для цього необхідно двічі клацнути по крапці і у вікні (Рис. 15), що розкрилося, ввести необхідний запис (не більше 14 символів), причому запис можна зміщувати управо шляхом введення зліва потрібної кількості пропусків. Ця властивість може бути використана і у тому випадку, коли позиційне позначення компонента (наприклад, C1, R10) накладається на провідник, що знаходиться поруч або інші елементи схеми.

Якщо необхідно перемістити окремий сегмент провідника, то до нього підводиться курсор, натискається ліва кнопка і після появи у вертикальній або горизонтальній площині подвійного курсора виробляються потрібні переміщення.

Подвійним клацанням лівою клавiшею миші по провіднику (або одиночним клацанням правої клавiші через меню)



можна викликати вікно Wire Properties (Рис. 16) для редагування вигляду провідників.

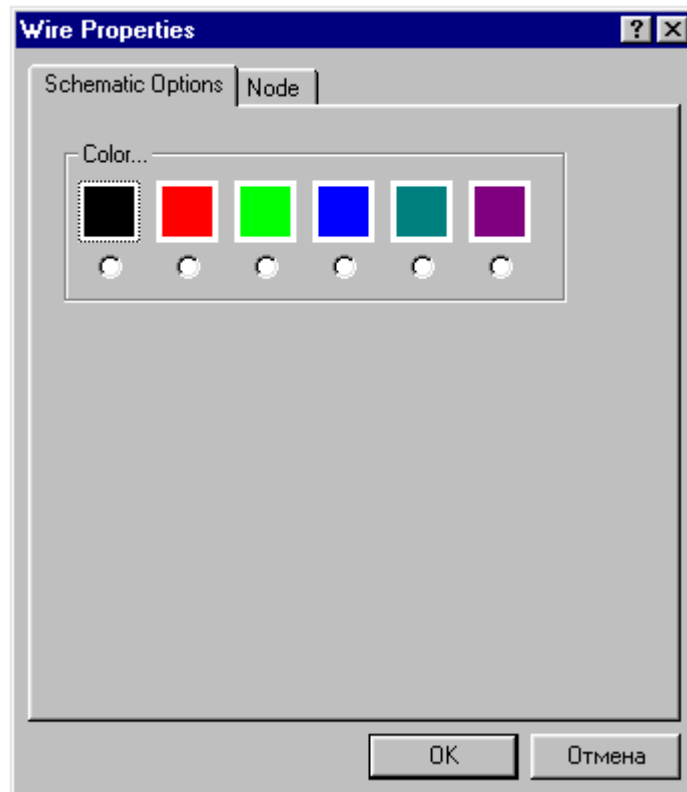


Рисунок 16 - Вікно редагування вигляду провідників і параметрів вузлових точок

Перша закладка дозволяє вибрати колір провідників, друга призначена для редагування параметрів вузлових точок схеми.

Кольоровими провідниками доцільно проводити з'єднання з приладами (осцилографом, логічним аналізатором і т. п.), оскільки колір провідників визначає колір відповідної осцилограми. Кольорові провідники доцільні не лише для позначення провідників однакового функціонального призначення, але і для провідників, що знаходяться в різних частинах схеми (наприклад, провідники шини даних до і після буферного елемента).

Використовуючи описану методику, необхідно з'єднати всі компоненти, представлені на Рис. 14. В результаті отримаємо готову схему (Рис. 1).

1.2 Контрольно-вимірювальні прилади

Прості вимірювальні прилади (вольтметр і амперметр) знаходяться в групі Indicators – індикаторні пристрої. При натисненні кнопки



з'являється меню Indicators (Рис. 17), дві перші кнопки якого дозволяють отримати на робочому полі вольтметр і амперметр відповідно.



Рисунок 17 - Меню вибору елементів індикації

Число приладів, які можуть бути поміщені на робоче поле, практично не обмежене. Якщо по зображенню елемента клацнути правою клавiшею миші, на екрані з'явиться меню (Рис. 12), за допомогою якого можна провести ряд операцій, описаних в розділі «Підготовка схем». Команда Component Properties (властивості компонента) виконується також після подвійного клацання лівою клавiшею миші по компоненті або натиснення кнопки у верхньому ряду панелі інструментів:



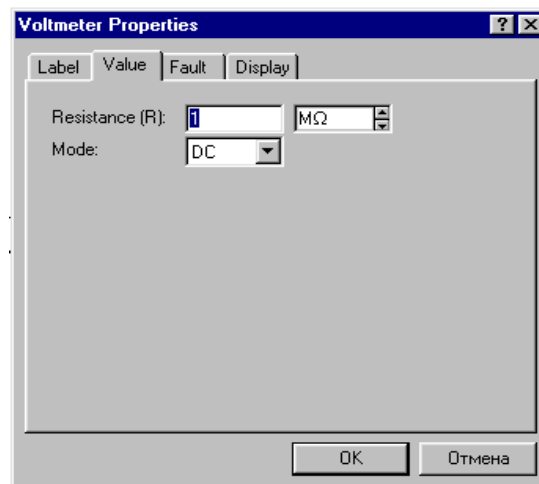
Команда продубльована і в меню Circuit.

При виконанні команди відкривається діалогове вікно з декількома закладками, призначене для завдання параметрів компонентів (Рис. 18а для вольтметра і Рис. 18б для амперметра). На цих закладках в рядку Resistance необхідно встановити внутрішній опір вольтметра (повинен бути великим) і

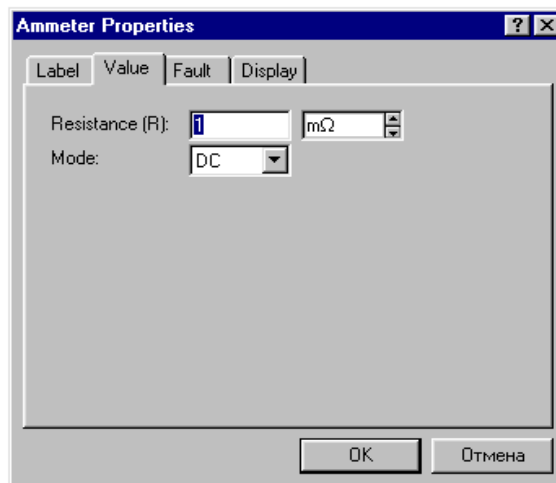
амперметра (має бути малим). У рядку Mode вибирається тип вимірюваної напруги (струму):

- DC – постійна напруга (струм);
- AC – змінна напруга (струм).

Останні налаштування приладів розглянуті в попередньому розділі (Рис. 13).



а)



б)

Рисунок 18 - Вікно для налаштування вольтметра (а) і амперметра (б)

Складніші контрольно-вимірювальні прилади знаходяться в групі Instruments – контрольно-вимірювальна апаратура. При натисненні кнопки



з'являється меню Instruments (Рис. 19), кнопки якого дозволяють отримати на робочому полі мультиметр, генератор сигналів, осцилограф, вимірник амплітудно-частотних і фазо-частотних характеристик (плоттер), генератор двійкових слів (кодовий генератор), 8-канальний логічний аналізатор і логічний перетворювач відповідно. Одночасно на робочому полі може бути присутнім лише по одному приладу кожного виду.

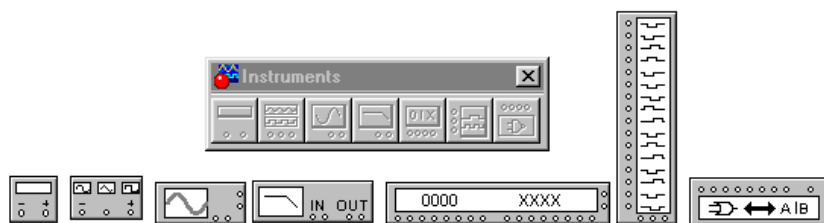


Рисунок 19 - Меню вибору контрольно-вимірювальної апаратури і її позначення на робочому полі

При побудові схем ікона приладу курсором переноситься на робоче поле і підключається провідниками до досліджуваної схеми. Для приведення приладу в робочий (розгорнуте) стан необхідно двічі клацнути курсором по його іконі. З'являється зображення передньої панелі приладу (на Рис. 20 – передня панель мультиметра).



Рисунок 20 - Передня панель мультиметра

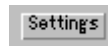
Мультиметр. На передній панелі мультиметра (Рис. 20) розташований дисплей для відображення результатів виміру, клеми («-» і «+») для підключення до схеми і кнопки управління:



– вибір режиму виміру струму, напруги, опору і ослаблення (загасання);



– вибір режиму виміру змінного або постійного струму;



– режим установки параметрів мультиметра.

Після натиснення на цю кнопку відкривається діалогове вікно (Рис. 21), на якому позначено:

- Ammeter resistance – внутрішній опір амперметра;
- Voltmeter resistance – вхідний опір вольтметра;
- Ohmmeter current – діапазон вимірюваного струму;
- Decibel standard – установка еталонної напруги V1 при вимірі ослаблення або посилення в децибелах (за умовчанням V1=1 В). При цьому для коефіцієнта передачі використовується формула:

$Do[дБ] = 20 \log(V2/V1)$, де V2 — напруга в контрольованій точці.

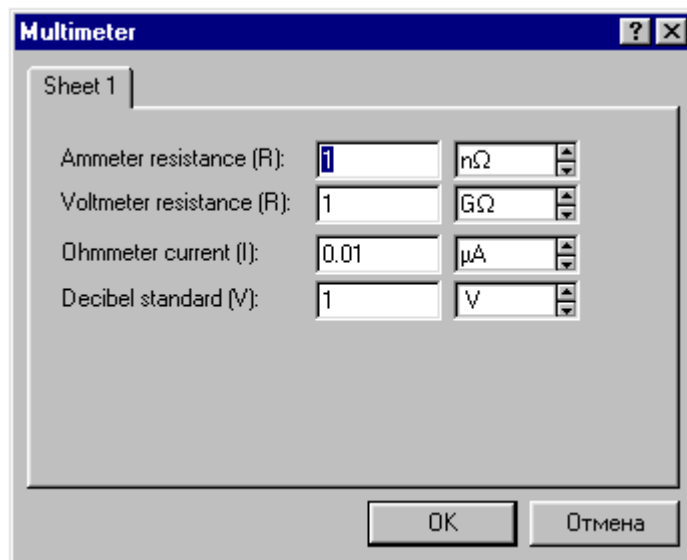
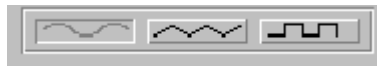


Рисунок 21 - Вікно налаштування параметрів мультиметра

Генератор. Передня панель генератора показана на Рис. 22. Управління генератором здійснюється наступними органами управління:



- вибір форми вихідного сигналу (синусоїдальної, трикутної або прямокутної форми);
- frequency – установка частоти вихідного сигналу;
- duty cycle – установка коефіцієнта заповнення в %. Для імпульсних сигналів це відношення тривалості імпульсу до періоду повторення, для трикутних сигналів – співвідношення між тривалістю переднього і заднього фронту;
- amplitude – установка амплітуди вихідного сигналу;
- offset – установка зсуву (постійною складовою) вихідного сигналу;



- вихідні затискачі. При заземленні клеми COM (загальний) на клеммах «-» і «+» отримуємо парафазний сигнал.

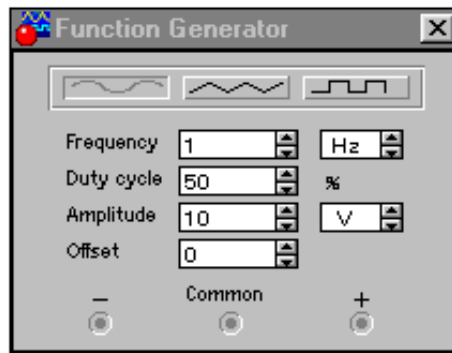


Рисунок 22 - Передня панель генератора

Осцилограф. Передня панель осцилографа показана на Рис. 23.

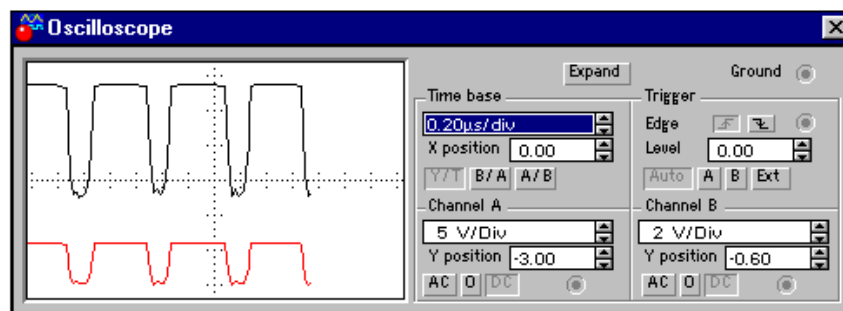


Рисунок 23 - Передня панель осцилографа

Осцилограф має два канали Channel A і B з роздільним регулюванням чутливості в діапазоні від 10 мкВ/под (mV/Div) до 5 кВ/под (kV/Div) і регулюванням зсуву по вертикалі (Y POS) .

Вибір режиму по входу здійснюється натисненням кнопок



Режим AC призначений для спостереження лише сигналів змінного струму (його ще називають режимом "закритого входу", оскільки в цьому режимі на вхід підсилювача включається розділовий конденсатор, який не пропускає постійну складову). У режимі 0 вхідний затискач замикається на землю. У режимі DC (включений за умовчанням) можна проводити осцилографічні виміри як постійного, так і змінного струму. Цей режим ще називають режимом "відкритого входу", оскільки вхідний сигнал поступає на вхід вертикального підсилювача безпосередньо. З правого боку від кнопки DC розташований вхідний затискач.

Режими розгортки:

- режим Y/T (звичайний режим, включений за умовчанням) – по вертикалі відображається напруга сигналу, по горизонталі – час;
- режим B/A – по вертикалі відображається сигнал каналу B, по горизонталі – сигнал каналу A;
- режим A/B – по вертикалі відображається сигнал каналу A, по горизонталі – сигнал каналу B;

У режимі розгортки Y/T тривалість розгортки (TIME BASE) може бути задана в діапазоні від 0,1 нс/под (ns/div) до 1 с/под (s/div) з можливістю установки зсуву в тих же одиницях по горизонталі, тобто по осі X (X POS). У режимі Y/T передбачений режим (TRIGGER), що також чекає, із запуском розгортки (EDGE) по передньому або задньому фронту запускаючого сигналу – вибирається натисненням кнопок



при регульованому рівні (LEVEL) запуску, а також в режимі AUTO (від каналу A або B), від каналу A, від каналу B або від зовнішнього джерела (EXT), що підключається до затискачів в блоці управління TRIGGER. Названі режими запуску розгортки вибираються кнопками



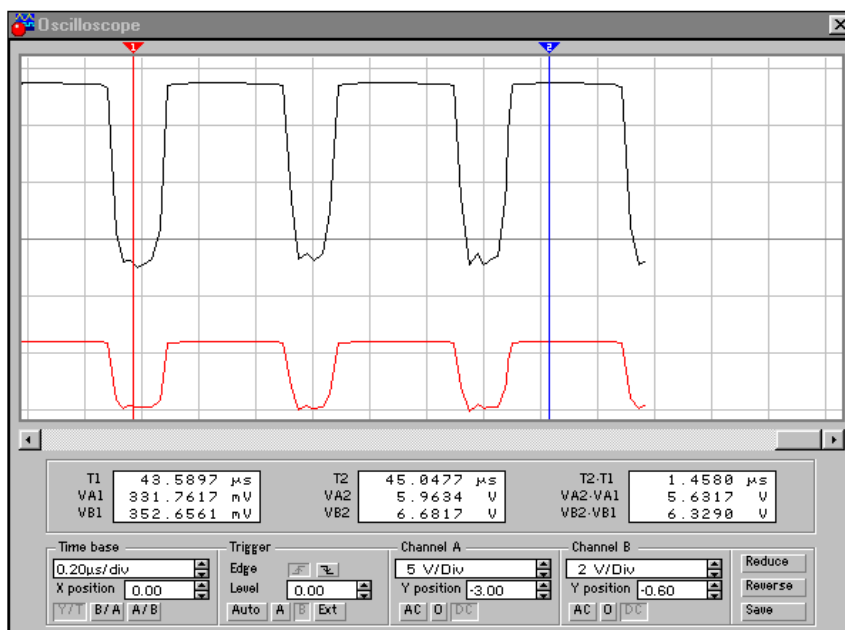


Рисунок 24 - Розгорнута передня панель осцилографа

Заземлення осцилографа здійснюється за допомогою клеми GROUND в правому верхньому кутку приладу. При натисненні на кнопку Expand передня панель осцилографа істотно змінюється (див. Рис. 24) – збільшується розмір екрану, з'являється можливість прокрутки зображення по горизонталі і його сканування за допомогою вертикальних візирних ліній (синього і червоного кольору), які за трикутні вушка (вони позначені також цифрами 1 і 2) можуть бути встановлені курсором в будь-яке місце екрану. При цьому в індикаторних віконцях під екраном з'являються результати виміру напруги, тимчасових інтервалів і їх приростів (між візирними лініями). Зображення можна інвертувати натисненням кнопки REVERSE і записати дані у файл натисненням кнопки SAVE. Повернення до вихідного стану осцилографа відбувається при натисненні кнопки REDUCE.

Вимірник АЧХ і ФЧХ. Передня панель вимірника АЧХ-ФЧХ показана Рис. 25.

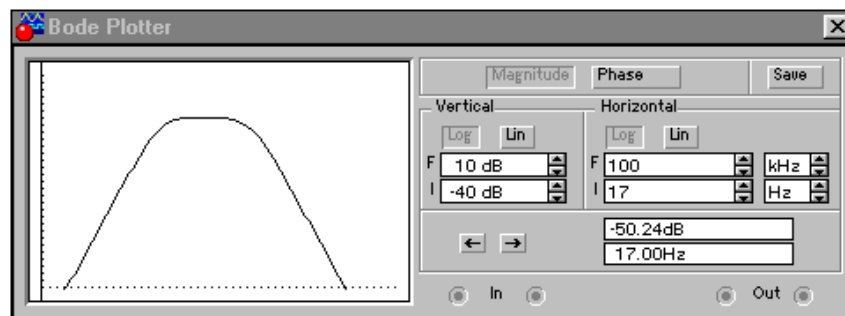


Рисунок 25 - Передня панель вимірника АЧХ і АФХ

Вимірник призначений для аналізу амплітудно-частотних (при кнопці MAGNITUDE, що натискує, включена за умовчанням) і фазо-частотних (при кнопці PHASE, що натискує) характеристик при логарифмічній (кнопка LOG включена за умовчанням) або лінійній (кнопка LIN) шкалі по осях Y (VERTICAL) і X (HORIZONTAL). Налаштування вимірника полягає у виборі меж виміру коефіцієнта передачі і варіації частоти за допомогою кнопок у віконцях F – максимальне і I – мінімальне значення. Значення частоти і відповідне їй значення коефіцієнта передачі або фази відображається у віконцях в правому нижньому кутку вимірника.

Підключення приладу до досліджуваної схеми здійснюється за допомогою затисків IN (вхід) і OUT (вихід). Ліві клема затискачів підключаються відповідно до входу і виходу досліджуваного пристрою, а праві – до загальної шини.

1.3 Моделювання електронних схем

Таким чином програма EWB дозволяє будувати схеми різної міри складності за допомогою наступних операцій:

- вибору елементів і приладів з бібліотек;
- переміщення елементів і схем в будь-яке місце робочого поля;
- повороту елементів і груп елементів на кути, кратні 90 градусам;
- копіювання, вставок або видалення елементів, груп елементів, фрагментів схем і цілих схем;
- зміни кольору провідників;
- виділення кольором контурів схем для зручнішого сприйняття;

- одночасного підключення декількох вимірювальних приладів і спостереження їх показів на екрані монітора;
- призначення елементам умовного позначення;
- зміни параметрів елементів в широкому діапазоні.

Всі операції здійснюються за допомогою миші і клавіатури. Управління лише з клавіатури неможливе.

Шляхом налаштування приладів можна:

- змінювати шкали приладів залежно від діапазону вимірів;
- задавати режим роботи приладу;
- задавати вигляд вхідних дій на схему (постійні і гармонійні струми і напруга, трикутні і прямокутні імпульси).

Графічні можливості програми дозволяють:

- одночасно спостерігати декілька кривих на графіках;
- відображувати криві на графіках різними кольорами;
- вимірювати координати точок на графіках;
- імпортувати дані в графічний редактор, що дозволяє виробити необхідні перетворення малюнка і виведення його на принтер.

Можна вставити схему або її фрагмент у текстовий редактор і надрукувати пояснення або зауваження по роботі схеми.

Програма EWB дозволяє провести моделювання роботи зібраної схеми. Для цього необхідно скористатися меню Analysis:

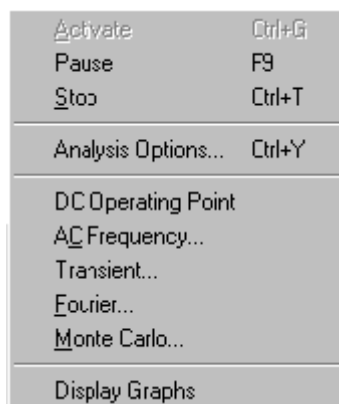


Рисунок 26 - Вікно меню Analysis

Позначення приведені на Рис. 26:

- Activate – запуск моделювання;
- Stop – зупинка моделювання;
- Pause – переривання моделювання.

Ці команди можуть бути виконані також натисненням кнопок, розташованих в правому верхньому кутку екрану:



Analysis Options – набір команд для установки параметрів моделювання. Зупинимося на цій команді детальніше.

При виборі команди відкривається вікно Analysis Options.

Закладка Global служить для загальних налаштувань режиму моделювання (Рис. 27). Параметри мають наступне призначення:

- Abstol – абсолютна помилка розрахунку струмів;
- Gmin – мінімальна провідність гілки ланцюга (провідність гілки менша Gmin, вважається рівною нулю);
- Pivrel, Pivtol – відносна і абсолютна величини елементу рядка матриці вузлової провідності (наприклад, при розрахунку по методу вузлових потенціалів), необхідні для його виділення як провідного елементу;

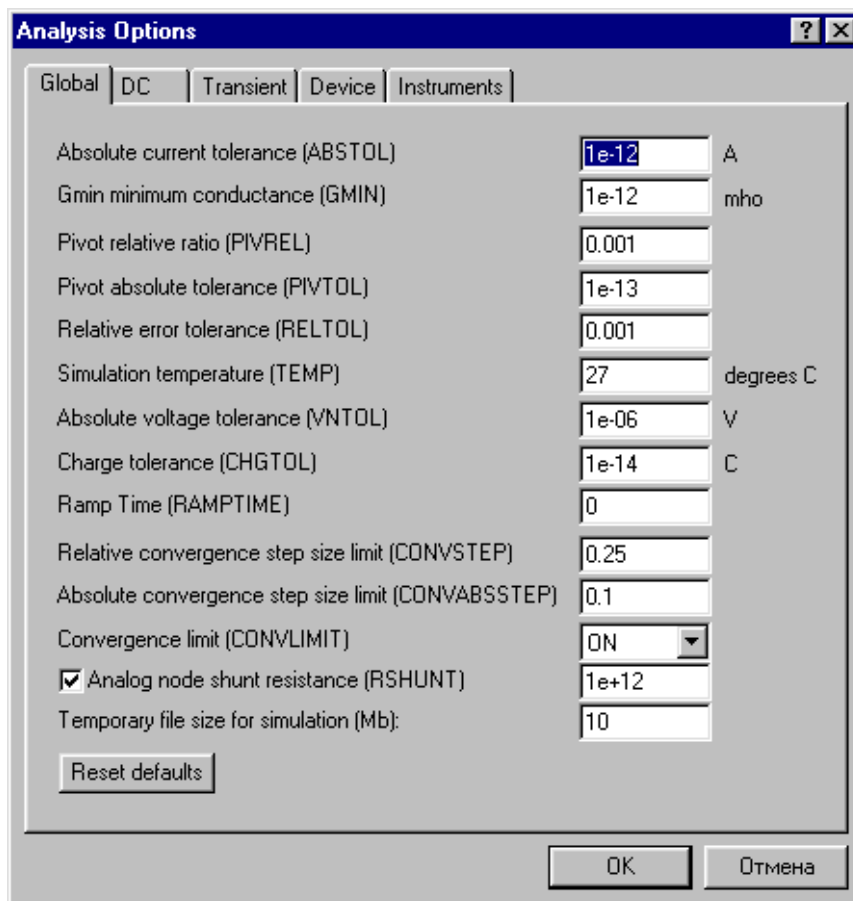


Рисунок 27 - Закладка Global установки параметров моделирования Analysis Options

- Reltol – допустима відносна помилка розрахунку напруги і струмів;
- Temp – температура, при якій проводиться моделювання;
- Vntol – допустима помилка розрахунку напруги в режимі Transient (аналіз перехідних процесів);
- Chgtol – допустима помилка розрахунку зарядів;
- Ramptime – початкова точка відліку часу при аналізі перехідних процесів;
- Convstep – відносний розмір кроку ітерації при розрахунку режиму по постійному струму;
- Convabsstep – абсолютний розмір кроку ітерації при розрахунку режиму по постійному струму;
- Convlimit – включення або виключення додаткових засобів забезпечення збіжності ітераційного процесу;

- Rshunt – допустимий опір витoku для всіх вузлів відносно загальної шини (заземлення);
- Temporary... — об'єм дискової пам'яті для зберігання тимчасових файлів (у Мбайт).

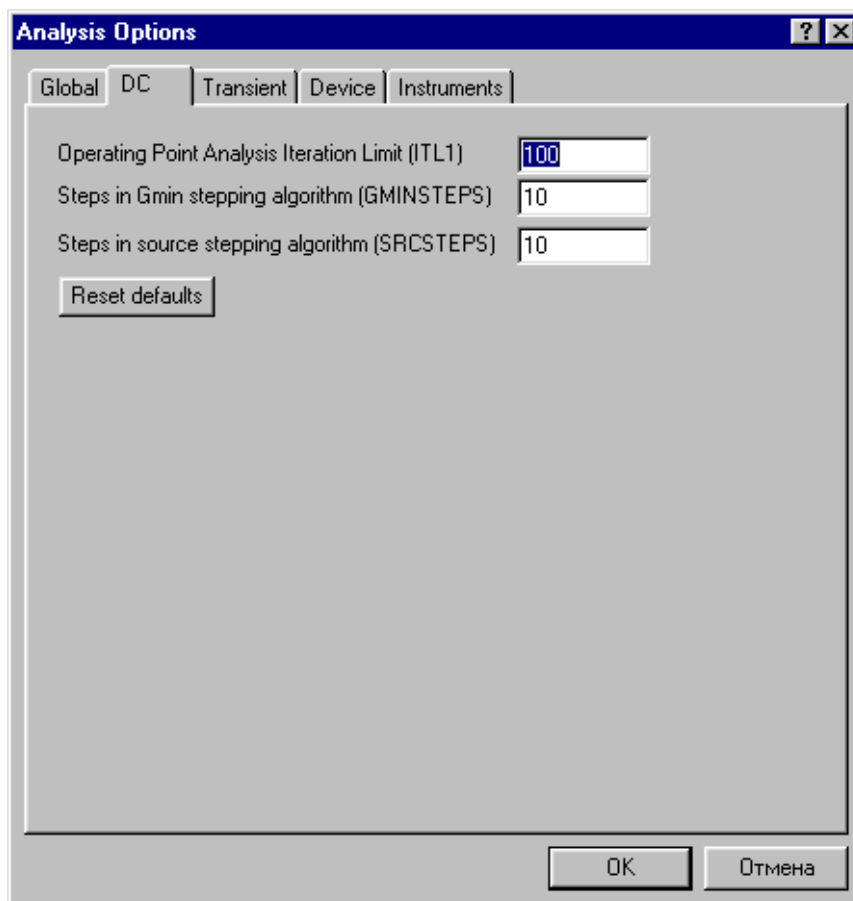


Рисунок 28 - Закладка DC установки параметрів моделювання Analysis Options

Закладка DC служить для налаштування режиму розрахунку по постійному струму (статичний режим). Для налаштування цього режиму використовується діалогове меню (Рис. 28), опції якого мають наступне призначення:

- Itl1 – максимальна кількість ітерацій наближених розрахунків;
- Gminsteps – розмір приросту провідності у відсотках від Gmin (використовується при слабкій збіжності ітераційного процесу);

– Srcsteps – розмір приросту напруги живлення у відсотках від його номінального значення при варіації напруги живлення (використовується при слабкій збіжності ітераційного процесу).

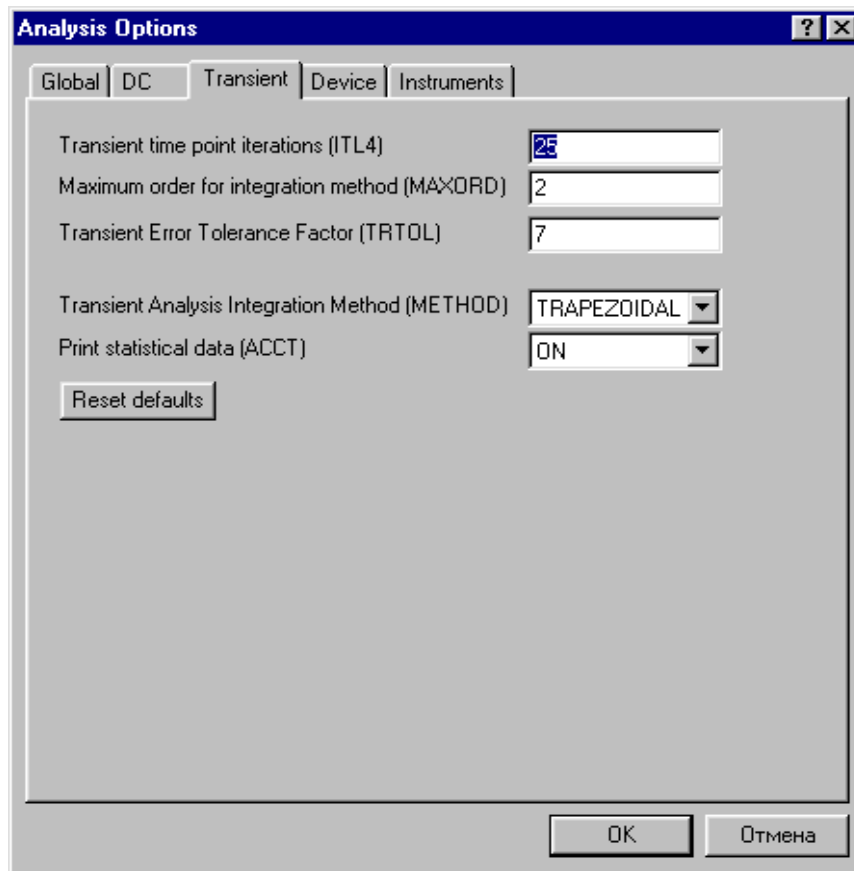


Рисунок 29 - Закладка Transient установки параметрів моделювання Analysis Options

Кнопка Reset Defaults призначена для установки за умовчанням параметрів, показаних на Рис. 28. Використовується в тому випадку, якщо після редагування необхідно повернутися до вихідних даних.

Закладка Transient служить для налаштування параметрів режиму аналізу перехідних процесів (Рис. 29).

На даній закладці:

- Itl4 – максимальна кількість ітерацій за час аналізу перехідних процесів;
- Maxord – максимальний порядок (від 2 до 6) методу інтеграції диференціального рівняння;
- Trtol – допуск на погрішність обчислення змінної;

– Method – метод наближеної інтеграції диференціального рівняння (Trapezoidal – метод трапецій, Gear – метод Гіра);

– Acct – дозвіл на виведення статистичних повідомлень про процес моделювання.

Закладка Device служить для вибору параметрів МОН-ТРАНЗИСТОР (діалогове вікно показане на Рис. 30):

– Defad – площа дифузійної області стоку, м^2 ;

– Defas – площа дифузійної області витоку, м^2 ;

– Defl – довжина каналу польового транзистора, м;

– Defw – ширина каналу, м;

– Tnom – номінальна температура компонента;

– Bypass – включення або виключення нелінійної частини моделі компонента;

– Trytocompact – включення або виключення лінійної частини моделі компонента.

Закладка Instruments служить для налаштування параметрів контрольно-вимірювальних приладів (Рис. 31):

– Pause after each screen – пауза (тимчасова зупинка моделювання) після заповнення екрану осцилографа по горизонталі (Oscilloscope);

– Generate time steps automatically – автоматична установка тимчасового кроку (інтервалу) виведення інформації на екран;

– Minimum number of time points – мінімальна кількість крапок, що відображуються, за період спостереження (реєстрації);

– Tmax – проміжок часу від початку до кінця моделювання;

– Set to Zero – установка в нульовий (початковий) стан контрольно-вимірювальних приладів перед початком моделювання;

– User-defined – управління процесом моделювання проводиться користувачем (ручний пуск і зупинка);

– Calculate DC operating point – виконання розрахунку режиму по постійному струму;

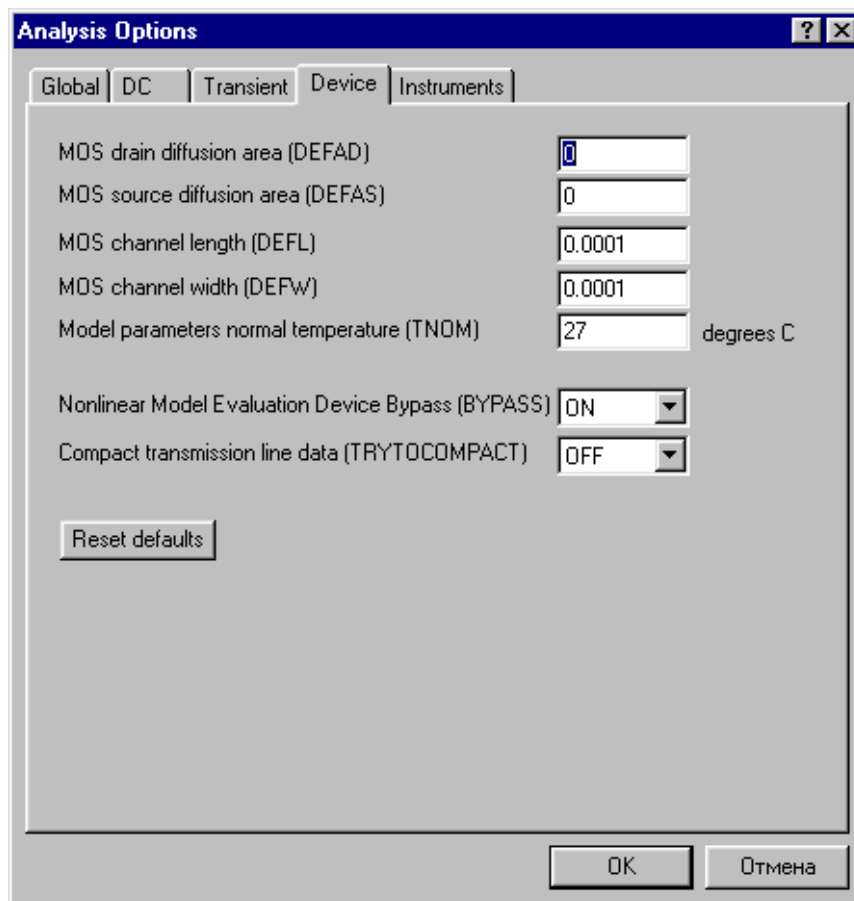


Рисунок 30 - Закладка Device установки параметрів моделювання Analysis Options

- Points per cycle – кількість точок, що відображується, при виведенні амплітудно-частотних і фазо-частотних характеристик (Bode plotter);
- Use engineering notation – використання інженерної системи позначень одиниць виміру (наприклад, напруга виводитиметься в мілівольтах (mV), мікровольтах (µV), нановольтах (nV) і т. д.).

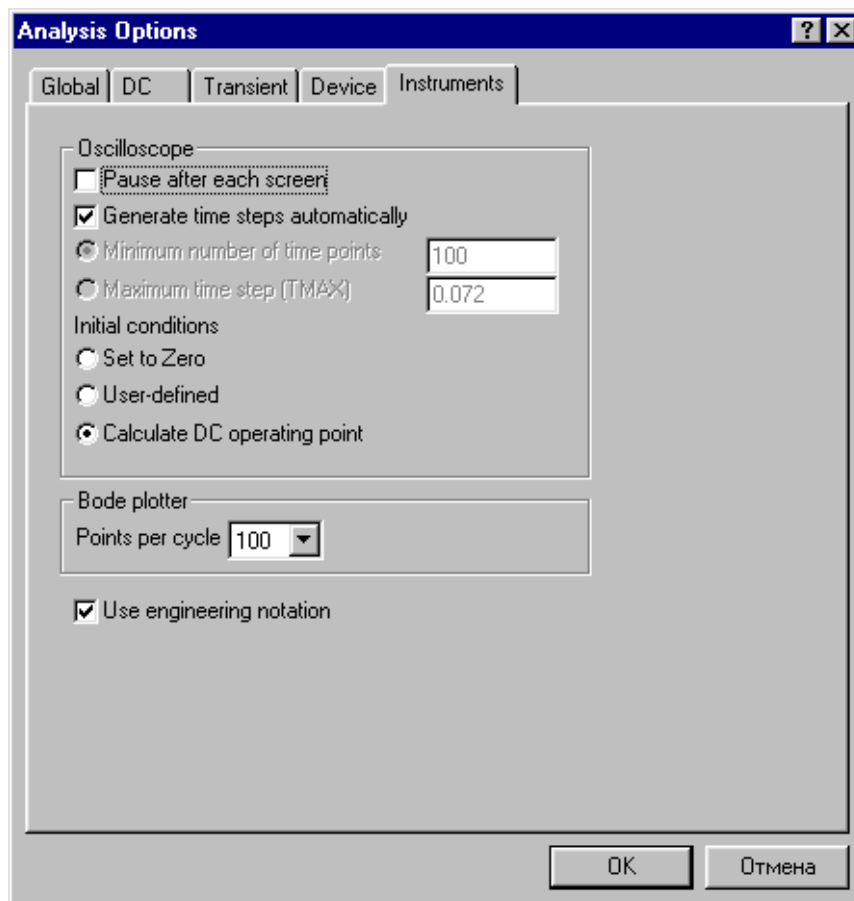


Рисунок 31 - Закладка Instruments установки параметрів моделювання Analysis Options

Команда DC Operating Point меню Analysis (Рис. 26) запускає розрахунок режиму по постійному струму (у режимі по постійному струму DC з модельованої схеми виключаються всі конденсатори і шунтуються всі індуктивності). На екрані з'являється вікно Analysis Graphs, закладка DC Bias (Рис. 32).

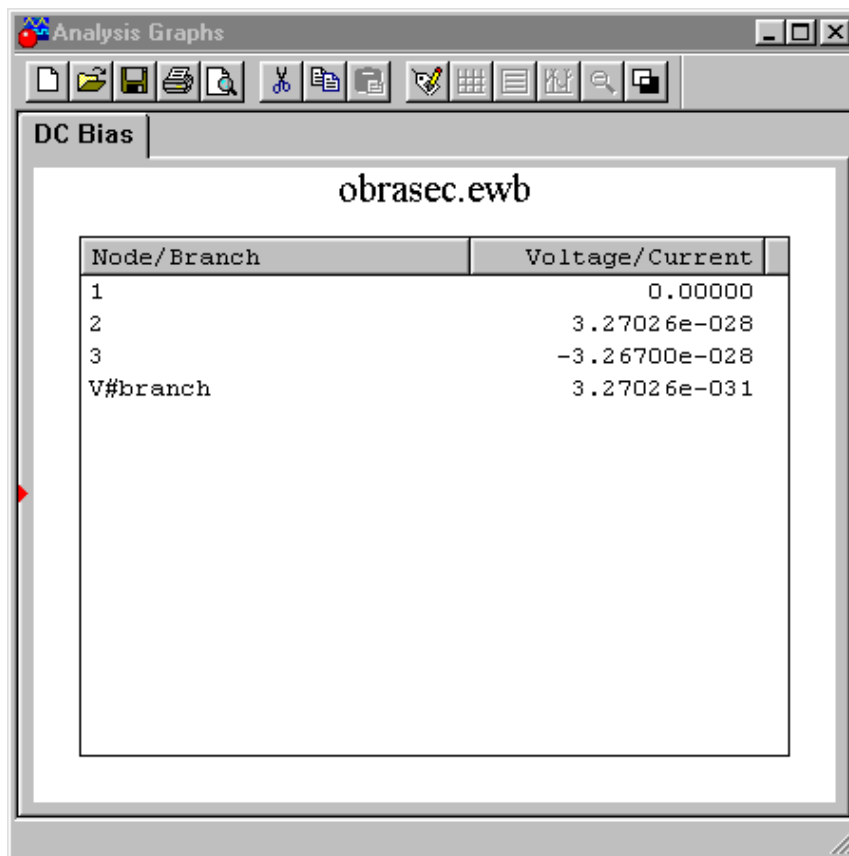


Рисунок 32 - Закладка DC Bias (результати розрахунку по постійному струму)

Відзначимо, що при використанні команд меню Analysis доцільно в меню Circuit>Schematic Options>Show/Hide включити опції Show Reference ID і Show Nodes (при цьому на схемі будуть позначені вузлові точки як на Рис. 8, ці ж точки відбиті в таблиці на Рис. 32). У верхній частині вікна вказано ім'я схемного файлу (для нашого прикладу це obrasec.ewb). Нижче приведені потенціали вузлів схеми в контрольних точках 1, 2, 3.

Якщо курсор миші помістити у вікно на Рис. 32 і натискувати праву кнопку, викликається діалогове вікно (Рис. 33), за допомогою якого можна відредагувати назву Title (за умовчанням приймається назва схемного файлу), змінити його шрифт Font і так далі.

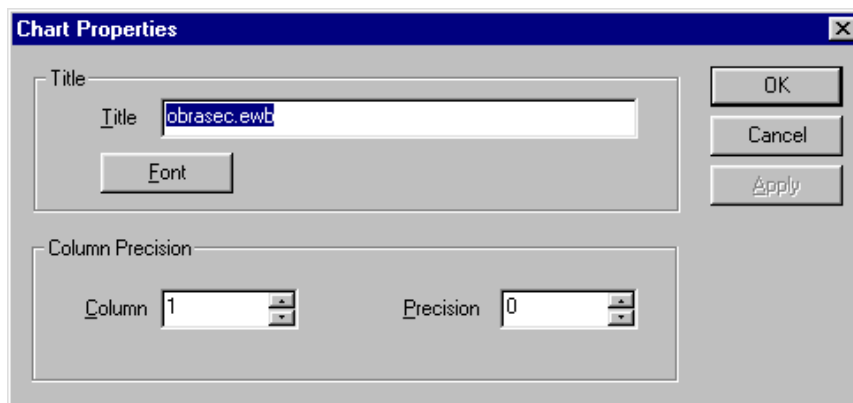


Рисунок 33 - Закладка редагування оформлення результатів розрахунку
Команда AC Frequency меню Analysis (Рис. 26) запускає режим розрахунку частотних характеристик.

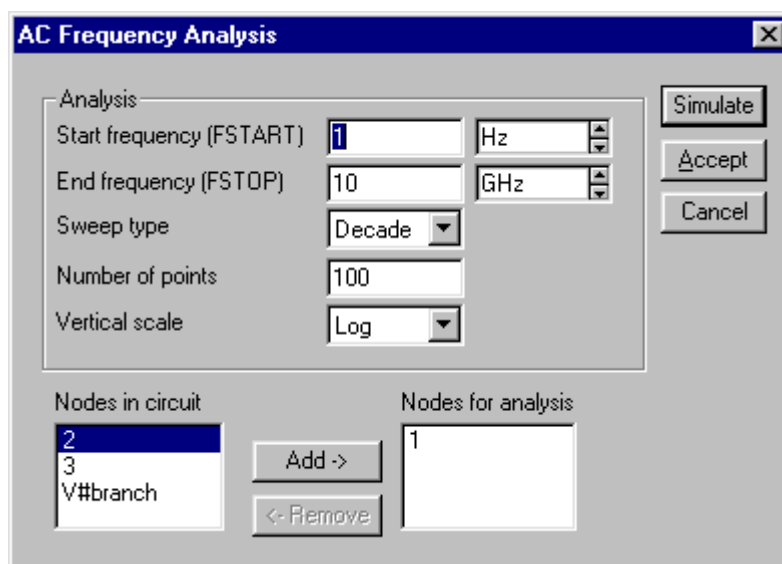


Рисунок 34 - Вікно завдання параметрів розрахунку частотних характеристик

Виконання команди починається із завдання в діалоговому вікні (Рис. 34) параметрів:

- Fstart, Fstop – границі частотного діапазону (мінімальне і максимальне значення частоти відповідно);
- Sweep type — масштаб по горизонталі: декадний (Decade), лінійний (Linear) і октавний (Octave);
- Number of points – число точок розрахунку;

- Vertical scale – масштаб по вертикалі: лінійний (Linear), логарифмічний (Log) і в децибелах (Decibel);
- Nodes in circuit – список всіх вузлів ланцюга;
- Nodes for analysis – номери вузлів, для яких розраховуються характеристики схеми. Перелік таких вузлів встановлюється натисненням кнопок Add (додати) і Remove (видалити);
- Simulate – кнопка запуску режиму моделювання. Результати моделювання схеми (Рис. 1) представлені на Рис. 35 у вигляді амплітудно-частотної (АЧХ — верхня крива) і фазо-частотної (ФЧХ — нижня крива) характеристик. Аналогічні характеристики можна отримати також за допомогою вимірника АЧХ-ФЧХ, причому з вищою точністю за рахунок сканування АЧХ і ФЧХ у вибраних точках візирною лінійкою (Рис. 25). Додаткові маніпуляції з результатами розрахунку виконуються за допомогою командних кнопок, розташованих у верхній частині вікна (Рис. 35). Перші вісім кнопок є стандартними і пояснень не вимагають.

Кнопка Properties служить для завдання параметрів графічного зображення:



При її натисненні відкривається діалогове вікно (Рис.36), що має закладки General, Left Axis, Bottom Axis, Right Axis, Top Axis і Traces. Це вікно можна викликати, помістивши курсор на полі малюнка і клацнувши правою клав'яшею миші. У меню, що з'явилося, вибрати опцію Properties.

Вікно General складається з чотирьох блоків:

- Title – редагування назви отриманого графіка з можливістю зміни шрифту;
- Grid – нанесення на графіки сітки з можливістю редагування товщини ліній і їх кольору;
- Trace Legend – відображення на екрані сигналу в контрольних точках схеми з вказівкою кольору відповідних графіків;

– Cursors – вивід на екран характеристик АЧХ і ФЧХ в табличному вигляді для одного або всіх вибраних вузлів схеми.

При виборі заставки Left Axis діалогове вікно оформлення результатів моделювання має вигляд, показаний на Рис. 37.

Воно складається з наступних блоків:

- Label – редагування позначення осі Y з можливістю зміни шрифту і його атрибутів (наприклад, можна замінити символ позначення напруги V на U);
- Axis – зміна товщини лінії осі Y і її кольори;
- Range – діапазон значень по осі Y;
- Scale – установка масштабу по осі Y (лінійний, логарифмічний і так далі);

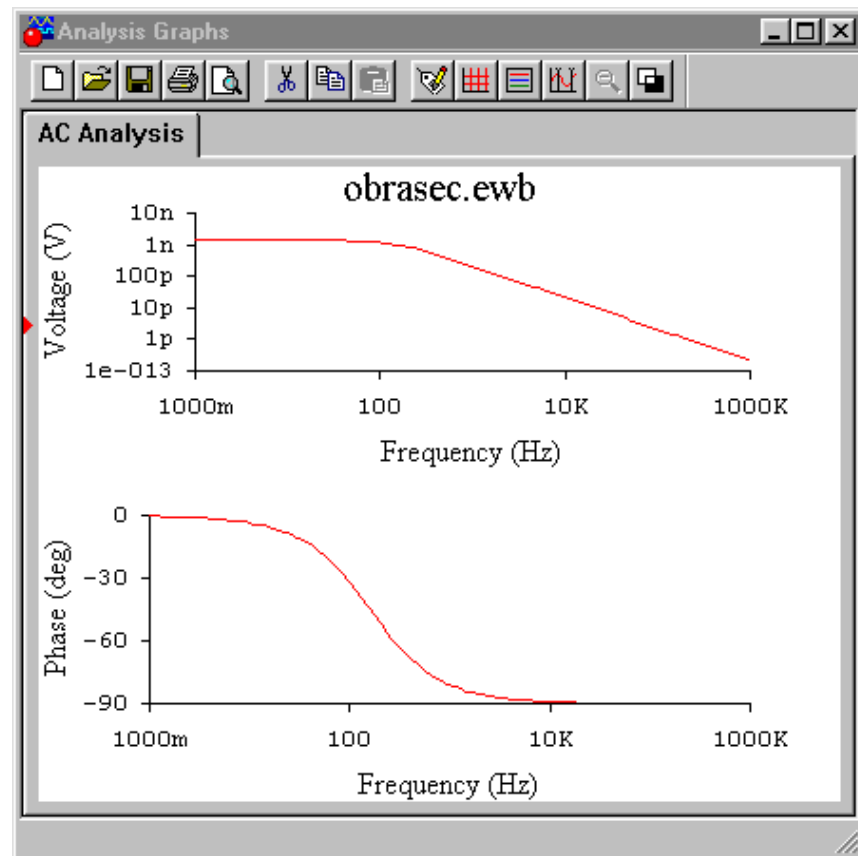


Рисунок 35 - Результати розрахунку АЧХ і ФЧХ

– Division – кількість розбиття в одному великому діленні сітки.

Для закладок Bottom Axis, Right Axis і Top Axis вікна налаштувань мають аналогічний вигляд.

Зкладка Traces вікна налаштувань показана на Рис. 38.

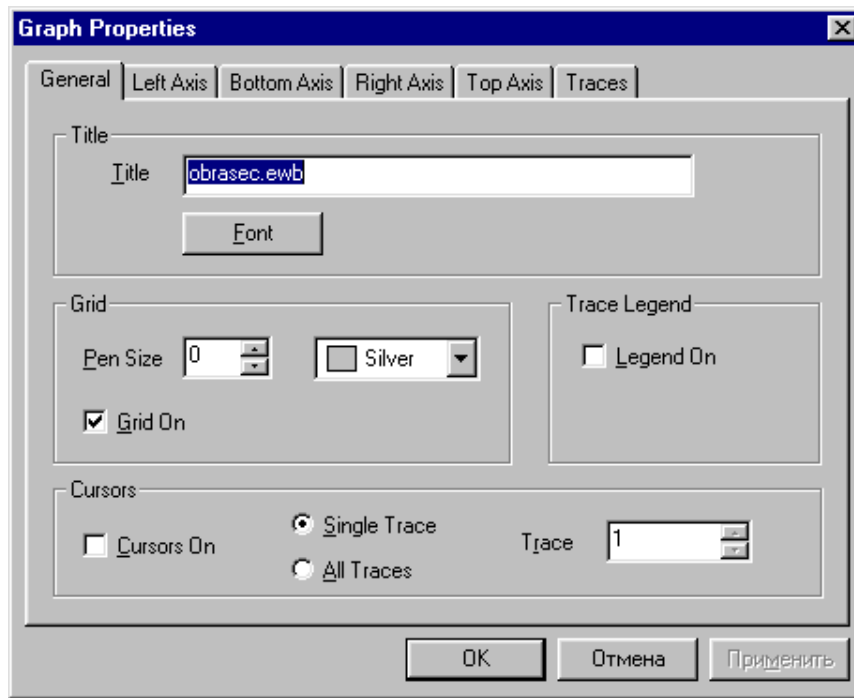


Рисунок 36 - Вікно для завдання параметрів графічного зображення

Воно складається з наступних блоків:

- Trace – вибір номера контрольної точки, для якої редагується зображення характеристики;
- Label – завдання мітки даної точки (на Рис. 38 вона збігається з номером контрольної точки, проте тут може бути розміщена і інша інформація у вигляді коментарів);

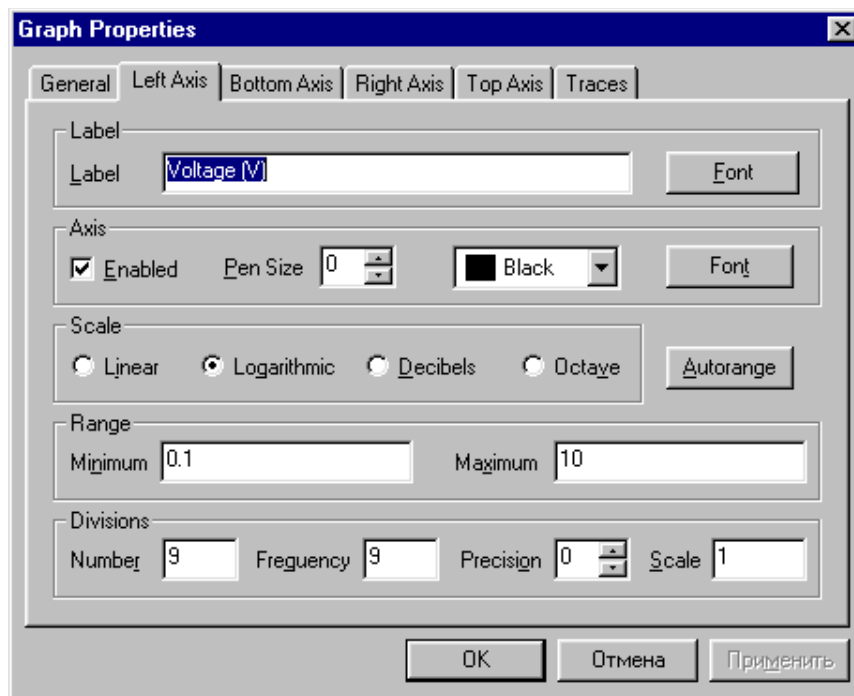


Рисунок 37 - Діалогове вікно оформлення результатів моделювання

- Pen Size – вибір ширини лінії для зображення характеристики;
- Color – вибір кольору лінії;
- Sample — зразок лінії;
- X Range – вибір оформлення для осі X, аналогічного вибраному на закладці Bottom Axis або Top Axis.
- Y Range – вибір оформлення для осі Y, аналогічного вибраному на закладці Left Axis (Рис. 37) або Right Axis;
- Offsets – установка зсуву координат по осях X і Y.

Кнопки



мають наступне призначення:

- вставити сітку (Toggle Grid);
- вставити позначення контрольної крапки (Toggle Legend);

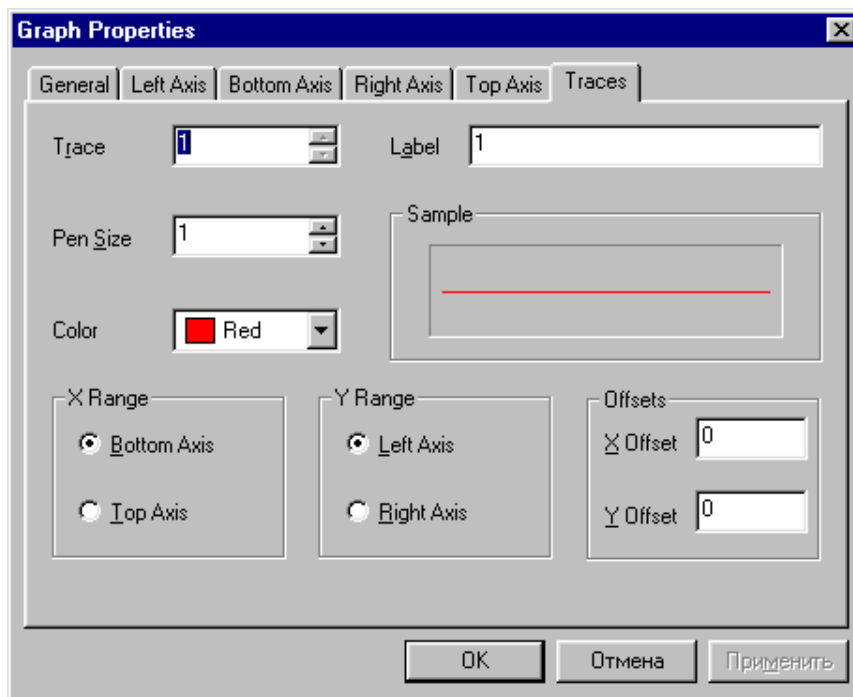


Рисунок 38 - Закладка Traces вікна для завдання параметрів графічного зображення

- вивести числові дані (Toggle Cursor);
- відновити графічне позначення, тобто проігнорувати введені зміни (Restore Graph);
- створити інверсний рисунок.

Команда Transient меню Analysis (Рис. 26) запускає режим розрахунку перехідних процесів. Діалогове вікно команд (Рис. 39) містить наступні налаштування:

- Initial conditions – установка початкових умов моделювання (призначення налаштувань цього блоку розглядалися при описі вікна на Рис.31);
- Tstart – час початку аналізу перехідних процесів;
- Tstop – час закінчення аналізу;
- Generate time steps automatically – розрахунок перехідних процесів із змінним кроком, вибраним автоматично відповідно до допустимої відносної помилки RELTOL, що задається у вікні на Рис. 27 (якщо ця опція вимкнена, то розрахунок ведеться з врахуванням двох інших опцій, описаних при розгляді вікна);

– Tstep – часовий крок виведення результатів моделювання на екран монітора.

Порядок використання параметрів Nodes in circuit описаний при розгляді вікна на Рис. 34.

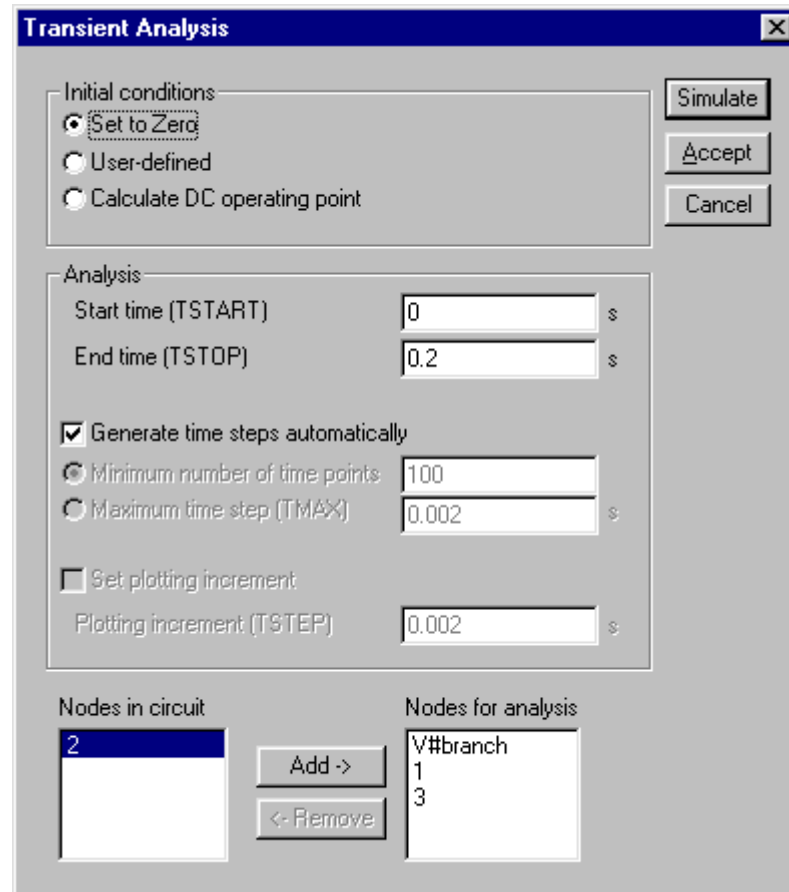


Рисунок 39 - Діалогове вікно завдання режиму розрахунку перехідних процесів

Результати моделювання перехідних процесів в схемі (Рис. 1) для параметрів, заданих у вікні на Рис. 39, представлені на Рис.40.

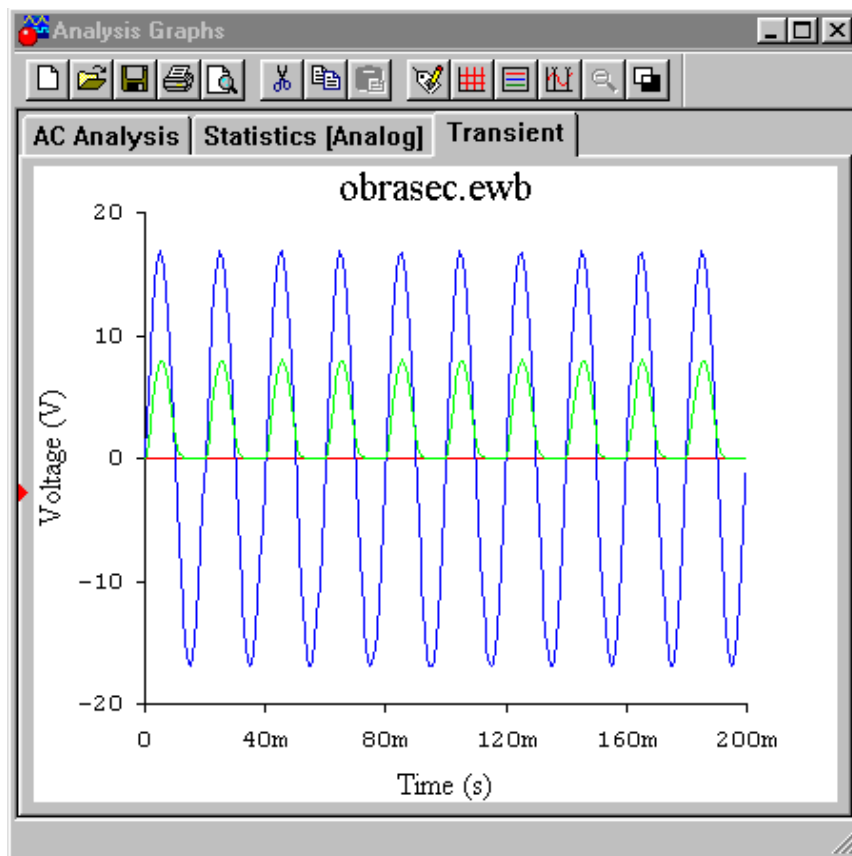


Рисунок 40 - Результати розрахунку перехідних процесів

Команда Fourier меню Analysis (Рис. 26) запускає режим Фур'є-аналіза (спектрального аналізу). При виборі цієї команди необхідно задати параметри моделювання за допомогою діалогового вікна (Рис. 41), в якому опції мають наступне призначення:

- Output node – номер контрольної точки (вузла), в якій аналізується спектр сигналу;
- Fundamental frequency – частота першої гармоніки;
- Number harmonic – число гармонік, що підлягають аналізу;
- Vertical scale – масштаб по осі Y (лінійний, логарифмічний, в децибелах);

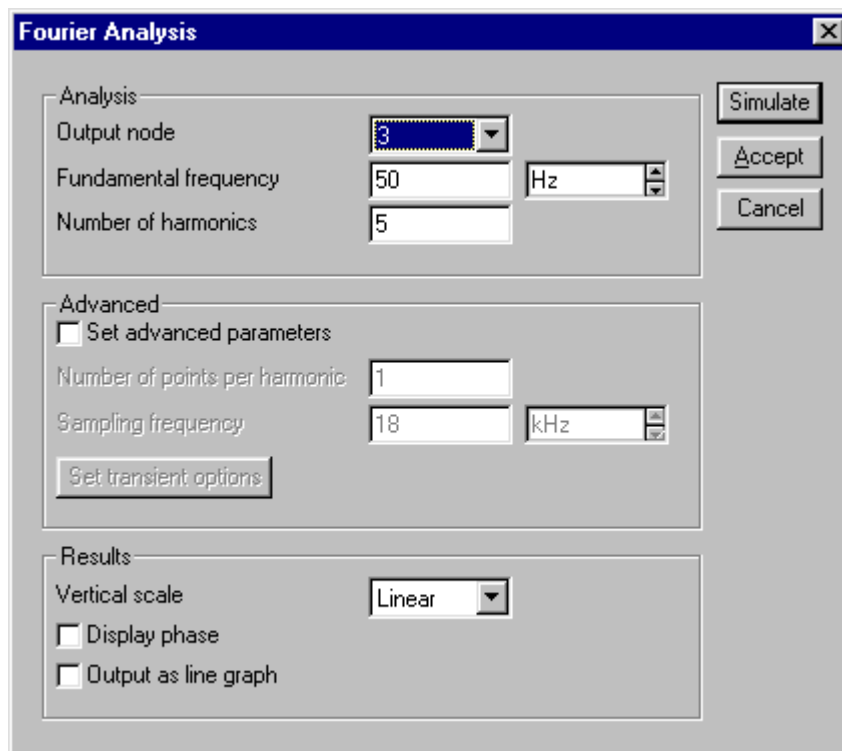


Рисунок 41 - Вікно завдання параметрів спектрального аналізу

– Advanced – набір опцій цього блоку призначений для визначення тоншої структури аналізованого сигналу шляхом введення додаткових вибірок (за умовчанням вимкнені);

– Number of points per harmonic – кількість відліків (вибірок) на одну гармоніку;

– Sampling frequency – частота дотримання вибірок.

В результаті спектрального аналізу отримуємо лінійчатий спектр досліджуваного сигналу, в нижній частині малюнка вказується коефіцієнт нелінійних спотворень у відсотках (Рис. 42 – результат аналізу сигналів в схемі на Рис. 1 при налаштуваннях, прийнятих на Рис.41).

Якщо у вікні на Рис. 41 встановити останні опції (Display phase – показати розподіл фаз і Output as line graph – показати спектр у вигляді безперервного графіка), то результати аналізу набувають вигляду, показаного на Рис. 43 (верхня крива — розподіл амплітуд, нижня — розподіл фаз гармонійних складових).

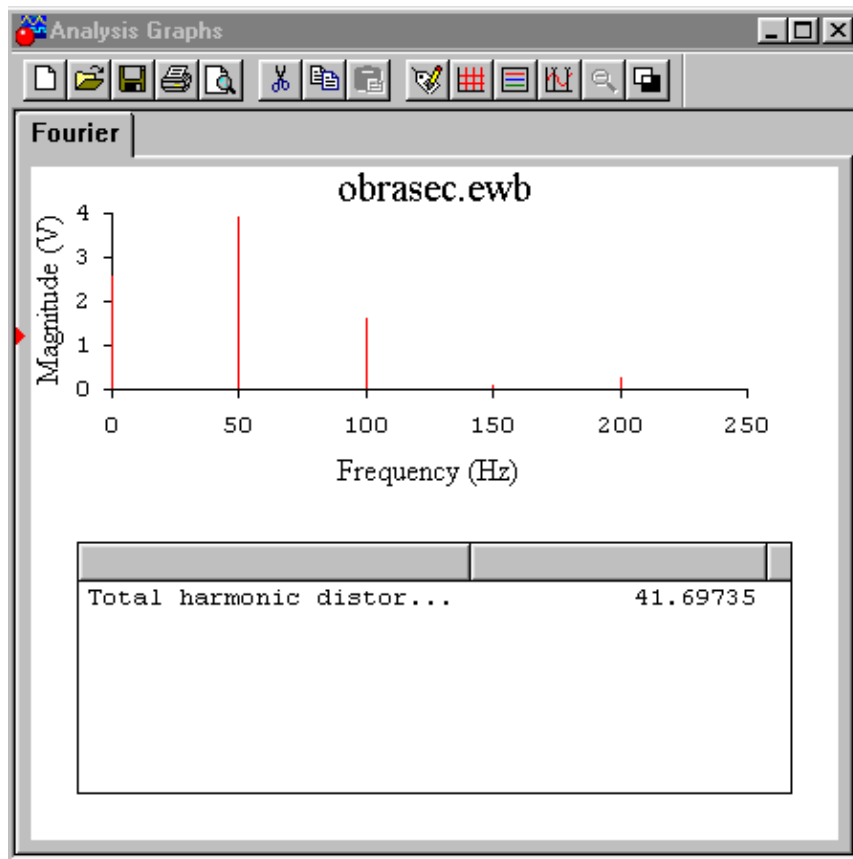


Рисунок 42 - Результати спектрального аналізу

Команда Monte Carlo меню Analysis (Рис. 26) запускає режим статистичного аналізу по методу Монте - Карло.

У діалоговому вікні установки параметрів моделювання (Рис.44) задаються наступні параметри:

- Number of runs – кількість статистичних випробувань;

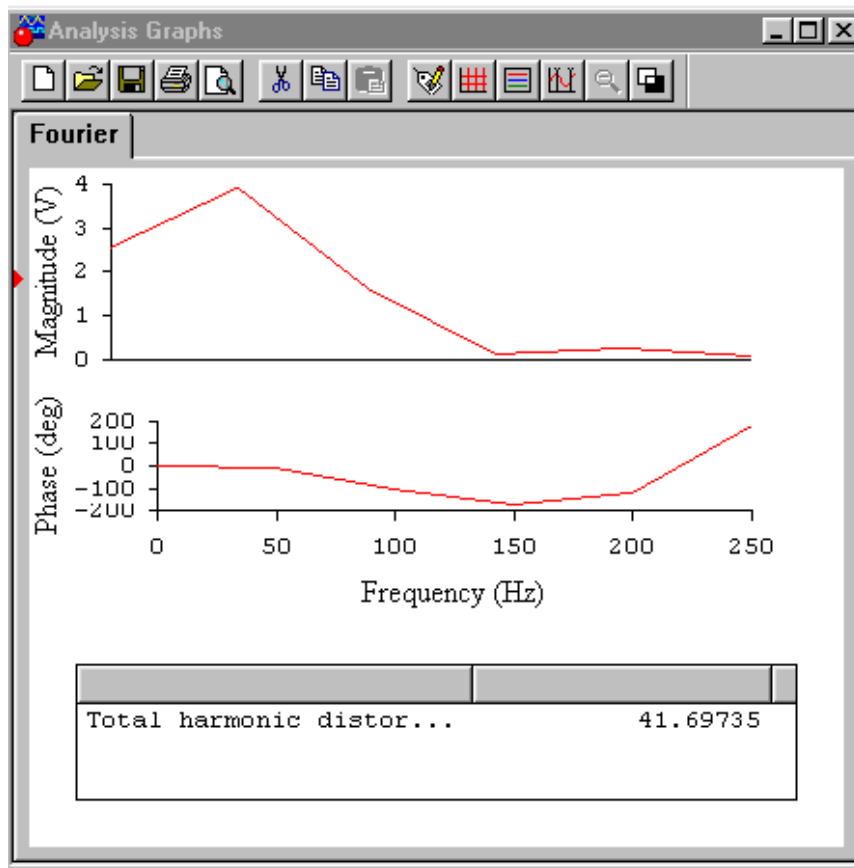
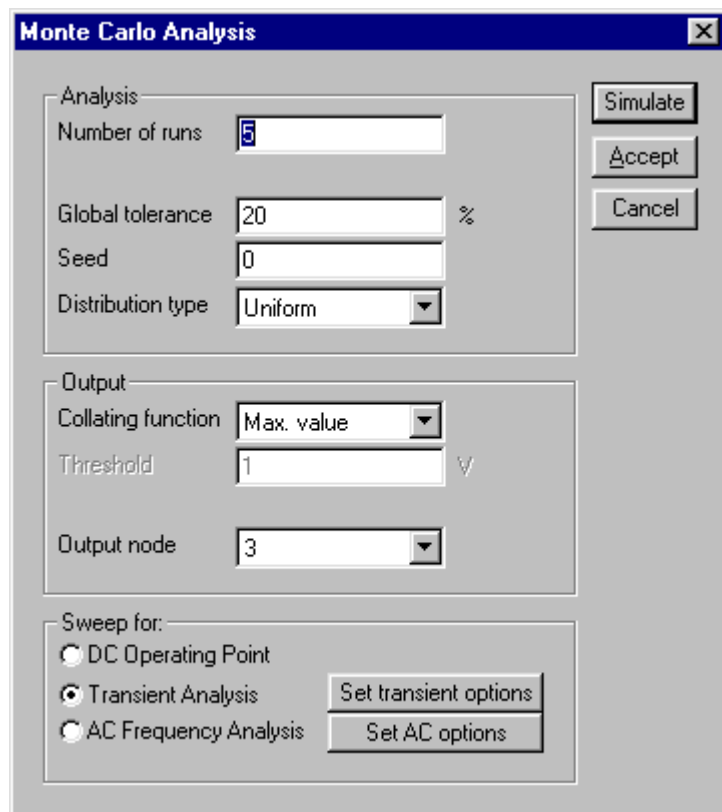


Рисунок 43 - Представлення результатів спектрального аналізу у вигляді безперервних графіків

- Tolerance – відхилення параметрів резисторів, конденсаторів, індуктивностей, джерел змінного і постійного струму і напруги;
- Seed – початкове значення випадкової величини (цей параметр визначає початкове значення датчика випадкових чисел і може задаватися в межах 1...32767);
- Distribution type – закон розподілу випадкових чисел (Uniform – рівноімовірний розподіл на відрізку $(-1, +1)$ і Gaussian – розподіл гауса на відрізку $(-1, +1)$ з нульовим середнім значенням і середньоквадратичним відхиленням 0,25). Необхідний закон розподілу вибирається після натиснення кнопки в полі даної опції;



Рисунко 44 - Вікно налаштування параметрів режиму статистичного аналізу по методу Монте-Карло

– Collating function – характеристики схеми (максимальне і мінімальне значення величини Max. value, Min. value, максимальна і мінімальна частота Frequency at max, Frequency at min, значення частоти Rise edge frequency, Fall edge frequency, при якому відбувається пересічення заданого рівня порогової напруги Threshold від низу до верху і зверху вниз);

– Output node – вибір вихідної точки схеми;

– Sweep For – режими моделювання (описані вище) для яких може бути виконаний статистичний аналіз.

Результати статистичного аналізу схеми на Рис. 1, при вказаних на Рис. 44 значеннях параметрів, приведені на Рис.45 для режиму аналізу перехідних процесів.

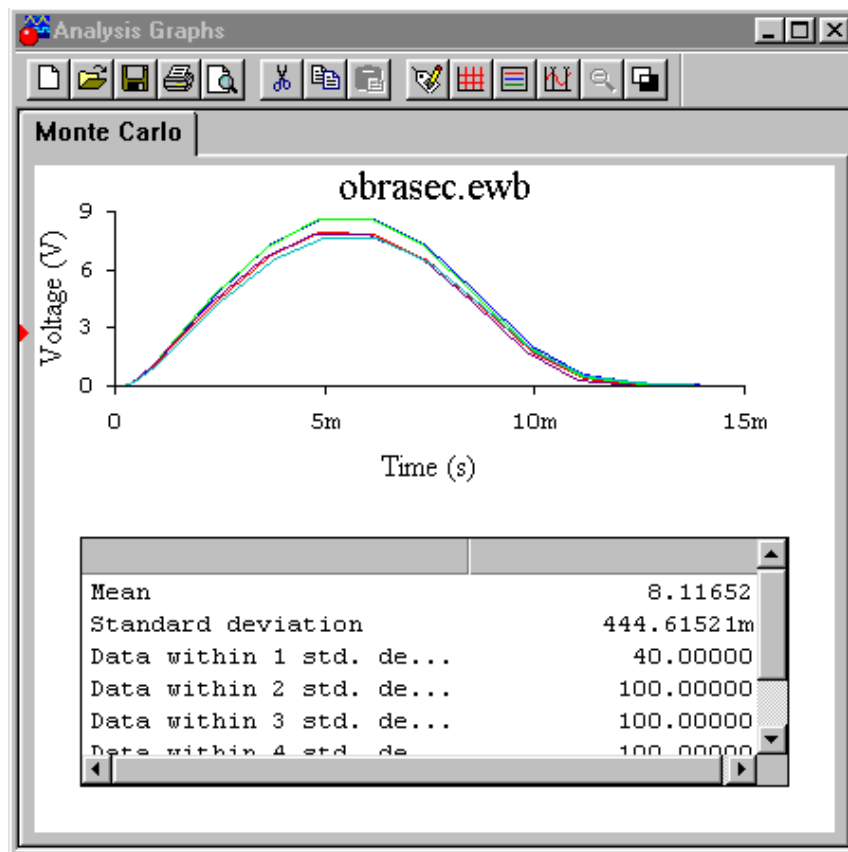


Рисунок 45 - Результати статистичного аналізу по методу Монте-Карло

Команда Display Graph меню Analysis (Рис. 26) служить для виклику на екран графіків результатів виконання однієї з команд моделювання. Якщо в процесі моделювання використано декілька команд цього меню, то результати їх виконання накопичуються і у вигляді закладок з найменуванням команд, які можуть переміщатися кнопками, розташованими в правому верхньому кутку вікна (Рис.46). Це дозволяє оперативно переглядати результати моделювання без його повторного проведення. Відзначимо, що виклик команди відбувається автоматично при виконанні першої ж команди з меню Analysis. Якщо в схемі використовується осцилограф, то після запуску моделювання і заздалегідь встановленої команди Display Graph в її вікні з'являється закладка Oscilloscope із зображенням осцилограми; якщо використовується вимірник АЧХ-ФЧХ, то з'являється закладка Bode із зображенням АЧХ і ФЧХ і так далі (Рис. 46). Одночасно графічна інформація виводиться також і на основні прилади.

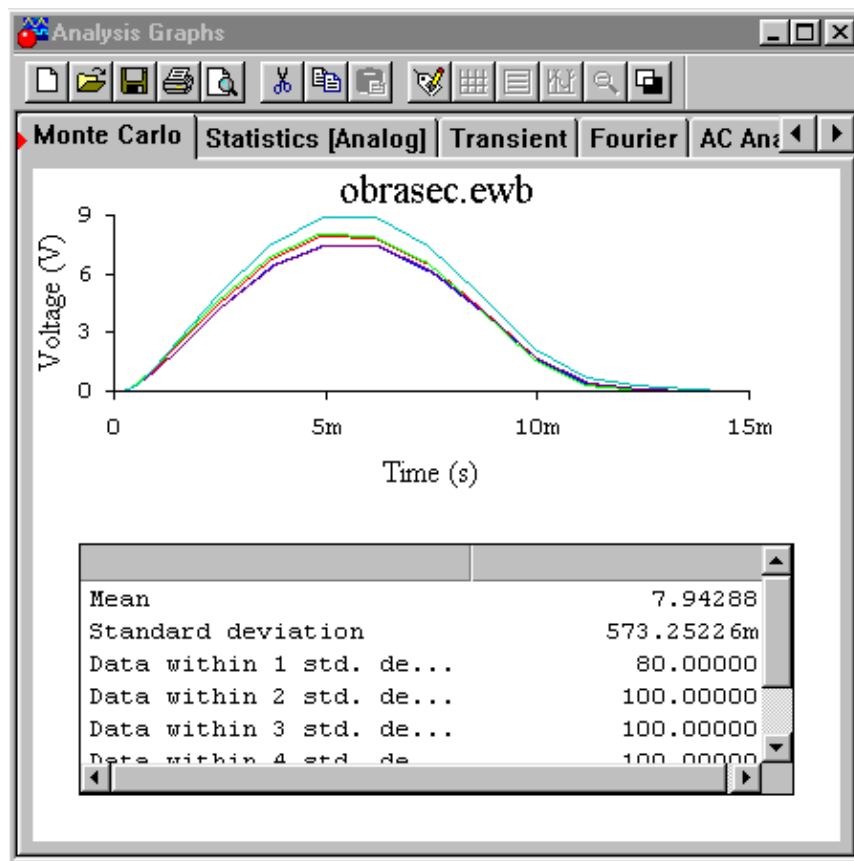


Рисунок 46 - Всі результати аналізу в одному вікні

2. Лабораторні роботи

Лабораторна робота № 1

Зняття характеристик ідеального джерела постійної ЕРС (напруги)

1.1 Мета роботи: проаналізувати характеристики ідеального джерела постійної напруги

1.2 Зміст роботи: за допомогою основних елементів редактора EWB зафіксувати вхідні та вихідні характеристики джерела постійної ЕРС

1.3 Теоретичні відомості

Ідеальним (з внутрішнім опором $R_i = 0$) джерелом напруги називають активний елемент, напруга на затискачах якого не залежить від струму, що протікає через нього. Потужність, що віддається, не обмежена, напруга на затискачах не змінюється при збільшенні струму. У EWB ідеальне джерело напруги знаходиться в групі Source і має наступне позначення:



1.4. Порядок виконання роботи

Зберіть схему, представлену на Рис. 47. Підключіть ідеальне джерело постійної ЕРС (E1) за допомогою ключа [1] на систему з резисторів навантажень (R1–R4). Розмикаючи і замикаючи ключі [5]–[8] резисторів і вимірюючи струм і напругу, заповніть таблицю вимірів. Повторіть цей експеримент з другим (E2), третім (E3) і четвертим (E4) джерелом.

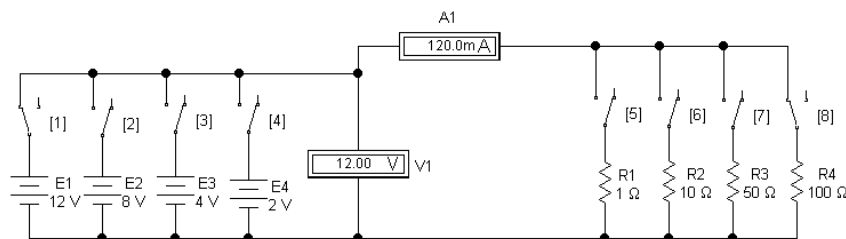


Рис. 47. Схема дослідження ідеального джерела напруги

З групи компонентів Source (Рис. 3)



вибрати 4 ідеальних джерела ЕРС і помістити їх на робочий стіл, розташували як показано на Рис. 47. Клацнувши правою клавiшею миші по елементу і вибравши в меню (Рис. 12), що з'явилося, команду Component Properties, у вікні (Рис. 13), що з'явилося, задати величину ЕРС і позначення джерела (як вказано на Рис. 47). Повторити цю операцію для всіх компонентів. Вибравши опцію Schematic Options з меню Circuit (Рис. 4), або з вікна динамічного меню (Рис. 5), встановити бажаний розмір, стиль і колір шрифту.

З групи компонентів Basic



вибрати 4 резистори і 4 перемикачі, помістити їх на робочий стіл, обернути командою Rotate (Рис. 12) і розташувати як показано на Рис. 47. За допомогою описаної вище процедури задати величину опорів і їх позначення відповідно до Рис. 47, а також параметр Value (Рис. 13) перемикачів. Значення параметра відповідає клавiші, за допомогою якої перемикатиметься перемикач.

З групи компонентів Controls



вибрати амперметр і вольтметр, помістити їх на робочий стіл і розташувати як показано на Рис. 47. За допомогою описаної вище процедури задати величини внутрішніх опорів приладів (дуже великий опір для вольтметра і дуже маленький опір для амперметра), вибрати вигляд вимірюваного струму DC (постійний) і їх позначення відповідно до Рис. 47. Після цього з'єднати компоненти провідниками відповідно до схеми на Рис. 47.

Перемикачем [1] підключити джерело E1, перемикачем [5] – опір R1. Запустити моделювання командою Activate меню Analysis (Рис. 26) або кнопкою (Рис. 1)



Отримані результати вимірів занести в таблицю. Повторити виміри по черзі за допомогою перемикачів [6]–[8], підключаючи резистори R2–R4. Результати вимірів занести в таблицю.

Повторити вказаний цикл вимірів для джерел E2–E4. Результати вимірів занести в таблицю:

Джерело EPC	Напруга V1, В	Струм A1, А			
		R1= 1 Ом	R2=10 Ом	R3=50 Ом	R4=100 Ом
E1					
E2					
E3					
E4					

За результатами вимірів побудувати характеристики навантажень ідеальних джерел постійною EPC.

1.5 У звіті відображається:

- тема і ціль роботи;
- принципова схема експерименту;
- результати вимірювань;
- висновки за роботою.

1.6 Контрольні запитання

1. Джерело постійної напруги.
2. Основні прилади вимірювань електричних параметрів у редакторі EWB.
3. Принципова схема експерименту.
4. Визначення параметрів джерела EPC за допомогою вольтметра.

Література

1. Карлащук В.І. Електронна лабораторія на IBM PC. Програма Electronics Workbench і її вживання. – М.: Видавництва «СОЛОН-Р», 2001. – 726 с.
2. Попов В.І. Основи теорії ланцюгів. – М.: Вища школа, 2000. – 576 с.

Лабораторна робота № 2

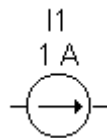
Зняття характеристик навантажень ідеального джерела струму

1.1 Мета роботи: проаналізувати характеристики ідеального джерела струму

1.2 Зміст роботи: за допомогою основних елементів редактора EWB зафіксувати вхідні та вихідні характеристики джерела струму

1.3 Теоретичні відомості

Ідеальним джерелом струму називають активний елемент, сила струму якого не залежить від напруги на його затисках. Миттєва потужність джерела не обмежена. У EWB ідеальне джерело напруги знаходиться в групі Source і має наступне позначення:



1.4 Порядок виконання роботи

Зібрати схему, представлену на Рис. 48. Підключити ідеальне джерело струму (I1) за допомогою ключа [1] на систему з резисторів навантажень (R1–R4). Розмикаючи і замикаючи ключі [5]–[8] в резисторів і вимірюючи струм і напругу, заповнити таблицю вимірів. Повторити цей експеримент з другим (I2), третім (I3) і четвертим (I4) джерелом струму.

Порядок виконання аналогічний викладеному в роботі №1. Результати вимірів занести в таблицю:

Джерело струму	Напруга V1, В	Струм A1, А			
		R1= 1 Ом	R2=5 Ом	R3=10 Ом	R4=20 Ом
I1					
I2					
I3					
I4					

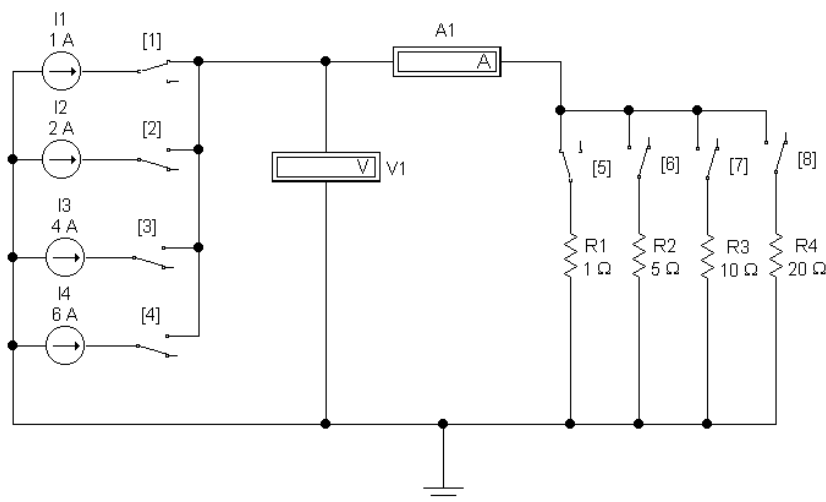


Рисунок 48 - Схема дослідження ідеального джерела струму

За результатами вимірів побудувати характеристики навантажень ідеальних джерел постійною ЕРС.

1.5 У звіті відображається:

- тема і ціль роботи;
- принципова схема експерименту;
- результати вимірювань;
- висновки за роботою.

1.6 Контрольні запитання

1. Джерело струму.
2. Основні прилади вимірювань електричних параметрів у редакторі EWB.
3. Принципова схема експерименту.
4. Визначення параметрів джерела струму за допомогою вольтметра та амперметра.

Література

1. Карлащук В.І. Електронна лабораторія на IBM PC. Програма Electronics Workbench і її вживання. – М.: Видавництва «СОЛОН-Р», 2001. – 726 с.
2. Попов В.І. Основи теорії ланцюгів. – М.: Вища школа, 2000. – 576 с.

Лабораторна робота № 3

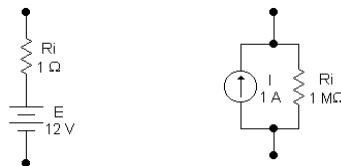
Модель джерела обмеженої потужності. Зняття характеристик навантажень

1.1 Мета роботи: розробити модель джерела обмеженої потужності та проаналізувати характеристики навантажень.

1.2 Зміст роботи: за допомогою основних елементів редактора EWB скласти принципову схему джерела обмеженої потужності та зняти характеристики навантажень.

1.3 Теоретичні відомості

Модель джерела обмеженої потужності (неідеального джерела) може бути створена двома способами – включаючи опір R_i послідовно з ідеальним джерелом напруги або паралельно з ідеальним джерелом струму (R_i – внутрішній опір джерела):



1.4 Порядок виконання роботи

Зібрати схему, представлену на Рис. 49. Підключити джерело напруги за допомогою ключа [1] на систему з резисторів навантажень (R_1 – R_4). Розмикаючи і замикаючи ключі [5]–[8] резисторів і вимірюючи струм і напругу, заповнити таблицю вимірів:

Джерело напруги		
Опір, Ом	Напруга V1, В	Струм A1, А
$R_1 = 0,1 \text{ Ом}$		
$R_2 = 1 \text{ Ом}$		
$R_3 = 10 \text{ Ом}$		
$R_4 = 100 \text{ Ом}$		

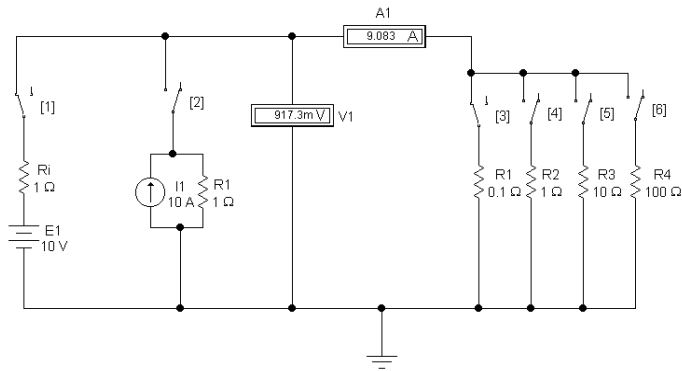


Рисунок 49 - Схема дослідження джерел обмеженої потужності

Повторити цей експеримент з джерелом струму (ключ [2]). Результати занести в таблицю вимірів:

Джерело струму		
Опір, Ом	Напруга V1, В	Струм A1, А
R1 = 0,1 Ом		
R2 = 1 Ом		
R3 = 10 Ом		
R4 = 100 Ом		

За результатами вимірів побудувати характеристики навантажень джерел обмеженої потужності.

1.5 У звіті відображається:

- тема і ціль роботи;
- принципова схема експерименту;
- результати вимірювань;
- висновки за роботою.

1.6 Контрольні запитання

1. Модель джерела обмеженої потужності.
2. Основні прилади вимірювань електричних параметрів у редакторі EWB.
3. Принципова схема експерименту.
4. Визначення параметрів джерела потужності.

Література

1. Карлашук В.І. Електронна лабораторія на IBM PC. Програма Electronics Workbench і її вживання. – М.: Видавництва «СОЛОН-Р», 2001. – 726 с.
2. Попов В.І. Основи теорії ланцюгів. – М.: Вища школа, 2000. – 576 с.

Лабораторна робота № 4

Залежні джерела напруги і струму. Зняття характеристик навантажень

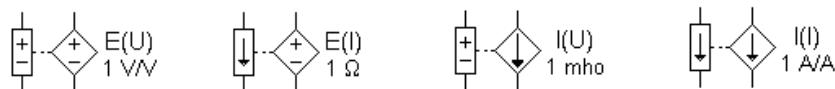
1.1 Мета роботи: розробити модель залежного джерела напруги і струму та проаналізувати характеристики навантажень.

1.2 Зміст роботи: за допомогою основних елементів редактора EWB скласти принципову схему залежного джерела напруги і струму та проаналізувати характеристики навантажень.

1.3 Теоретичні відомості

Реальні радіоелектронні пристрої (наприклад, підсилювачі) при теоретичному розгляді представляються джерелами. Характерною особливістю таких джерел є залежність їх ЕРС або струму від вхідного сигналу. Розрізняють залежні джерела напруги, керовані напругою $E(U_{vx})$ і струмом $E(I_{vx})$, і залежні джерела струму, керовані напругою $I(U_{vx})$ і струмом $I(I_{vx})$.

У EWB залежні джерела напруги і струму знаходяться в групі Source і мають наступні позначення:



Параметр біля позначення компонентів називається коефіцієнтом передачі і характеризує міру впливу вхідної напруги (або струму) на вихідну напругу (або струм). Наприклад, коефіцієнт передачі $1\Omega = 1V(\text{вольт}) / 1A(\text{ампер})$ означає, що при зміні струму, що управляє, на 1 А вихідна напруга зміниться на 1 V.

1.4 Порядок виконання роботи

Зібрати схему, представлену на Рис. 50. Підключити джерело напруги E1, що управляє, за допомогою ключа [1] до ланцюга управління залежного джерела напруги Eupr. По черзі розмикаючи і замикаючи ключі [5]–[8] в резисторів

навантажень R1–R4 і вимірюючи струм і напругу, занести результати в таблицю вимірів.

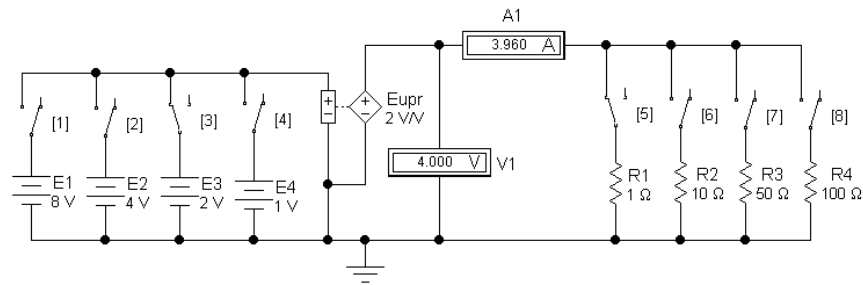


Рисунок 50 - Схема дослідження залежного джерела напруги

Повторити цей експеримент для джерел напруги E2, що управляють, E3 і E4, по черзі підключаючи їх за допомогою ключів [2]–[4] до ланцюга управління залежного джерела напруги Eupr.

Результати занести в таблицю вимірів:

Джерело, що управляє, коефіцієнт передачі	Параметр	R1= 1 Ом	R2= 10 Ом	R3= 50 Ом	R4= 100 Ом
E1=8 В 2V/V	Напруга V1, В				
	Струм A1, А				
E2=4 В 2V/V	Напруга V1, В				
	Струм A1, А				
E3=2 В 2V/V	Напруга V1, В				
	Струм A1, А				
E4= 1 В 2V/V	Напруга V1, В				
	Струм A1, А				

За результатами вимірів побудувати характеристики навантажень залежного джерела напруги.

1.5 У звіті відображається:

- тема і ціль роботи;
- принципова схема експерименту;
- результати вимірювань;
- висновки за роботою.

1.6 Контрольні запитання

1. Модель залежного джерела напруги.
2. Модель залежного джерела струму.
3. Основні прилади вимірювань опору у редакторі EWB.
4. Принципова схема експерименту.
5. Визначення параметрів джерела струму і напруги.

Література

1. Карлащук В.І. Електронна лабораторія на IBM PC. Програма Electronics Workbench і її вживання. – М.: Видавництва «СОЛОН-Р», 2001. – 726 с.
2. Попов В.І. Основи теорії ланцюгів. – М.: Вища школа, 2000. – 576 с.

Лабораторна робота № 5

Індуктивність

1.1 Мета роботи: розробити схему вимірювання індуктивності.

1.2 Зміст роботи: за допомогою основних елементів редактора EWB скласти принципову схему вимірювання параметрів котушки індуктивності та проаналізувати її вихідні характеристики.

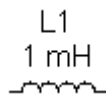
1.3 Теоретичні відомості

Індуктивність – елемент, що ідеалізується, здатний запасати енергію магнітного поля. Струм в індуктивності пов'язаний з напругою на її затисках наступними співвідношеннями:

$$u_L = L \frac{di}{dt} \quad \text{или} \quad i(t_2) = i(t_1) + \frac{1}{L} \int_{t_1}^{t_2} u \, dt.$$

Кількісно індуктивність L виражається в генрі.

У EWB індуктивність знаходиться в групі Basic і має наступне позначення:



1.4 Порядок виконання роботи

Зберіть схему, представлену на Рис. 51, і дослідіть вплив величини індуктивності на характер протікаючих процесів.

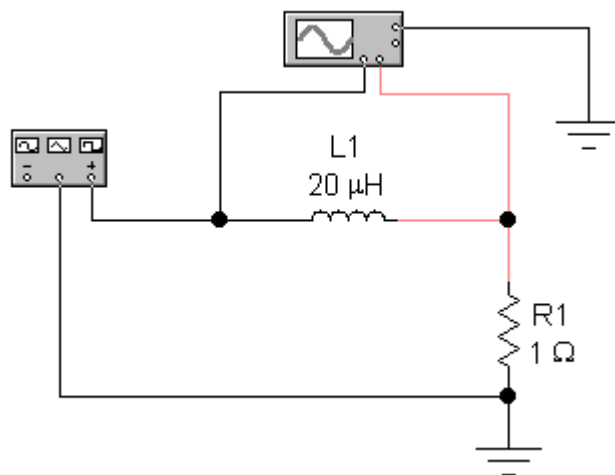


Рисунок 51 - Схема дослідження індуктивності

Зібрати схему, представлену на Рис. 51. Лінії, що йдуть до осцилографа, зробити різного кольору, аби 2 криві чітко розрізняти на екрані (Рис. 16). Двічі клацнути лівою клавiшею миші по зображенню генератора. На екрані з'явиться передня панель генератора (Рис. 22). Перетягнути курсор миші на вільне місце екрану. Вибрати вигляд сигналу – прямокутні імпульси, встановити частоту 10 кГц, коефіцієнт заповнення 50 % і амплітуду 10 В. Двічі клацнути лівою клавiшею миші по зображенню осцилографа. На екрані з'явиться передня панель осцилографа (Рис. 23). Перетягнути курсор на вільне місце екрану. Встановити режими AUTO, Y/T, чутливість каналів А і В 5V/Div, тривалість розгортки 0,02 ms/div.

Перемикачем [1] підключити індуктивність L1, Запустити моделювання командою Activate меню Analysis (Рис.26) або кнопкою (Рис. 1).



На екрані осцилографа з'являться 2 криві.

Перша крива – вхідна напруга на індуктивності (подається на канал А).

Друга крива – напруга на опорі R1. Оскільки напруга у вольтах на резисторі 1 Ом чисельно дорівнює струму через резистор в амперах ($I = U/R = U/1 = U$), то з екрану осцилографа можна безпосередньо прочитувати значення струму через індуктивність.

Зупинити режим аналізу. На екрані збережуться осцилограми напруги на індуктивності і струму через неї. Кнопкою Expand на передній панелі осцилографа збільшити розмір панелі (Рис. 52). На Рис. 52 крива 1 – напруга на індуктивності, крива 2 – струм через індуктивність.

Замалювати осцилограми, виміряти параметри сигналів. Для цього за трикутні вушка (вони позначені також цифрами 1 і 2) курсором перетягнути вертикальні візирні лінії (синього і червоного кольору) в точки початку і кінця одного з імпульсів (Рис. 52). Результати вимірів представлені в правому віконці під екраном. Тут:

- (T2–T1) – тривалість імпульсу;
- (VA2–VA1) – амплітудне значення сигналу, що подається на канал А (крива 1);
- (VB2–VB1) – амплітудне значення сигналу, що подається на канал В (крива 2).

Перемикачем [2] підключити індуктивність L2 і повторити процедуру вимірів.

Повторити виміри для L3, L4. Із збільшенням індуктивності амплітуда кривої 2 зменшуватиметься. Для зручності спостереження можна збільшити чутливість каналу (для L4 значення чутливості 100 mV/Div, що рекомендується).

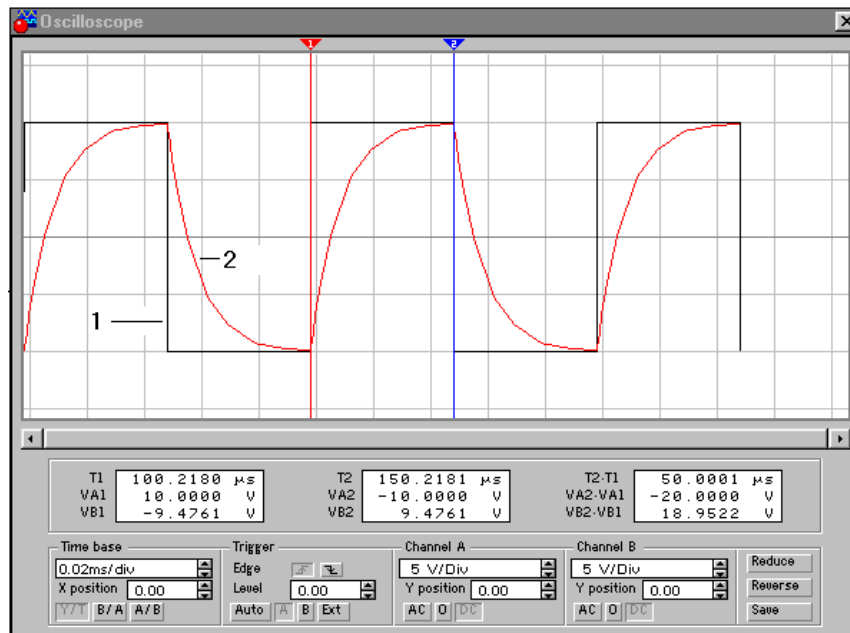


Рисунок 52 - Вимір параметрів процесів

Порівняйте розрахункове значення струму через індуктивність з експериментальними результатами.

1.5 У звіті відображається:

- тема і ціль роботи;
- принципова схема експерименту;
- результати вимірювань;
- висновки за роботою.

1.6 Контрольні запитання

1. Індуктивність, схематичне зображення.
2. Одиниці вимірювання індуктивності.
3. Осцилограф у редакторі EWB.
4. Принципова схема експерименту.
5. Визначення струму на індуктивності.

Література

1. Карлащук В.І. Електронна лабораторія на IBM PC. Програма Electronics Workbench і її вживання. – М.: Видавництва «СОЛОН-Р», 2001. – 726 с.
2. Попов В.І. Основи теорії ланцюгів. – М.: Вища школа, 2000. – 576 с.

Лабораторна робота № 6

Ємність

1.1 Мета роботи: розробити схему вимірювання ємності.

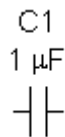
1.2 Зміст роботи: за допомогою основних елементів редактора EWB скласти принципову схему вимірювання параметрів конденсаторів.

1.3 Теоретичні відомості

Ємність – елемент, що ідеалізується, здатний запасати енергію електричного поля. Струм в ємності пов'язаний з напругою на її затисках наступними співвідношеннями:

$$i = C \frac{du}{dt} \quad \text{или} \quad u(t_2) = u(t_1) + \frac{1}{C} \int_{t_1}^{t_2} i dt.$$

У EWB ємність знаходиться в групі Basic і має наступне позначення:



1.4 Порядок виконання роботи

Зберіть схему, представлену на Рис. 53, і дослідіть вплив величини ємності на характер протікаючих процесів. Порядок виконання аналогічний викладеному в роботі № 5.

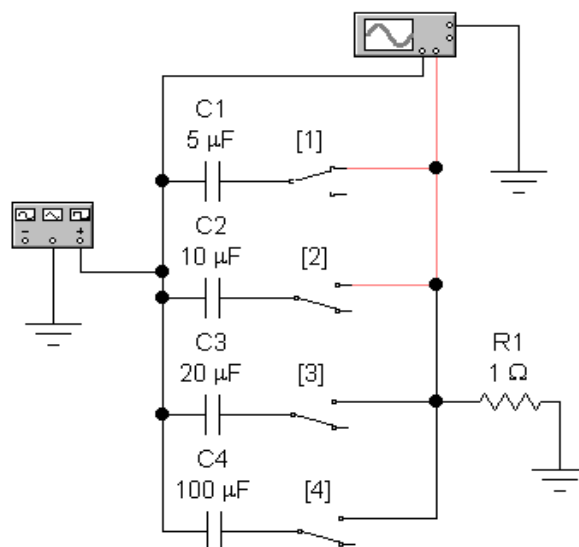


Рисунок 53 - Схема дослідження ємності

Проведіть порівняльний аналіз результатів, отриманих для ємності і індуктивності (робота № 5).

1.5 У звіті відображається:

- тема і ціль роботи;
- принципова схема експерименту;
- результати вимірювань;
- висновки за роботою.

1.6 Контрольні запитання

1. Ємність, схематичне зображення.
2. Одиниці вимірювання ємності.
3. Генератор коливань у редакторі EWB.
4. Принципова схема експерименту.
5. Визначення напруги та частоти коливань на конденсаторі.

Література

1. Карлащук В.І. Електронна лабораторія на IBM PC. Програма Electronics Workbench і її вживання. – М.: Видавництва «СОЛОН-Р», 2001. – 726 с.
2. Попов В.І. Основи теорії ланцюгів. – М.: Вища школа, 2000. – 576 с.