

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ТЕ1

## Ознайомлення з програмою для моделювання електричних кіл Electronics Workbench 5.12

### *1.1. Мета роботи*

Ознайомлення з програмою EWB для використання її в якості віртуальної лабораторії при вивченні курсу загальної електротехніки.

### *1.2. Коротка інформація про програму*

Програма Electronics Workbench 5.12 призначена для проектування як електричних кіл невисокого рівня складності, так і аналогових та цифрових електронних схем. Особливістю програми є наявність контрольно-вимірювальних приладів, за зовнішнім виглядом і характеристиками наближених до промислових аналогів.

Програма має достатньо простий інтерфейс, що складається з таких опцій:

#### *Меню File*

1. Перші чотири команди цього меню: **New, Open..., Save, Save as ...** – типові для Windows команди роботи з файлами.
2. **Revert to Saved...** – відновлення схеми до виду, що вона мала в момент останнього збереження..
3. **Import...** – перетворення нестандартних файлів схем (розширення .net або .cir) до стандартного виду Electronics Workbench.
4. **Export...** – зберігає файл схеми з одним з наступних розширень: .net, .scr, .cmp, .cir, .plc.
5. **Print...** – вибір даних для виведення на принтер.
6. **Print Setup...** – установка параметрів принтера.
7. **Install...** – установка додаткових компонентів Electronics Workbench із гнучких дисків.

#### *Меню Edit*

1. **Cut** – стирання виділеної частини схеми зі збереженням її в буфері обміну.
2. **Copy** – копіювання виділеної частини схеми в буфер обміну.
3. **Paste** – вставка вмісту буфера обміну на робоче поле програми.
4. **Delete** – стирання виділеної частини схеми.
5. **Select All** – виділення всієї схеми.
6. **Copy as Bitmap** – копіювання растрового зображення елементів в буфер обміну і використання його в текстових процесорах.
7. **Show Clipboard** – показати вміст буфера обміну.

#### *Меню Circuit*

1. **Rotate** – поворот елемента схеми на 90° (проти годинної стрілки).

2. **Flip Horizontal** – дзеркальне відображення елемента схеми по горизонталі.
3. **Flip Vertical** – дзеркальне відображення елемента схеми по вертикалі.
4. **Component Properties...** – властивості компонента.
5. **Create Subcircuit** – створення підсхем.
6. **Zoom In** – збільшення рисунка.
7. **Zoom Out** – зменшення рисунка.
8. **Schematic Options** – опції особливостей побудови схеми.

Після вибору цієї опції на екрані з'являється вікно, вигляд якого приводиться на рис. 1.1.

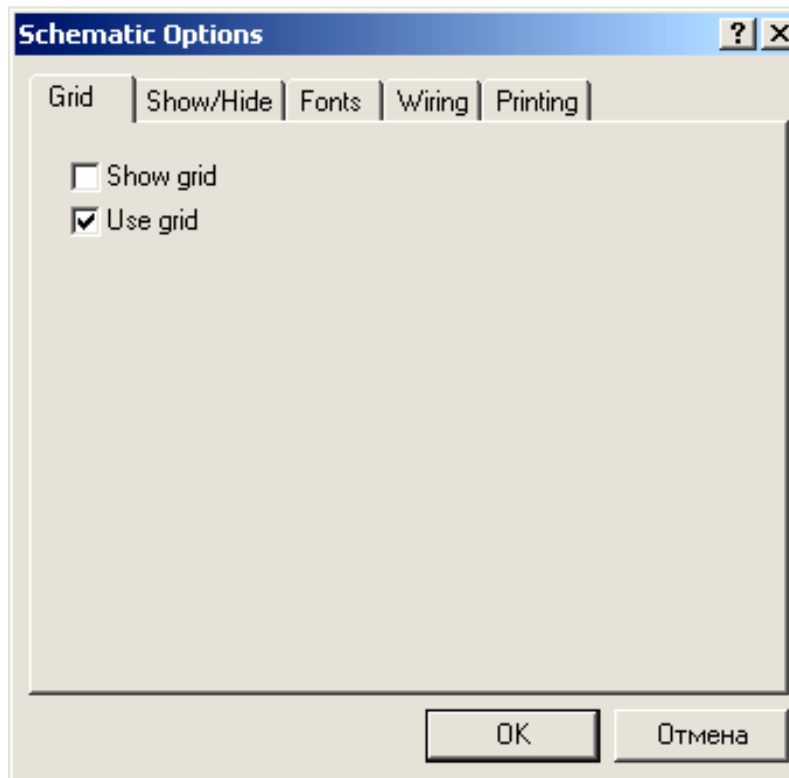


Рис. 1.1

Перша опція – **Grid** – дозволяє виводити на екран сітку, а також використовувати її при підготовці схеми.

Друга – **Show/Hide** – дозволяє відображати на екрані, або ховати одні чи інші складові зображення принципової схеми (назви вузлів, елементів схеми та інше).

Третя – **Fonts** – дозволяє вибирати розміри й тип шрифтів.

Четверта – **Wiring** – призначена для вибору ручної або автоматичної трасировки з'єднуючих провідників.

Остання, п'ята опція – **Printing** – завдає масштаб виводу схеми на принтер.

### *Меню Analysis*

1. **Activate** – активізувати роботу схеми.
2. **Pause** – пауза.
3. **Stop** – припинення роботи схеми.

4. **Analysis Option** – набір команд для установки параметрів моделювання. Відповідно до рис.1.2, вікно має 5 опцій, кожна з яких дозволяє задавати необхідні параметри для різних задач моделювання. Перша опція – **Global** – дає можливість задавати установки загального типу. Параметри установок мають наступні значення:

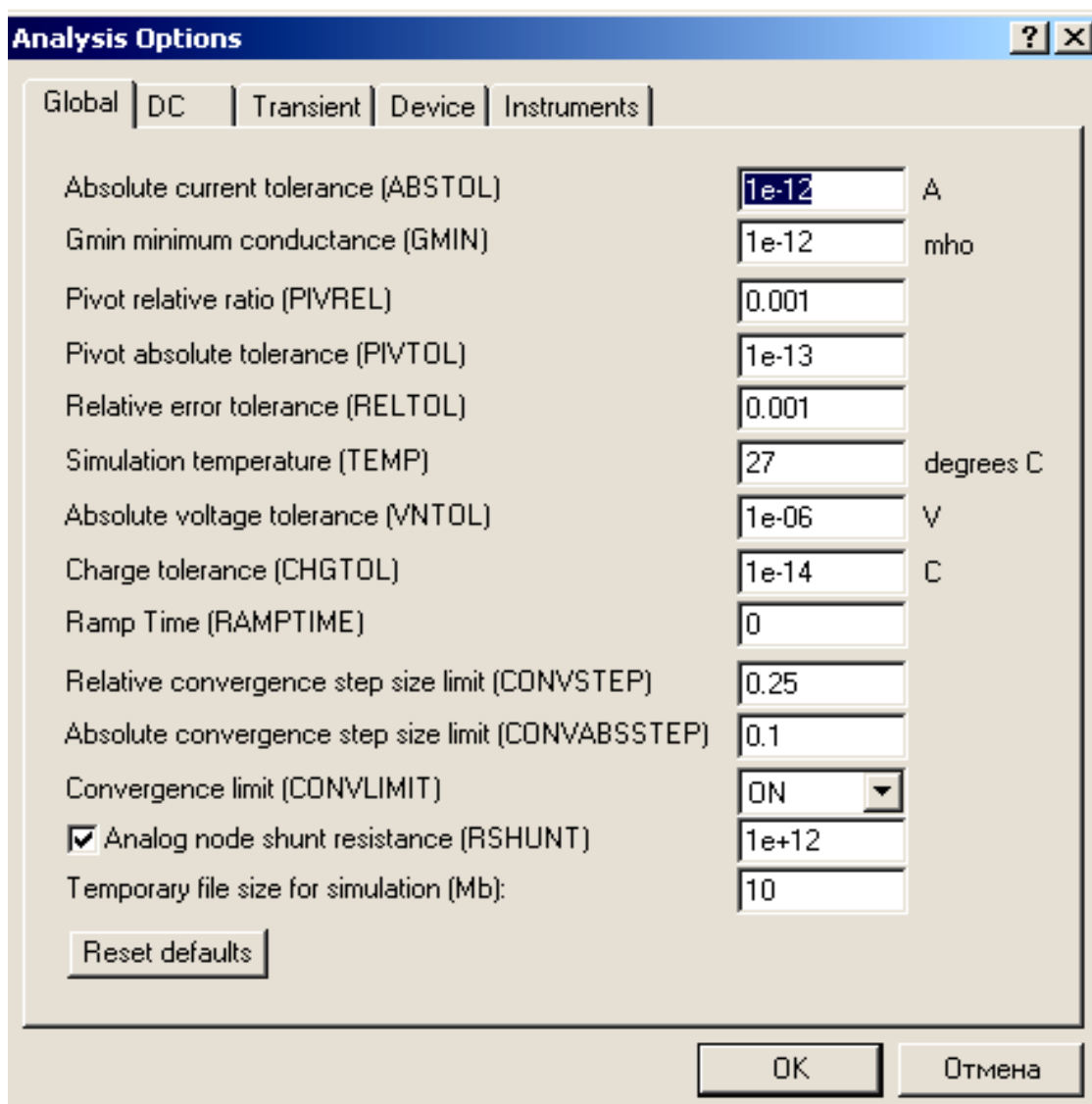


Рис. 1.2

*Absolute current tolerance (ABSTOL)* – задає абсолютну помилку розрахунку струмів.

*Gmin minimum conductance (GMIN)* – мінімальна провідність гілки електричного кола (прийнято, що менша величина провідності сприймається рівною нулю).

*Pivot relative ratio (PIVREL)* – відносна величина елемента строчки матриці вузлових провідностей.

*Pivot absolute tolerance (PIVTOL)* – мінімальна абсолютна величина елемента схеми, яка не сприймається як нуль.

*Relative error tolerance (RELTOL)* – допустима відносна помилка розрахунку напруг і струмів.

*Simulation temperature* (TEMP) – температура елементів схеми, при якій виконується моделювання.

*Absolute voltage tolerance* (VNTOL) – допустима помилка розрахунку напруг у режимі аналізу перехідних процесів (Transient).

*Charge tolerance* (CHGTOL) – допустима помилка розрахунку зарядів.

*Ramp Time* (RAMPTIME) – початкова точка підрахунку часу при аналізі перехідних процесів.

*Relative convergence step size limit* (CONVSTEP) – відносний розмір кроку ітерації при розрахунку режиму по постійному струму.

*Absolute convergence step size limit* (CONVABSSTEP) – абсолютний розмір кроку ітерації при розрахунку режиму по постійному струму.

*Convergence limit* (CONLIMIT) – підключення або відключення допоміжних засобів для забезпечення збігання ітераційного процесу (наприклад, за рахунок використання методу варіації напруг джерел живлення).

*Analog node shunt resistance* (RSHUNT) – допустиме значення електричних втрат для всіх вузлів електричної схеми відносно загальної шини (заземлення).

*Temporary file size for simulation* (Mb) – розмір тимчасового файлу для моделювання.

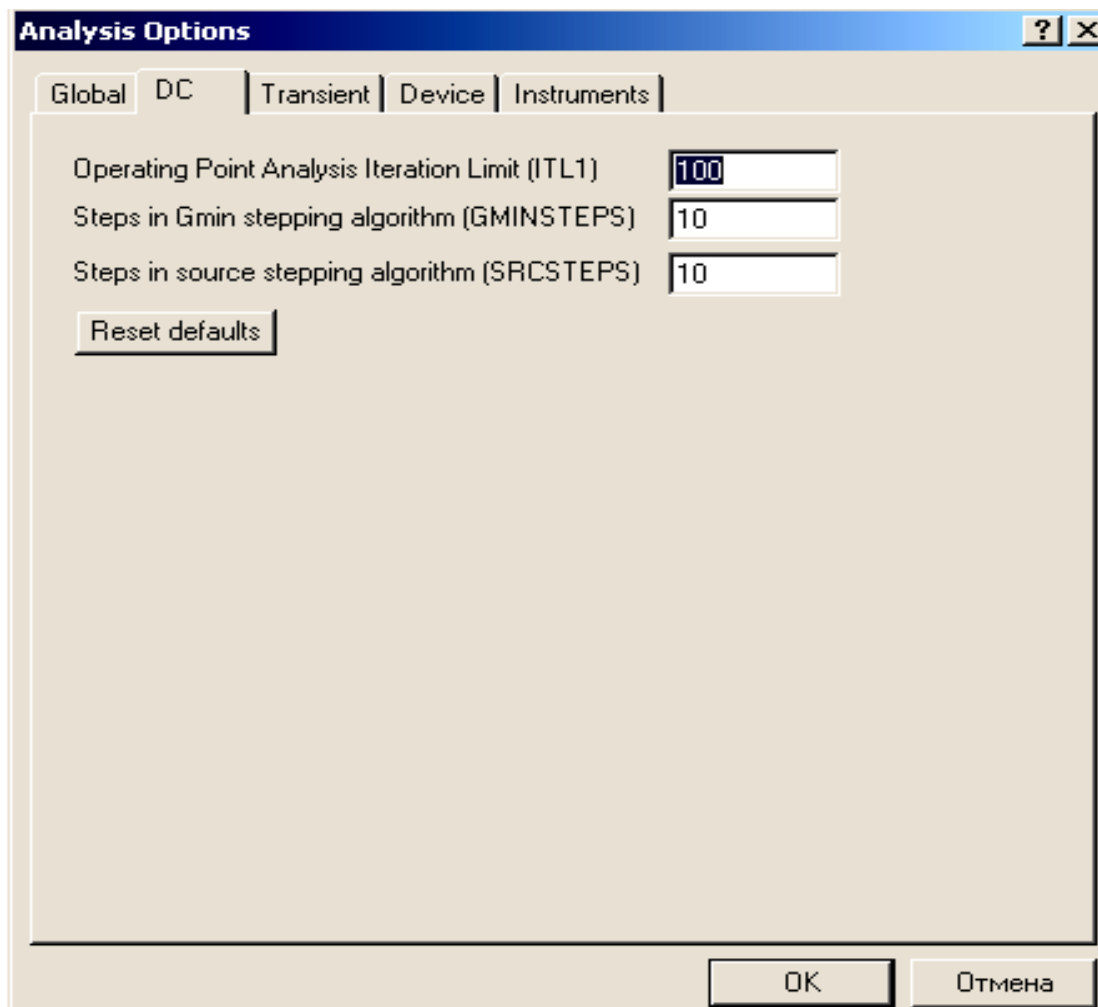


Рис. 1.3

Опція **DC** призначена для установки параметрів електричного кола постійного струму. Вигляд опції приводиться на рис. 1.3.

*Operating Point Analysis Iteration Limit (ITL1)* – максимальна кількість ітерацій наближених розрахунків.

*Steps in Gmin stepping algorithm (GMINSTEPS)* – розмір приросту провідності у відсотках від Gmin (використовується при слабкому збіганні ітераційного процесу).

*Steps in source stepping algorithm (SRCSTEPS)* – розмір приросту напруги у відсотках від його номінального значення при варіації напруги живлення (використовується при слабкому збіганні ітераційного процесу).

Опція **Transient** призначена для установки параметрів при аналізуванні перехідних процесів. Її вікно зображене на рис. 1.4.

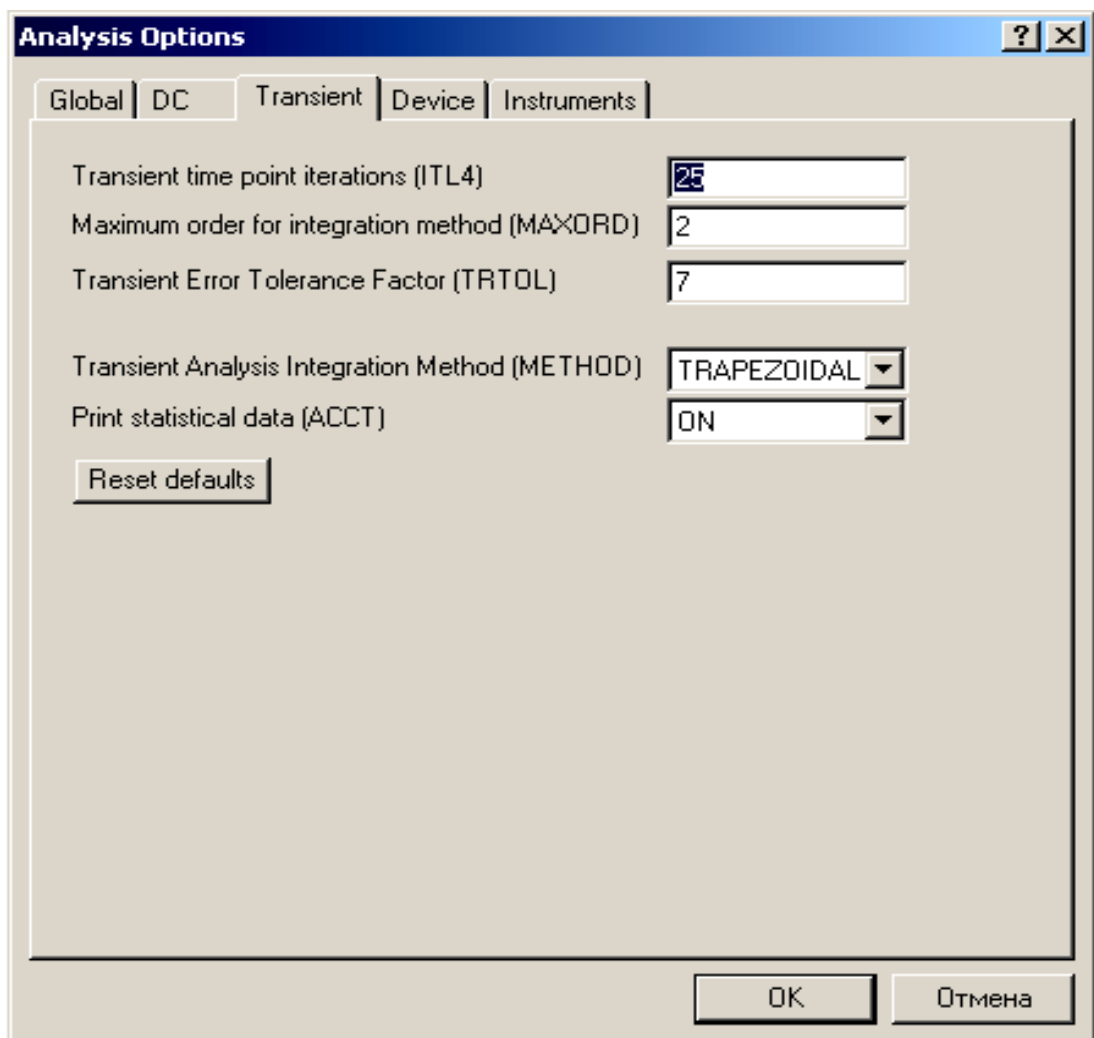


Рис. 1.4

*Transient time point iterations (ITL4)* – максимальна кількість ітерацій за час аналізу перехідних процесів.

*Maximum order for iteration method* (MAXORD) – максимальний порядок (від 2-х до 6-ти) методу інтегрування диференційного рівняння.

*Transient Error Tolerance Factor* (TRTOL) – допуск на помилку обчислення змінної.

*Transient Analysis Integration Method* (METHOD) – метод наближеного інтегрування диференційного рівняння. (Використовується два методи: TRAPEZOIDAL – метод трапецій та GEAR - метод Гіра).

*Print statistical data* (ACCT) – дозвіл на друк статистичних даних.

Кнопка *Reset defaults* – призначена для повернення до попередніх значень установок, які встановлюються по замовчуванню. Вона використовується в тих випадках, коли з'являється необхідність повернутись до початкових установок.

Опція **Device** призначена для вибору параметрів МОН-транзисторів.

Опція **Instruments** – призначена для установки параметрів вимірювальних приладів. Вигляд вікна опції приводиться на рис. 1.5.

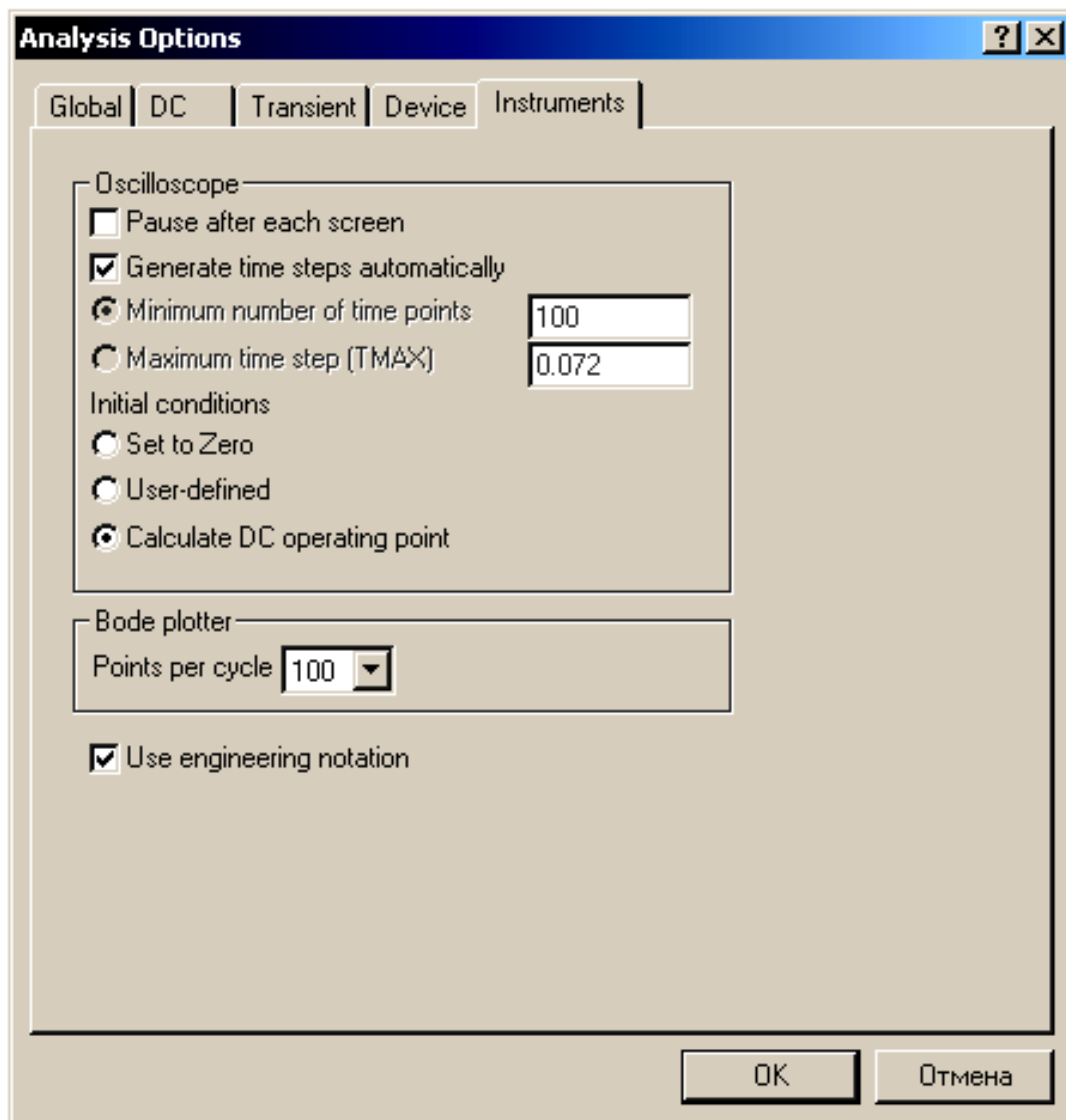


Рис. 1.5

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

*Generate time steps automatically* – автоматична установка часового кроку (інтервалу) виводу інформації на екран.

*Minimum number of time points* – мінімальна кількість крапок, які відображаються, за період реєстрації.

*Maximum time step (TMAX)* – інтервал часу від початку до кінця моделювання.

*Set to Zero* – установка в нульовий стан контрольно-вимірювальних приладів перед початком моделювання.

*User-definet* – керування процесом моделювання користувачем (пуск і зупинка).

*Calculate DC operating point* – виконання розрахунку режиму по постійному струму.

*Points per cycle* – кількість крапок, які відображаються при виводі амплітудно-частотних і фазочастотних характеристик (Bode plotter).

*Use engineering notation* – використання інженерної системи позначень одиниць вимірювань (наприклад, напруги будуть виводитись в мілівольтах і т.п.).

5. **DC Operating Point** – виконання розрахунків по постійному струму. При роботі програми EWB у такому режимі витікає, що з схеми, яку моделюють, виключаються всі конденсатори і закорочуються індуктивності. Для використання такого режиму необхідно позначити всі вузли схеми. Це забезпечується тим, що при використанні команд меню **Analysis** доцільно в меню *Circuit > Schematic option > Show/Hide* включити опції *Show Reference ID* і *Show nodes*. Прикладом схеми для аналізу по постійному струму є рис. 1.6.

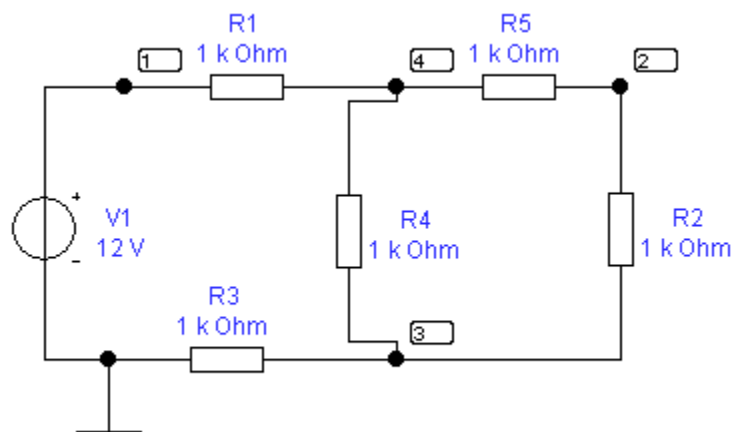
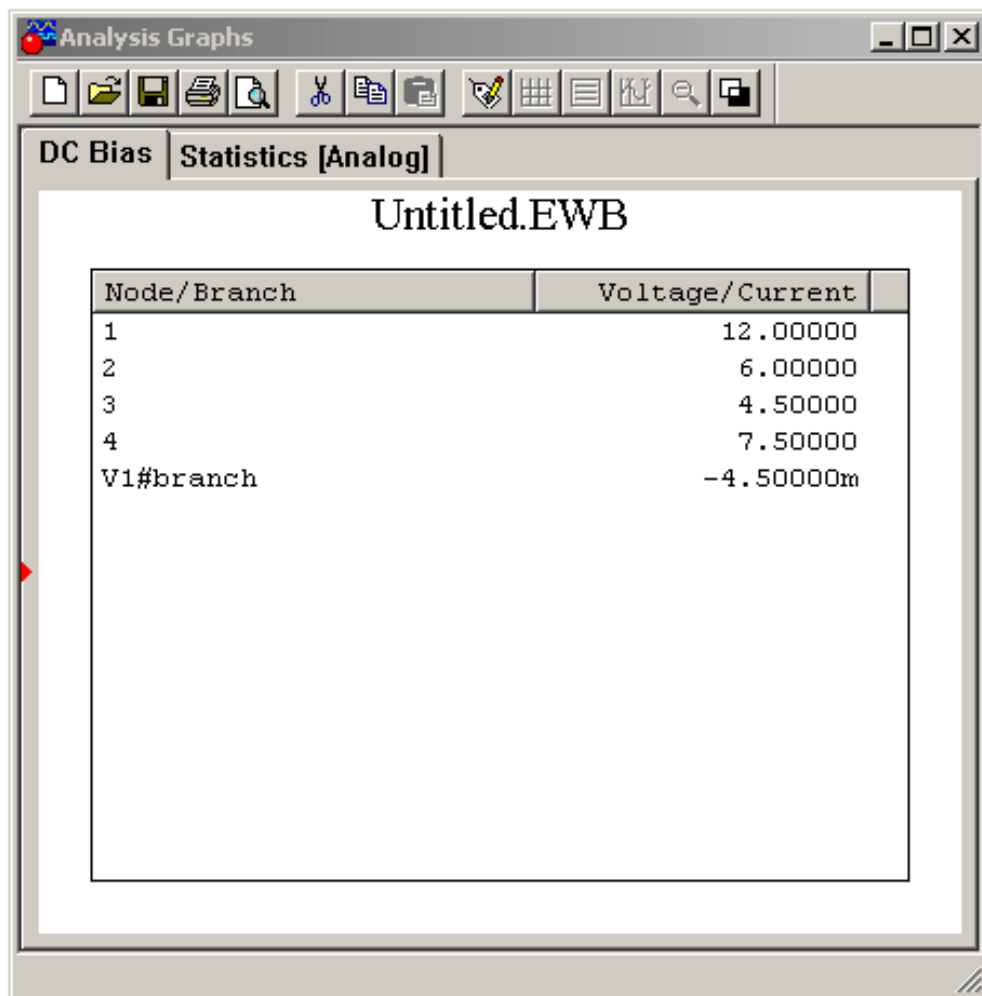


Рис. 1.6

Після вибору опції, яка розглядається, появляється вікно **Analysis Graphs**, вигляд якого приводиться на рис. 1.7. в режимі **DC Bias** і з назвою файлу Untitled.EWB.

Нижче приводяться вузли й гілки схеми і відповідні значення напруг і струмів. Змінна V1#branch - позначає струм від джерела живлення.

В режимі Statistics [Analog] – приводиться ряд показників (параметрів) моделювання, які не є обов'язковими для дослідження схемотехніки.



Node/Branch	Voltage/Current
1	12.00000
2	6.00000
3	4.50000
4	7.50000
V1#branch	-4.50000m

Рис. 1.7

6. **DC Sweep...** – варіація параметрів джерел при розрахунку режиму по постійному струму. В задачах електротехніки використання опції, що описується, дозволяє прискорити оцінку диференційного опору нелінійних елементів електричних кіл. Вікно установок планованих коливань напруги зображено на рис. 1.8. Для будь-якого з двох джерел встановлюються початкові і кінцеві значення напруги, або діапазон коливань. Після установки необхідних параметрів запускається режим аналізу (кнопкою *Simulate*) і на екрані монітора з'являється вікно **Analysis Graph** з графіком залежності абсолютних коливань напруги джерела й коливань напруги від часу в точці схеми, що аналізується. Більш детально використання опції буде описано у відповідних лабораторних роботах.



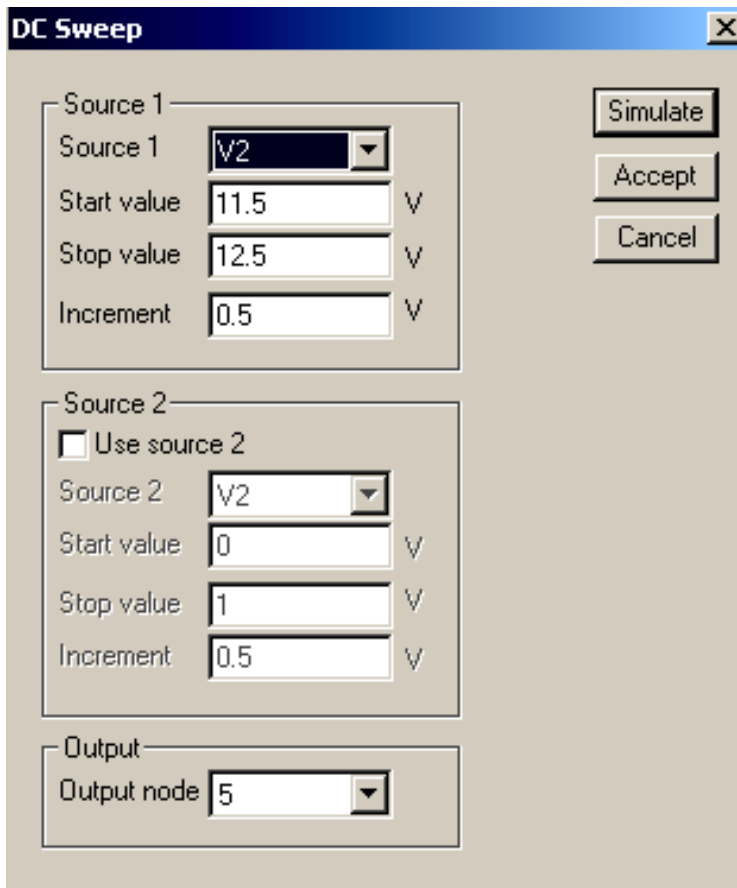


Рис. 1.8

7. **AC Frequency...** – розрахунок частотних характеристик. Виконання аналізу починається з установок у діалоговому вікні **AC Frequency Analysis** (Рис. 1.9). Перед початком проведення дослідження встановлюються діапазон частот, якій досліджується, тип вертикальної шкали, а також указуються ті вузли, для яких необхідно виконати обчислення частотних характеристик. Більш детально особливості установок будуть пояснені у відповідних лабораторних роботах.
8. **Transient...** – установка параметрів перехідного процесу і його моделювання.
9. **Fourier** – забезпечує проведення гармонічного аналізу напруги в заданих точках.
10. **Noise...** – забезпечує проведення дослідів по оцінці рівня і спектру шумів у відповідних вузлах електронних кіл.
11. **Distortion...** – забезпечує аналіз нелінійних та інтермодуляційних спотворень сигналів в електричних і електронних колах.
12. **Parameter Sweep...** – забезпечує проведення дослідів при варіації параметрів електричних і електронних кіл. Широко використовується при оцінці “грубості” схеми по відношенню до параметрів, що змінюються. Детально буде описано при вивченні роботи електронних схем.

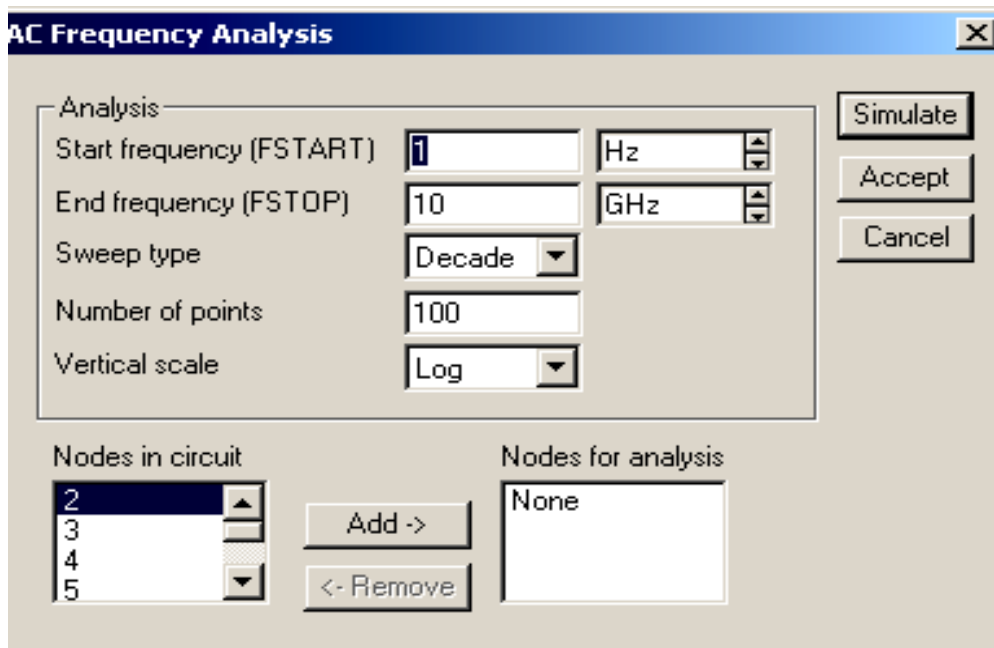


Рис. 1.9

13. **Temperature Sweep...** – використовується при оцінці впливу температури на роботу електричних та електронних кіл.
14. **Pole-Zero...** – забезпечує розрахунок карти нулів і полюсів передаточної характеристики схеми, що моделюється.
15. **Transfer Function...** – розрахунок передаточної функції.
16. **Sensitivity...** – розрахунок відносної чутливості характеристик схеми до зміни параметрів вибраного компонента при частотному аналізі або при розрахунках по постійному струму.
17. **Worst Case...** – забезпечує виконання розрахунків в режимах постійного або змінного струмів при граничних відхиленнях характеристик схеми.
18. **Monte Carlo...** – забезпечує проведення статистичного аналізу схеми по методу Монте-Карло.
19. **Display Graphs** – дозволяє дивитись, регулювати і зберігати графіки та діаграми. Використовується для показу результатів всіх досліджень під час роботи з графіками та діаграмами.

### **Меню Window**

1. **Arrange** – акуратне розташування всіх відкритих вікон.
2. **Circuit** – вивід зображення схеми на передній план;
3. **Description** – відкриття вікна опису схеми. Якщо вікно опису вже відкрито, переносить його на передній план. У вікні опису можна надрукувати коментарі до схеми.

### **Меню Help**

Меню Help містить стислу інформацію про всі розглянуті вище команди, бібліотечні компоненти і вимірювальні прилади, а також інформацію про саму програму.

Зовнішній вигляд інтерфейсу програми зображений на рисунку 1.10.

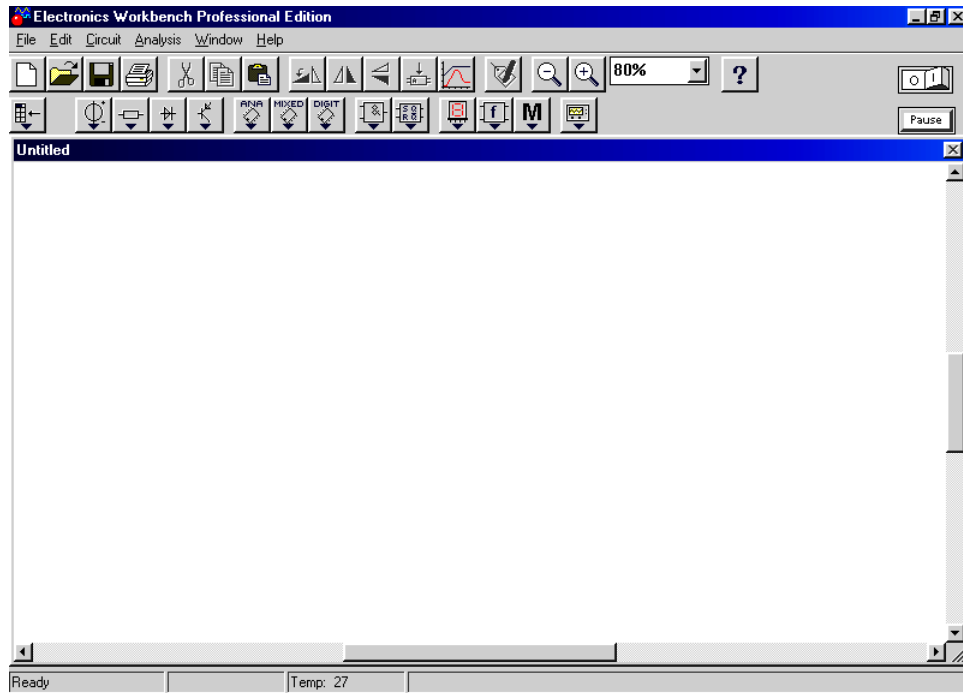


Рис. 1.10

Цикл лабораторних робіт виконується на основі моделювання електричних схем за допомогою програмного пакета Electronics Workbench. Особливість пакета полягає в тому, що для кожного елемента електричної схеми створена відповідна математична модель. Кожна модель активізується шляхом виведення її умовного електричного позначення на екран монітора. З'єднання умовних позначень електричних елементів активізує рівняння відповідності струмів в гілках створеної схеми і напруг між вузлами. Таким шляхом створюється математична модель електричної схеми, яку досліджують. Пакет Electronics Workbench має розвинену бібліотеку електричних і електронних компонентів, але в розглянутому циклі лабораторних робіт буде використовуватись лише частина з них.

### *Електричні компоненти віртуальної лабораторії*

Електричні компоненти віртуальної лабораторії вибираються з

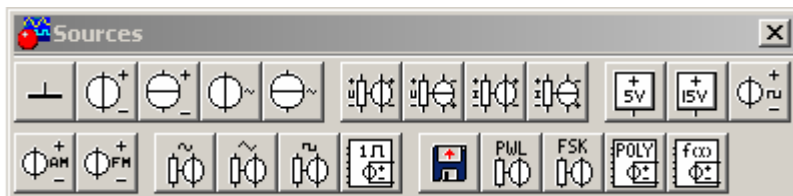


Рис. 1.11

відповідних бібліотек, які, в свою чергу, знаходяться в меню елементів. Джерела живлення вибираються з меню **Sources** (Рис. 1.11), з якого можна вибрати 23 типи джерел електричних сигналів. Для курсу, що вивчається, використовується лише частина з них. Це джерела постійної і змінної напруги (Рис. 1.12а), джерела постійного і змінного струму (Рис. 1.12б), а

відповідних бібліотек, які, в свою чергу, знаходяться в меню елементів. Джерела живлення вибираються з меню **Sources** (Рис. 1.11), з якого можна вибрати 23

також заземлення (Рис. 1.12в), яке є обов'язковим елементом будь-якої електричної схеми, що набирається у віртуальній лабораторії.

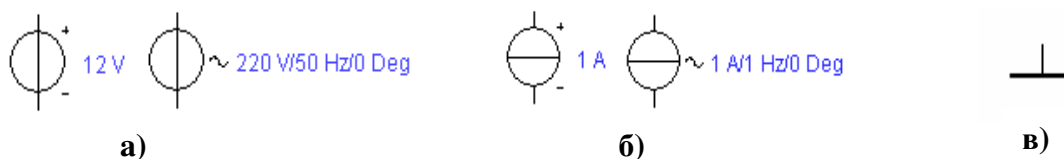


Рис. 1.12

Встановлення параметрів джерел живлення забезпечується за допомогою опції властивостей того чи іншого елемента.

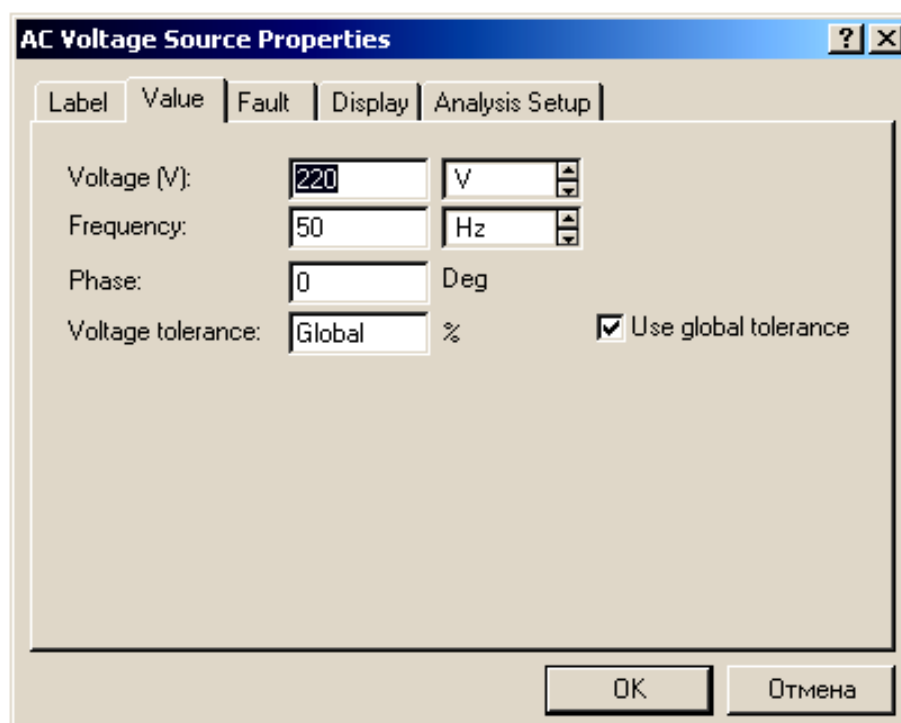


Рис. 1.13

На рис. 1.13, як приклад, приводиться опція властивостей джерела змінного струму, яка забезпечує можливість встановлення наступних характеристик (вікно опції викликається подвійним натисненням лівої кнопки „миші”):

**Label** – умовні позначення;

**Value** – електричні параметри;

**Fault** – аварійні параметри;

**Display** – відображення тих або інших елементів Electronics Workbench;

**Analysis Setup** – установки при використанні джерела в задачах спектрального аналізу.

Діапазон встановлених електричних параметрів достатньо широкий для проведення будь-яких лабораторних досліджень в курсі електротехніки.

Пасивні компоненти електричних кіл вибираються з меню **Basic** (Рис. 1.14). З цього меню в лабораторному практикумі використовуються такі компоненти як резистори, конденсатори, індуктивності, а

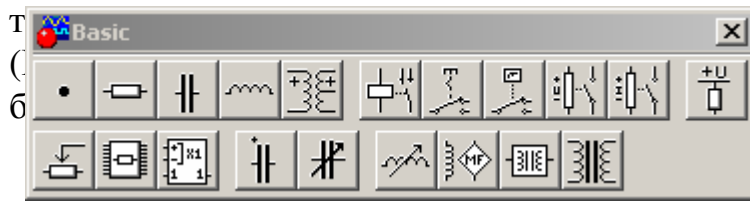


Рис. 1.14

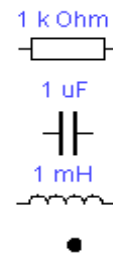
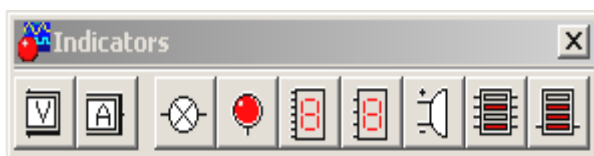


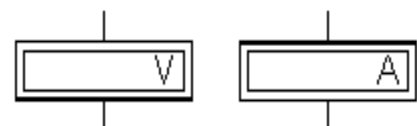
Рис. 1.15

пояснюватись при їх використанні. Встановлення параметрів вибраних елементів виконується таким же шляхом, як і вибір параметрів джерел живлення.

Вимірювальні прилади вибираються з меню **Indicators** (Рис. 1.16а). З бібліотеки індикаторів у лабораторному практикумі будуть використовуватись лише вольтметр і амперметр (Рис.1.16б), які встановлюються для вимірювання постійних і змінних напруг і струмів. Діапазон величин що вимірюються, перекриває всі необхідні значення, які можуть використовуватись у реальній електротехніці. Властивості вимірювальних приладів дають можливість, поряд з параметрами струмів та напруг встановлювати величини внутрішнього опору. При дослідженні електричних кіл змінного струму можна використовувати осцилограф. Це корисно для проведення вимірювань напруг, струмів і фазових співвідношень між ними. Осцилограф, як і ряд інших складних електронних приладів, знаходиться в меню **Instruments** (Рис. 1.17). Використання осцилографа можливо як для вимірювання напруг постійного струму по відношенню до загальної шини, так і для вимірювання параметрів напруг змінного струму. Загальний вигляд осцилографа приводиться на рис. 1.18.



а)



б)

Рис. 1.16

Двоканальний осцилограф дозволяє виконувати широкий ряд вимірювань, які встановлюються часовими параметрами (**Time base**), порогом і рівнем визначення сигналу, який

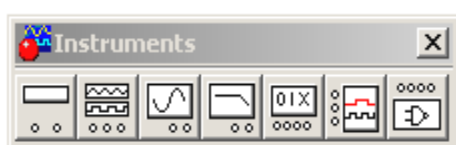


Рис. 1.17

вимірюється, (**Trigger**), а також рівнем амплітуди вхідного сигналу, що може подаватись на два канали одночасно (канал А і канал В). Масштаб рівня сигналів встановлюється у вольтах на ділення ( $V/Div$ ). У нижній частині вікна **Time base** осцилографа розміщені три кнопки, які забезпечують відображення інформації в часі **Y/T**, або у вигляді фігури Лісажу (**B/A**, **A/B**). Якщо є необхідність уточнення

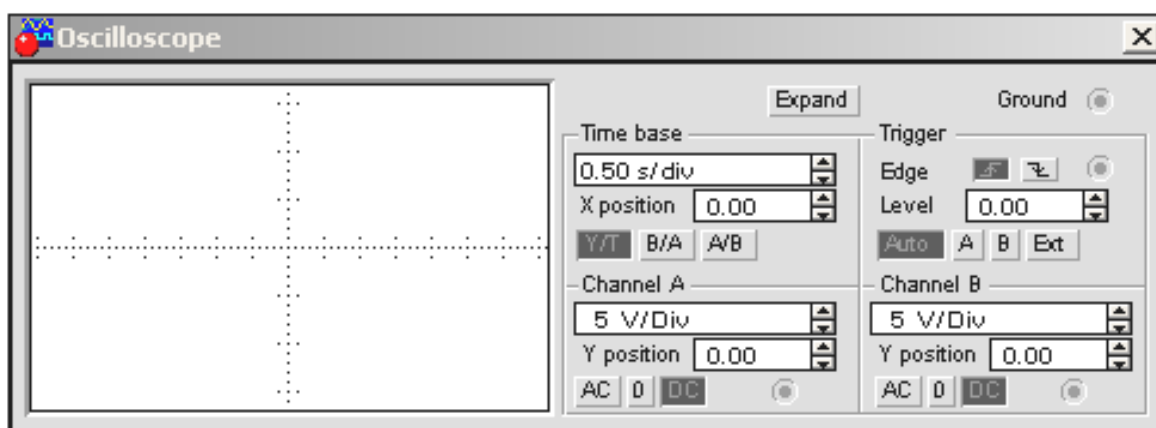


Рис. 1.18

параметрів сигналів, які досліджуються, осцилограф можна переключити кнопкою **Expand** у збільшений розмір, який приводиться на рисунку 1.19. Вертикальні лінії курсору ліворуч і праворуч екрану, які переміщуються за допомогою “миші”, дають можливість більш точно визначити амплітуди сигналів і часові співвідношення. Такі вимірювання в EWB виконуються в режимі паузи, яка встановлюється у правому верхньому куті екрану монітора.

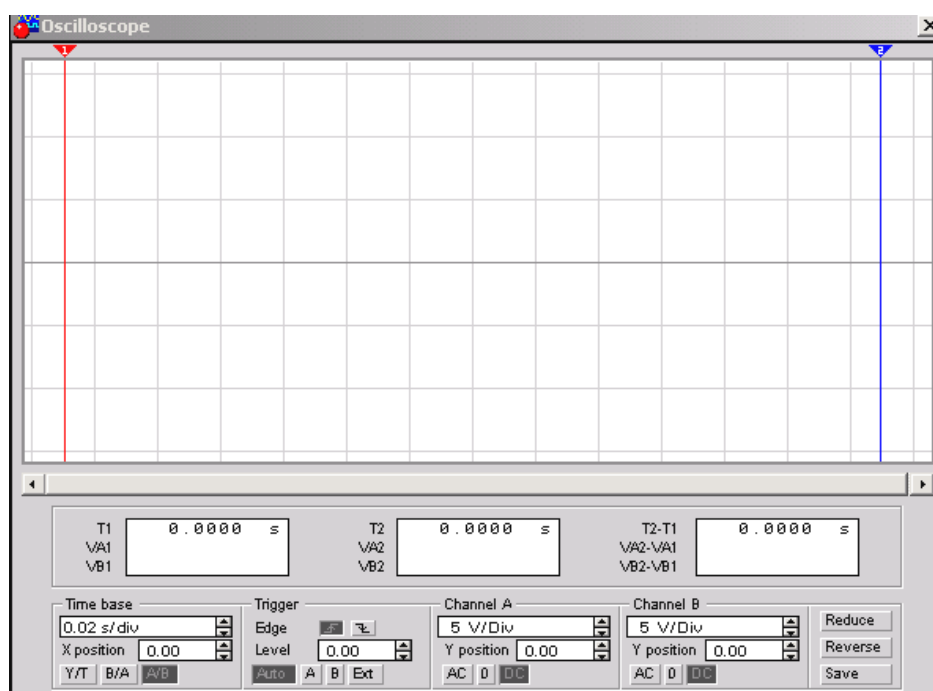


Рис. 1.19

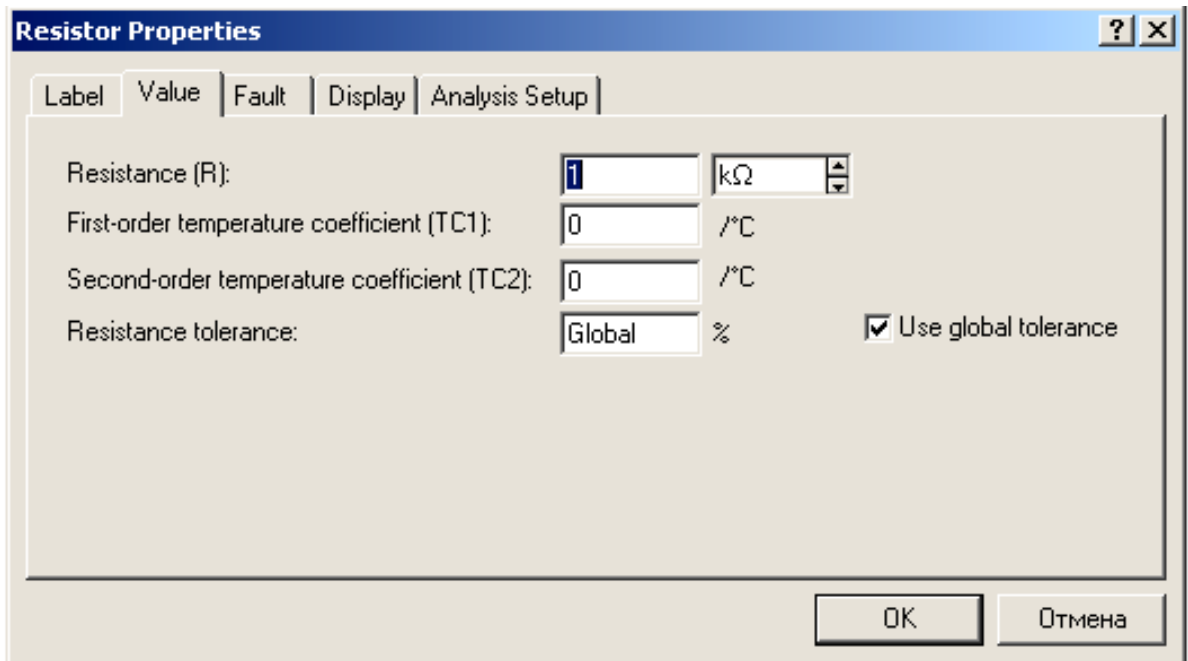
### **1.3. Використання віртуальної лабораторії EWB для виконання роботи**

В віртуальній лабораторії EWB найпростіші вимірювальні прилади – амперметр та вольтметр – прилади з автоматичним змінюванням діапазону і не потребують настроювання. В одній схемі можна застосовувати кілька таких приладів одночасно для вимірювання струмів і напруг різних елементів електричного кола. Виділена жирною лінією сторона прямокутника, що зображує ці прилади, відповідає негативному затискачу приладу.

#### **1.4. Порядок виконання роботи**

1.4.1. Проєкспериментуйте з вибором пасивних компонентів і джерел живлення з бібліотеки EWB і встановленням їх положень на екрані. Установіть самостійно вибрані параметри для конденсатора, резистора, джерела живлення.

1.4.2. Складіть найпростіші схеми з послідовним, паралельним з'єднанням джерел живлення постійного і змінного струму і пасивних компонентів (резисторів – при використанні джерел постійного струму та резисторів, конденсаторів, індуктивностей – при використанні джерел змінного струму). Перед тим як створити креслення принципової електричної схеми засобами програми EWB, необхідно на аркуші паперу підготувати її ескіз із зразковим розташуванням компонентів.



**Рис. 1.20**

У загальному випадку процес створення схеми починається з розміщення на робочому столі компонентів з бібліотек програми, відповідно до підготовленого ескізу. Необхідний для створення схеми значок (символ, умовне позначення) компонента переноситься з каталога на робоче поле

програми рухом “миші” при натиснутій лівій кнопці, після чого кнопка відпускається для фіксації символу. Вибраний компонент буде освітлений червоним кольором. Кнопками **Rotate**, **Flip horizontal**, **Flip vertical** встановлюється положення елемента у схемі.

Подвійне натиснення кнопки “миші” на умовному зображенні елемента забезпечує визов вікна для встановлення необхідних параметрів: опір резистора, індуктивність дроселя, ємність конденсатора і т.п. (Рис. 1.20). Вибір підтверджується натисканням кнопки **Accept (OK)** або клавіші **Enter**. При розробці схем використовуються лише два перших вікна **Label** і **Value**: перше дозволяє встановлювати літерні й цифрові надписи біля вибраних компонентів, а друге – їх величини.

Після розміщення компонентів проводиться з'єднання їхніх виводів провідниками. При цьому необхідно враховувати, що до кожного виводу компонента можна підключити тільки один провідник. Складання електричних схем виконується в такій послідовності. Підводиться стрілка “миші” до електроду компонента до моменту появи чорної (з'єднуючої) точки. Після цього натискається ліва кнопка “миші” і підводиться до електроду другого компонента електричної схеми. При появі аналогічної з'єднуючої точки кнопка “миші” відпускається. При цьому з'являється видиме з'єднання двох компонентів. Колір видимого з'єднання можна змінити. Для цього стрілка “миші” підводиться до провідника і подвійним натисненням лівої кнопки викликається вікно **Wire Properties**, в якому вибирається бажаний колір провідника. Якщо до кольорового провідника приєднується вхід осцилографа, то відповідний промінь буде мати такий же колір.

При необхідності підключення до встановлених елементів схеми інших провідників, у бібліотеці **Basic** вибирається символ з'єднання і переноситься на раніше встановлений провідник. До цієї точки з'єднання можна підключити ще два провідники. При встановленні в схему, що проектується, символу з'єднання (точки) він буде засвічений червоним кольором. При переводі його в пасивний стан, на точці може бути видимою лінія з'єднання. Це говорить про відсутність з'єднання в схемі. В такому випадку необхідно повторити установку символу з'єднання. Символ з'єднання може мати умовні позначення (номери), так же, як і інші компоненти електричної схеми.

При необхідності розірвати встановлене з'єднання використовуються два способи. По першому з них до провідника підводиться курсор “миші” і лівою кнопкою виділяється (виділена лінія буде мати подвійну ширину). Після цього правою кнопкою “миші” викликається вікно, в якому необхідно нажати опцію **Delete**. Другий спосіб полягає в тому, що виконується процедура, зворотна процедурі з'єднання. Підводиться курсор “миші” до одного з електродів електричних компонентів і після появи чорної (з'єднуючої) точки натискається ліва кнопка й курсор відводиться від компонента.

1.4.3. Складіть схеми у відповідності до рис. 1.21 і додатка. Встановіть вимірювальні прилади на використання в колах постійного струму. Включіть



схему в роботу й заміряйте напругу, яку показує вольтметр і струм, що протікає через амперметр. Виконайте аналіз роботи схем на основі закону Ома.

1.4.4. Визначте величину внутрішнього опору вимірювальних приладів, яка задається за замовчуванням. Майте на увазі, що для перевірки внутрішнього опору амперметра потрібно паралельно до амперметра під'єднати вольтметр, а для перевірки внутрішнього опору вольтметра – послідовно з вольтметром під'єднати амперметр.

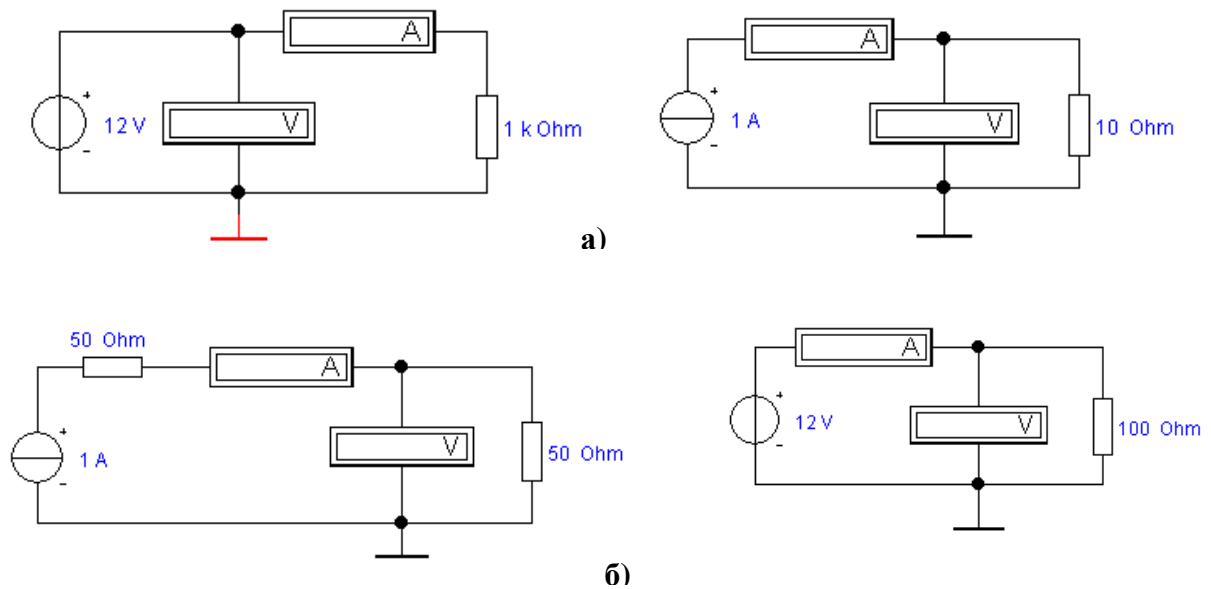


Рис. 1.21

1.4.5. Замініть резистори індуктивними опорами “дроселями” (для непарних варіантів) або конденсаторами (для парних варіантів), а джерела постійного струму і напруги – джерелами змінного струму і напруги. Переключіть режим роботи вимірювальних приладів з **DC** на **AC** (режим вимірювання змінного струму). Для цього необхідно визвати вікно **Properties Ammeter (Voltmeter)** і, вибравши **Value>Mode**, встановити режим **AC**.

Для проведення вимірювань необхідно встановити частоту джерел змінного струму, наприклад, 1000 Гц. Розрахуйте необхідну величину індуктивності (ємності) при умові, що її опір на частоті 1000 Гц близький до величини опору резисторів, які приводяться в схемах на рис. 1.21. Провести вимірювання струмів і напруг відповідно до завдання.

1.4.6. Встановити частоту джерела змінного струму 200 Гц і заміряти струм та напругу електричного кола. Встановити частоту 5000 Гц і знов заміряти струм та напругу.

### 1.5. Вимоги до звіту

1.5.1. Перевірити дію закону Ома.

1.5.2. Визначити внутрішній опір вольтметра та амперметра.

1.5.3. Виконати розрахунки реактивних елементів.

1.5.4. Побудувати графік залежності опору дроселя ( $X_L$ ) або опору конденсатора ( $X_C$ ) від частоти джерела живлення.

1.5.5. Привести схеми, що досліджувались, результати обчислювань і результати виконаних вимірювань для кіл постійного і змінного струму.

1.5.6. Зробити висновки по роботі.

### 1.6. Питання до атестації

1.6.1. Пояснити, чому внутрішній опір вольтметра відрізняється від внутрішнього опору амперметра.

1.6.2. Пояснити необхідність врахування потужності резистора при розрахунках електричних схем.

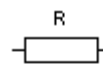
1.6.3. Пояснити, чому амперметр має малий внутрішній опір, а вольтметр – великий.

1.6.4. Пояснити залежність між струмом, що протікає через конденсатор, зарядом, який накопичується на ньому і напругою, яка може бути заміряна на обкладках.

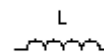
1.6.5. Пояснити взаємозв'язок між струмом, що протікає через дросель, потужністю, що створюється ним, напругою, що прикладається до дроселя і е.р.с. самоіндукції.

### 1.7. Задачі

1.7.1. Вказати схемне зображення ідеального пасивного елемента в якому електрична енергія перетворюється на теплову енергію (Рис.1.22).



1.7.2. Вказати схемне зображення ідеального пасивного елемента в якому електрична енергія перетворюється на енергію магнітного поля (Рис.1.22).



1.7.3. Вказати схемне зображення ідеального пасивного елемента в якому електрична енергія перетворюється на енергію електричного поля (Рис.1.22).



Рис. 1.22.

1.7.4. Визначити індуктивність ідеальної котушки, якщо при частоті 100кГц її індуктивний опір дорівнює 16кОм.

1.7.5. Визначити індуктивний опір ідеальної котушки, що на частоті 100Гц має індуктивність  $L=25,5$ мГн.

1.7.6. Визначити індуктивний опір ідеальної котушки, що на частоті 150Гц має індуктивність  $L=25,5$ мГн.

1.7.7. Визначити індуктивний опір ідеальної котушки, що на частоті 50Гц має індуктивність  $L=25,5$ мГн.

1.7.8. До джерела постійного струму з е.р.с.  $E=1,5$ В і внутрішнім опором  $r=2,5$  Ом під'єднали навантаження з опором  $R=10$  Ом. Знайти струм в колі і падіння напруги на джерелі.

1.7.9. Напруга на затискувачах джерела, що навантажено опором  $R=250$  Ом–  $U=4,5$ В. Напруга на затискувачах того ж самого джерела без навантаження–  $U=4,77$ В. Знайти внутрішній опір джерела.

1.7.10. До джерела постійного струму з е.р.с.  $E=125\text{В}$  під'єднали послідовно три резистора з опорами  $R_1=100\text{ Ом}$ ,  $R_2=30\text{ Ом}$ ,  $R_3=120\text{ Ом}$ . Знайти струм в колі, падіння напруги і потужність на кожному резисторі.

1.7.11. В скільки разів збільшиться потужність, що розсіюється на резисторі, якщо струм в ньому збільшиться в 1,5 раза.

1.7.12. Як зміниться струм  $I$  та напруга  $U$  після замикання рубильника в схемах на рис. 1.23?

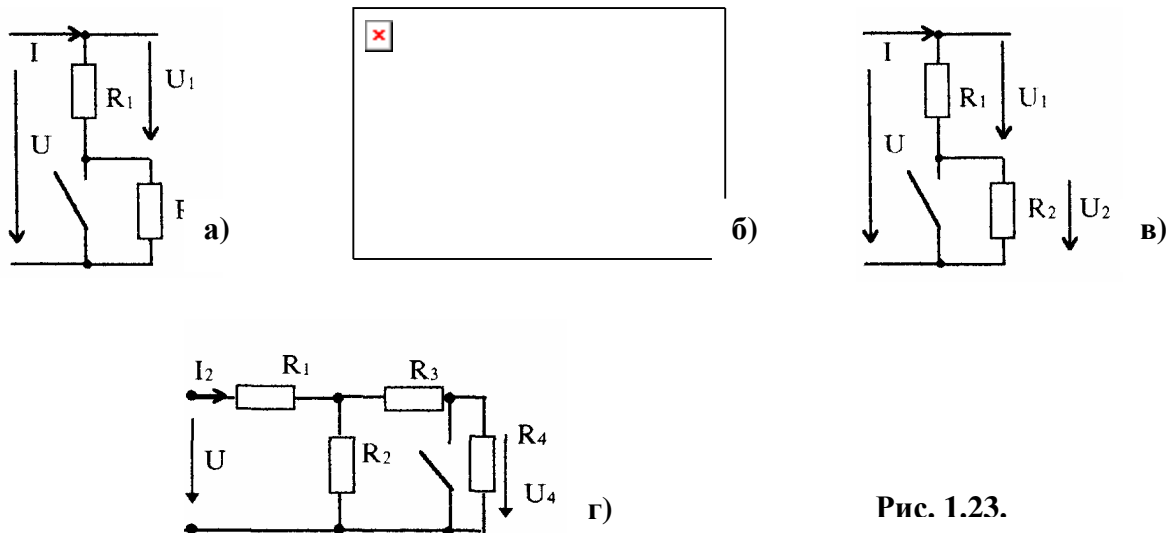
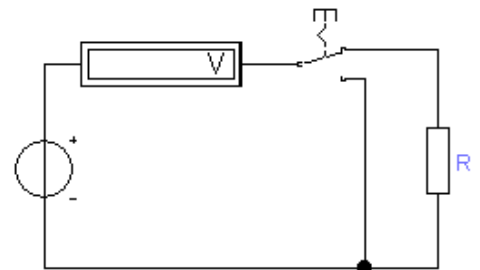


Рис. 1.23.

1.7.13. За допомогою схеми на рис. 1.24 заміряли опір резистора  $R$ . В цій схемі перемикач може знаходитися або в верхньому положенні, або в нижньому. Внутрішній опір вольтметра  $r_V=3\text{кОм}$ . Зробили два заміри при незмінній входній напрузі  $U$ . Коли перемикач знаходився в нижньому положенні вольтметр показував  $100\text{В}$ , а коли в верхньому –  $90\text{В}$ . Знайти опір резистора.



1.7.14. Визначити ємність конденсатора, якщо при частоті  $100\text{Гц}$  його ємнісний опір  $X_C=3\text{кОм}$ .

1.7.15. Визначити ємнісний опір конденсатора, що на частоті  $100\text{Гц}$  має ємність  $C=150\text{ мкФ}$ .

1.7.16. Визначити ємнісний опір конденсатора, що на частоті  $150\text{Гц}$  має ємність  $C=150\text{ мкФ}$ .

1.7.17. Визначити ємнісний опір конденсатора, що на частоті  $200\text{Гц}$  має ємність  $C=150\text{ мкФ}$ .

1.7.18. Визначити ємність конденсатора, якщо при частоті  $100\text{Гц}$  його ємнісний опір  $X_C=1\text{кОм}$ .

1.7.19. Визначити ємність конденсатора, якщо при частоті  $100\text{Гц}$  його ємнісний опір  $X_C=0,5\text{кОм}$ .

1.7.20. Визначити, на якій частоті працює конденсатор ємністю  $C=100\text{ мкФ}$ , якщо його ємнісний опір дорівнює  $X_C=10,62\text{ Ом}$ .

1.7.21. Визначити, на якій частоті працює котушка індуктивності  $L=50\text{мГн}$ , якщо її індуктивний опір дорівнює  $X_L=15,7\ \text{Ом}$

### 1.8. Додаток

Таблиця варіантів до схем, що приведені на рис. 1.21.

Номер варіанту	Схеми	Джерела		R, Ом
		E, В	I, А	
1	а	10	1.5	10
2	б	12	2	6
3	а	5	1	8
4	б	6	0.5	1
5	а	8	1.2	12
6	б	20	0.1	14
7	а	24	0.2	15
8	б	15	2.5	16
9	а	9	3	20
10	б	4	0.4	50
11	а	16	4	60
12	б	26	1.8	100
13	а	22	5	3
14	б	18	0.8	200
15	а	14	0.6	400