

**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»**

**СПРАВОЧНИК МАГНИТНОГО ДИСКА
(Естественно – технический колледж)**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 4,5,6 на учебной
радиоизмерительной практике для студентов специальностей
11.02.01 «Радиоаппаратостроение»,
12.02.06 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»,
09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы»

Составители Денисов Дмитрий Александрович
Петрова Галина Николаевна

МУ РИ 2,3,4.pdf	506 Кбайт	21.04.2017	2,0 уч.-изд.л.
(наименование файла)	(объем файла)	(дата)	(объем издания)

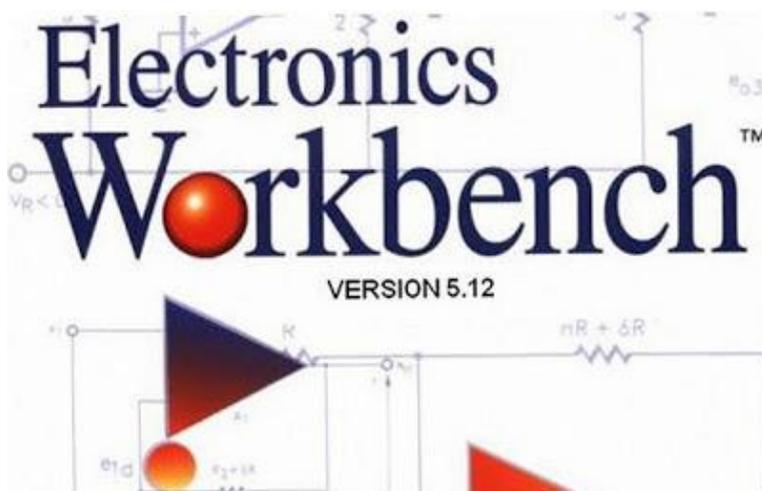
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

Естественно – технический колледж

50 - 2017

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 4,5,6 на учебной
радиоизмерительной практике для студентов специальностей
11.02.01 «Радиоаппаратостроение», 12.02.06 «Биотехнические
и медицинские аппараты и системы», 09.02.01 «Компьютерные
системы и комплексы»



Воронеж 2017

Составители: преп. Д.А. Денисов, преп. Г.Н. Петрова

УДК 621.317.3

Методические указания к выполнению практических работ № 2, 3, 4 на учебной радиоизмерительной практике для студентов специальностей 11.02.01 «Радиоаппаратостроение», 12.02.06 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы» / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Д.А. Денисов., Г.Н. Петрова. Воронеж, 2017. 32 с.

В методических указаниях содержатся краткие теоретические сведения по принципу работы изучаемых радиоизмерительных приборов, методам измерения, а также контрольные вопросы для проверки подготовленности студентов к работе и сдаче зачета по выполненным работам.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ РИ 2,3,4.pdf.

Ил. 13. Табл. 8

Рецензент ведущий инженер-конструктор Н.Н. Майков

Ответственный за выпуск директор ЕТК ВГТУ, к.ф.-м.н., проф. А.А. Долгачев

Издается по решению учебно-методического совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 4,5,6 на учебной
радиоизмерительной практике для студентов специальностей
11.02.01 «Радиоаппаратостроение»,
12.02.06 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»,
09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы»

Составители:

Денисов Дмитрий Александрович
Петрова Галина Николаевна

В авторской редакции

Компьютерный набор Д.А. Денисова

Подписано к изданию 21.04.2017

Уч.- изд. л. 2,0

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14

Практическая работа № 4

РАСШИРЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТМЕТРОВ И АМПЕРМЕТРОВ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель работы:

1. Знакомство с электронной лабораторией Electronics Workbench.
2. Приобретение практических навыков по расширению пределов измерения вольтметров и амперметров.
3. Приобретение практических навыков компьютерного моделирования в процессе расширения пределов измерения вольтметров и амперметров.

Необходимое оборудование:

1. Источник постоянного напряжения.
2. Исследуемый амперметр
3. Исследуемый вольтметр.
4. Образцовый измеритель тока и напряжения.
5. Магазины сопротивлений.
6. ЭВМ типа IBM Pentium и программное обеспечение: программа Electronics Workbench.

Краткие теоретические данные

В практике радиотехнических измерений широко используются многопредельные и многофункциональные измерительные приборы. Чаще других используются многопредельные аналоговые или цифровые вольтметры, амперметры, ампервольтметры (тестеры).

В качестве указателей значения измеряемой величины обычно используются магнитоэлектрические микроамперметры с током полного отклонения 100 мкА и сопротивлением подвижной катушки (рамки) 750 Ом. Это соответствует приложенному к клеммам этого микроамперметра напряжению –

75 мВ. Таким образом, этот микроамперметр можно использовать для непосредственного измерения постоянного напряжения до 75 мВ или для измерения постоянного тока до 100 мкА.

Чтобы измерять напряжения более 75 мВ необходимо последовательно с внутренним сопротивлением этого простейшего «вольтметра» включить добавочное сопротивление $R_{доб}$ на котором упадет «лишнее» (избыточное) напряжение иначе вольтметр может сгореть.

Таким же образом можно расширить пределы измерения любого другого аналогового или цифрового вольтметра. Получается схема вольтметра с расширенным пределом измерения, показанная на рис 1.

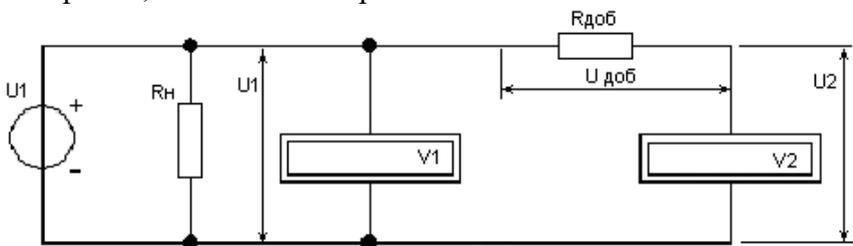


Рис. 1

Так же можно рассчитать добавочные сопротивления для любого количества пределов измерения в многопредельном вольтметре.

Для расширения предела измерения по току, параллельно клеммам амперметра включается шунтирующее сопротивление $R_{ш}$ (шунт), через который должен ответвляться «лишний» ток (иначе амперметр сгорит).

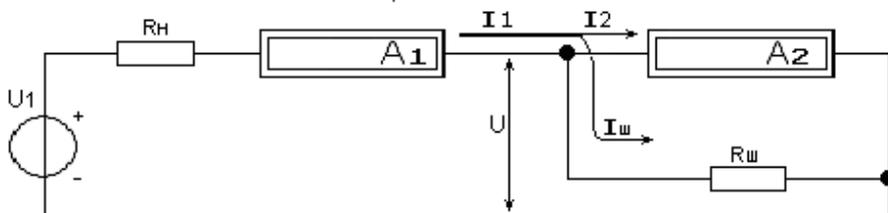


Рис. 2

Расширение предела измерения по напряжению

Расширение предела измерения по напряжению вольтметра V_2 осуществляется в $n = U_1/U_2$ раз.

U_1 -- новый предел измерения вольтметра V_2 .

U_2 -- начальный предел измерения вольтметра V_2 .

Из схемы (рис.1) видно, что $U_1 = U_2 + U_{\text{доб}}$, отсюда

$$n = U_1/U_2 = (U_2 + U_{\text{доб}})/U_2 = 1 + U_{\text{доб}}/U_2 = 1 + (I \times R_{\text{доб}})/(I \times R_{V_2}) = 1 + R_{\text{доб}}/R_{V_2},$$

где $U_{\text{доб}}$ - падение напряжения на добавочном сопротивлении $R_{\text{доб}}$;

R_{V_2} - внутреннее сопротивление вольтметра V_2 ; предел измерения которого расширяется;

I - ток протекающий последовательно через $R_{\text{доб}}$ и внутреннее сопротивление вольтметра $V_2 (R_{V_2})$.

Из этого выражения находим $R_{\text{доб}}$

$$R_{\text{доб}} = (n - 1) R_{V_2} \quad (1)$$

Расширение предела измерения по току

Расширение предела измерения по току амперметра A_2 осуществляется в $n = I_1/I_2$ раз.

I_1 -- новый предел измерения амперметра A_2 ($I_1 > I_2$).

I_2 -- начальный предел измерения амперметра A_2 (максимально допустимый ток амперметра A_2 , при котором стрелка аналогового амперметра отклоняется до максимального значения шкалы).

При новом пределе измерения амперметра A_2 ($I_1 > I_2$), через амперметр должен протекать тот же ток I_2 , а остальной ток $I_{\text{ш}} = (I_1 - I_2)$ должен ответвляться через сопротивление шунта – $R_{\text{ш}}$.

Из схемы (рис.2) видно, что суммарный ток I_1 , протекающий последовательно через нагрузку R_n и амперметр A_1 ,

разветвляется через R_{A2} – внутреннее сопротивление испытуемого амперметра $A2$ (ток I_2) и через сопротивление шунта $R_{ш}$ (ток $I_{ш}$). Следовательно, $I_1 = I_2 + I_{ш}$. Тогда

$$n = I_1 / I_2 = (I_2 + I_{ш}) / I_2 = 1 + I_{ш} / I_2 = 1 + (U / R_{ш}) / (U / R_{A2}) = 1 + (R_{V2} / R_{ш}),$$

где U – напряжение, падающее на включенных параллельно сопротивлениях R_{A2} и $R_{ш}$.

Отсюда

$$R_{ш} = R_{A2} / (n - 1) \quad (2)$$

Задание 1

Определите внутреннее сопротивление испытуемого вольтметра.

1. Соберите цепь в соответствии со схемой рис.1 используя соответствующие измерительные приборы. В качестве $R_{доб}$ включите в цепь магазин сопротивлений.

2. Установите напряжение источника равным 2 В, а сопротивление магазина равным нулю, при этом оба вольтметра должны показывать напряжение 2 В.

3. Увеличивайте сопротивление магазина до тех пор, пока напряжение по шкале испытуемого вольтметра не станет равным 1 В. При этом второй вольт упадет на $R_{доб}$ и, следовательно, внутреннее сопротивление испытуемого вольтметр R_2 будет равно $R_{доб}$ так как в последовательной цепи ток одинаков и равное падение напряжений будет на равных сопротивлениях. Таким образом

$$R_{V2} = R_{доб} .$$

Задание 2

Проведите расширение пределов измерения вольтметра.

1. Рассчитайте величину добавочного сопротивления по формуле (1) для пределов измерения, указанных в табл.1.

Таблица 1

Прежний предел U_2 (В) (без $R_{доб}$)	7,5	7,5
Новый предел U_2 (В), с $R_{доб}$, соответствующий показаниям U_1 (В)	15	30
$R_{доб}$ (Ом)		

2. Устанавливая в цепи собранной по схеме рис.1 (с помощью магазина сопротивлений) рассчитанные значения $R_{доб}$, проведите новую градуировку шкалы вольтметра для чего изменяйте напряжение источника так, чтобы на шкале вольтметра U_2 устанавливались указанные в табл.2 значения. Заносите соответствующие показания вольтметра U_1 в табл.2.

Таблица 2

Шкала	Отсчеты по шкалам (В)					
	1	2	3	4	5	7.5
U_2 (В)						
U_1 (В) при $R_{доб1}$						
U_1 (В) при $R_{доб2}$						

3. По данным табл.2 нарисуйте шкалу вольтметра со стрелочным указателем с тремя пределами измерений.

Задание 3

Определите внутреннее сопротивление испытуемого амперметра.

1. Соберите цепь в соответствии со схемой рис.2 используя соответствующие измерительные приборы. В качестве R_H и $R_{Ш}$ включите в цепь магазины сопротивлений.

2. Установите сопротивление $R_H = 1$ кОм, а сопротивление $R_{Ш}$ как можно большим, чтобы шунт не влиял на показания испытуемого амперметра (или временно отключите шунт). Напряжение источника установите равным 10 В при этом оба амперметра должны показывать ток 10 мА.

3. Уменьшайте сопротивление $R_{Ш}$ до тех пор, пока ток по

шкале испытуемого амперметра не станет равным 5 мА. При этом через шунт тоже будет протекать ток 5 мА (контрольный амперметр должен показывать как и раньше ток 10 мА), следовательно, внутреннее сопротивление R_{A2} испытуемого амперметра $A2$ будет равно $R_{ш}$ так как в параллельной цепи напряжение одинаково и равные токи будут протекать через равные сопротивления.

Таким образом

$$R_{A2} = R_{ш} .$$

Задание 4

Проведите расширение пределов измерения амперметра.

1. Предварительно необходимо рассчитать величину сопротивления шунта по формуле (2) для пределов измерения, указанных в табл.3.

Таблица 3

Прежний предел I_{A2} (мА)	15	15
Новый предел I_{A1} (мА)	30	75
$R_{ш}$ (Ом)		

2. Устанавливая в цепи собранной по схеме рис.2 (с помощью магазина сопротивлений) рассчитанные значения $R_{ш}$, проведите новую градуировку шкалы амперметра.

Результаты измерений занесите в табл.4.

Таблица 4

Шкала	Отсчеты по шкалам (мА)					
I_{A2} (мА);	1	3	6	9	12	15
I_{A1} (мА); при $R_{ш1}$						
I_{A1} (мА); при $R_{ш2}$						

3. По данным табл.4 нарисуйте шкалу амперметра со стрелочным указателем с тремя пределами измерений.

Задание 5

Провести компьютерное моделирование в процессе расширения пределов измерения вольтметра.

1. Включите компьютер (с разрешения преподавателя). Найдите на рабочем столе (на экране монитора) ярлык программы **Electronics Workbench** и запустите программу двойным щелчком мыши по ярлыку.

2. В открывшемся окне EWB щелкните четвертую слева кнопку в нижнем ряду панели инструментов (**Indicators**). В развернувшемся меню найдите и достаньте на рабочее поле EWB два вольтметра (**Voltmeter**) для чего возьмите мышкой прямоугольник с буквой **V** внутри и дважды вытащите его на рабочий стол. Закройте это меню и щелкните по кнопке (**Basic**) с изображенным на ней резистором в панели инструментов. В открывшемся меню найдите изображение резистора (**Resistor**) и достаньте на рабочее поле два резистора. Закройте это меню и щелкните по соседней (слева) кнопке (**Sources**). В развернувшемся меню найдите и достаньте на рабочее поле EWB два элемента «общий провод» (**Ground** – «земля») и один источник ЭДС (**Battery**). Соедините все элементы в соответствии со схемой на рис.1. В этой схеме первый резистор является изображением нагрузки (при малом внутреннем сопротивлении источника ЭДС как в данном случае, этот резистор на распределение напряжений не влияет). Второй резистор, включенный последовательно со вторым вольтметром V_2 , есть добавочное сопротивление $R_{доб}$, служащее для расширения предела измерения вольтметра V_2 . Первый вольтметр V_1 является контрольным.

3. Установите внутреннее сопротивление контрольного вольтметра 1 МОм для того, чтобы это сопротивление не влияло на процесс измерений. Для этого щелкните по изображению этого вольтметра правой клавишей и в появившемся меню, щелкнув по закладке **Value**, установите требуемое значение сопротивления. Подобным же образом установите сопротивление нагрузки $R_n = 1$ кОм и напряжение источника ЭДС $U_1 = 7.5$ В.

Затем установите значение внутреннего сопротивления испытуемого вольтметра таким же, каким оно получилось при выполнении задания 1.

Будем считать, что вольтметр V2 имеет шкалу 7.5 В и в этом случае добавочное сопротивление не требуется, поэтому $R_{доб}$ можно исключить из схемы или установить его значение очень малым. Например, установите $R_{доб.} = 0.01 \text{ Ом}$.

4. Включите режим моделирования, нажав кнопку **ОЛ**. Оба вольтметра должны показывать 7.5 В (в противном случае покажите схему преподавателю для выяснения причины неправильной работы схемы).

Задание 6

1. Рассчитайте величину добавочного сопротивления по формуле (1) для пределов измерения, указанных в табл.5.

Таблица 5

Прежний предел U_2 (В)	7,5	7,5	7,5
Новый предел U_2 (В), с $R_{доб}$, соответствующий показаниям U_1 (В)	15	30	100
$R_{доб}$ (Ом)			

2. Устанавливая рассчитанные значения $R_{доб}$ (как было указано в задании 4 в п.3), проведите новую градуировку шкалы вольтметра изменяя напряжение источника так, чтобы на шкале вольтметра U_2 устанавливались указанные в табл.6 значения и занесите соответствующие показания вольтметра U_1 в табл.6.

3. По данным табл.6 нарисуйте шкалу аналогового вольтметра (со стрелочным указателем) для четырех пределов измерения напряжения.

4. Нарисуйте схему четырехпредельного вольтметра с переключателем пределов измерения.

Таблица 6

Шкала		Отсчеты по шкалам (В)					
1	U2 (В)	1	2	3	4	5	7.5
2	U1 (В) при R доб 1						
3	U1 (В) при R доб 2						
4	U1 (В) при R доб 3						

Задание 7

Провести компьютерное моделирование в процессе расширения пределов измерения амперметра.

1. В окне EWB щелкните четвертую слева кнопку в нижнем ряду панели инструментов (**Indicators**). В развернувшемся меню найдите и достаньте на рабочее поле EWB два амперметра (**Ammeter**) для чего возьмите мышкой прямоугольник с буквой **A** внутри и дважды вытащите его на рабочий стол. Закройте это меню и щелкните по кнопке (**Basic**) с изображенным на ней резистором в панели инструментов. В открывшемся меню найдите изображение резистора (**Resistor**) и достаньте на рабочее поле два резистора. Закройте это меню и щелкните по соседней (слева) кнопке (**Sources**). В развернувшемся меню найдите и достаньте на рабочее поле EWB два элемента «общий провод» (**Ground** – «земля») и один источник ЭДС (**Battery**). Соедините все элементы в соответствии со схемой на Рис.2. В этой схеме первый резистор является изображением нагрузки R_n . При малом внутреннем сопротивлении источника ЭДС и малых сопротивлениях амперметра (как в данном случае), этот резистор определяет величину тока в цепи. Второй резистор, включенный параллельно со вторым амперметром A_2 , есть сопротивление шунта $R_{ш}$, служащее для расширения предела измерения амперметра A_2 . Первый амперметр A_1 является контрольным.

2. Установите внутреннее сопротивление контрольного амперметра A_1 равным 0.001 Ом для того, чтобы это сопротивление не влияло на процесс измерений. Для этого щелкните по изображению этого амперметра правой клавишей и в появившемся меню, щелкнув по закладке **Value**, установите

требуемое значение сопротивления. Подобным же образом установите сопротивление нагрузки $R_n = 1 \text{ кОм}$ и напряжение источника ЭДС $U_1 = 15 \text{ В}$.

Затем установите значение сопротивления испытуемого амперметра таким же, каким оно получилось при выполнении задания 3.

Будем считать, что амперметр А2 имеет шкалу 15 мА и в этом случае сопротивление шунта не требуется, поэтому $R_{ш}$ можно временно исключить из схемы или установить его значение очень большим. Например, $R_{ш.} = 1 \text{ МОм}$.

3. Включите режим моделирования, нажав кнопку **ОЛ**. Оба амперметра должны показывать 15 мА (в противном случае покажите схему преподавателю для выяснения причины неправильной работы схемы).

Задание 8

Провести расширение пределов измерения амперметра.

1. Рассчитайте величину сопротивления шунта по формуле (2) для пределов измерения, указанных в табл.7.

Таблица 7

Прежний предел I_{A2} (мА)	15	15	15
Новый предел I_{A1} (мА)	30	75	100
$R_{ш}$ (Ом)			

2. Устанавливая в цепи, собранной по схеме Рис.2, рассчитанные значения $R_{ш}$, проведите новую градуировку шкалы амперметра.

Результаты измерений занесите в табл.8.

3. По данным табл.6 нарисуйте шкалу аналогового амперметра (со стрелочным указателем) для четырех пределов измерения тока.

Таблица 8

Шкала	Отсчеты по шкалам (мА)					
	1	3	6	9	12	15
I_{A2} (мА);						
I_{A1} (мА); при $R_{ш1}$						
I_{A1} (мА); при $R_{ш2}$						
I_{A1} (мА); при $R_{ш3}$						

4. Нарисуйте схему четырехпредельного амперметра с переключателем пределов измерения.

Задание 9

С помощью компьютерного моделирования решить задачу по использованию стандартного микроамперметра с током полного отклонения стрелки в 100 мкА и сопротивлением измерительной рамки 750 Ом

- для измерения напряжений до 250 В,
- для измерения токов до 10А.

Нарисуйте схему с переключателем пределов измеряемой величины (напряжение/ток).

Примечание: при напряжении источника 250 В микроамперметр должен показывать 100 мкА. При решении задачи воспользуйтесь законом Ома.

Задание 10

Провести компьютерное моделирование выполнения заданий 1 и 3 по определению внутреннего сопротивления амперметра и вольтметра, предварительно устанавливая значения сопротивлений в компьютерных моделях этих приборов произвольным образом.

Содержание отчета

1. Представить результаты измерений и вычислений.

Практическая работа № 5

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ ВИРТУАЛЬНОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Цель работы:

1. Знакомство с электронной лабораторией Electronics Workbench (EWB).
2. Приобретение практических навыков работы с осциллографом в лаборатории EWB.
3. Приобретение навыков измерения основных параметров электрических сигналов с помощью осциллографа в лаборатории EWB.

Необходимое оборудование рабочего места:

1. ЭВМ типа IBM модели Pentium (или мощнее).
2. Программное обеспечение: программа Electronics Workbench версии 5.12 (или новее).

Задание 1

Включите компьютер (с разрешения преподавателя). Найдите на рабочем столе (на экране монитора) ярлык программы Electronics Workbench (EWB) (см. рис.3). и запустите программу двойным щелчком мыши по ярлыку.



Рис. 3.

В открывшемся окне программы EWB щелкните (нажмите и отпустите) последнюю кнопку в нижнем ряду панели инструментов – Instruments (инструменты).

В развернувшемся меню (рис.4) найдите кнопку с условным изображением функционального генератора – Function Generator. Установите курсор на эту кнопку, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская ее, перетащите генератор на рабочее поле программы EWB после чего отпустите клавишу мыши

(изображение генератора будет окрашено в красный цвет и это означает, что этот прибор выбран, и следующая команда будет относиться к нему).

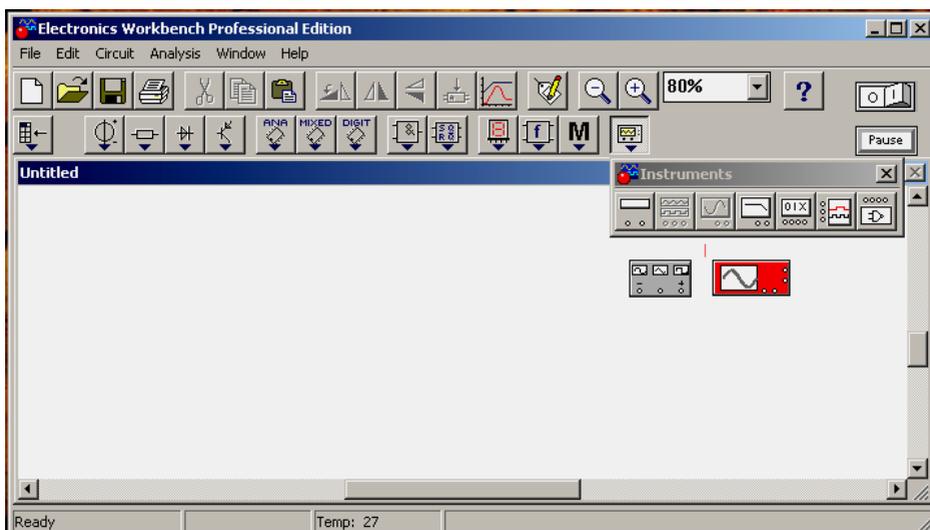


Рис. 4

Щелкните мышью на пустом месте рабочего поля для отмены выбора. Изображение функционального генератора красного цвета изменится на черно-белое, что и означает отмену выбора этого элемента схемы.

Найдите в том же меню Instruments условное изображение осциллографа – Oscilloscope и перетащите изображение осциллографа, как и генератора, на рабочее поле EWB как на рис.б.

Щелкните вторую кнопку в нижнем ряду панели инструментов – Sources (Источники). В развернувшемся меню найдите кнопку с условным графическим обозначением (УГО) Ground (общего провода или «земли») и перетащите этот символ на свободное место рабочего поля. Повторите эту операцию еще два раза, чтобы на рабочем поле было 3 элемента Ground.

В этом же меню найдите УГО генератора переменного напряжения: AC Voltage Source, и тоже перетащите его на

рабочее поле EWB. Щелкните правой клавишей мыши по УГО этого генератора и в появившемся меню (рис.5) щелкните строку Component Properties (свойства компонента). В появившемся окне - AC Voltage Source Properties (рис.6) откройте закладку Value (значение, величина) щелкнув по ней левой клавишей мыши. Установите необходимые значения напряжения –Voltage, частоты – Frequency и фазы – Phase.

Например: Voltage — 220V, Frequency — 50 Hz и Phase — 0 Deg (degree – градус).

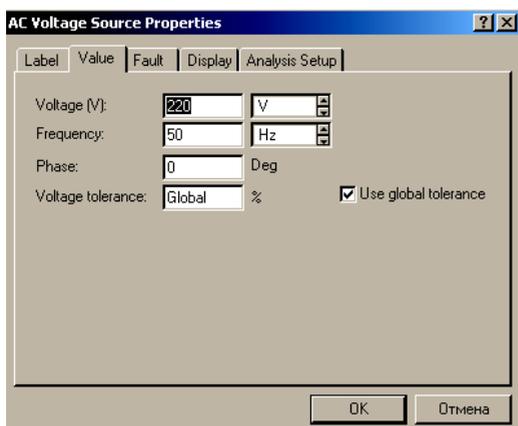


Рис. 5

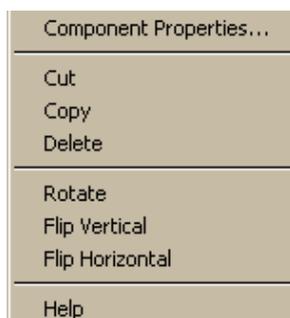


Рис. 6

Это же окно - AC Voltage Source Properties (рис.6) – можно вызвать сразу двойным щелчком мыши по УГО генератора.

Соедините элементы схемы проводниками так, как показано на рис. 5 в верхнем ряду. Для соединения элементов в схему, укажите острием курсора мыши на один из соединяемых выводов, так чтобы на этом выводе появилась точка. Нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская клавиши, тащите появляющийся проводник к другому соединяемому выводу по любой траектории до тех пор, пока и на этом выводе не появится точка, после чего отпустите клавишу мыши. Для улучшения внешнего вида схемы можно перетаскивать элементы схемы на другое место ухватившись мышью за элемент, при этом

соединительные проводники будут тоже перемещаться за элементами схемы не нарушая соединений.

Если требуется разорвать соединение, то укажите острием курсора мыши на один из соединенных выводов, так чтобы на этом выводе появилась точка. Нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская клавиши, тащите проводник в сторону от клеммы, после чего отпустите клавишу мыши, проводник исчезнет или просто щелкните правой клавишей мыши по проводнику и в появившемся меню выберите Delete.

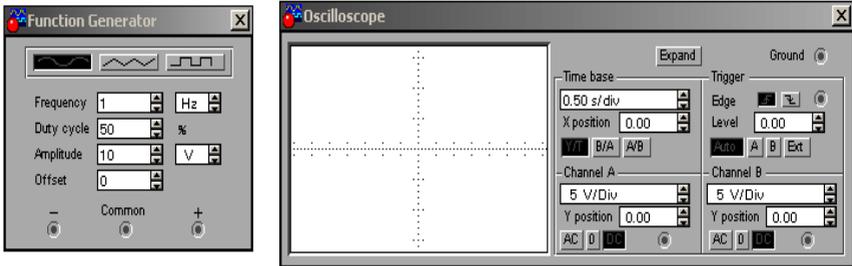
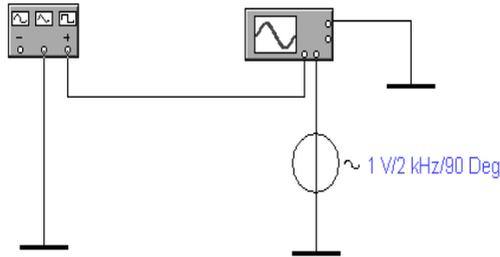


Рис. 7

После того как сделаны все соединения, двойным щелчком мыши по условному изображению функционального генератора, откройте его переднюю панель и установите желаемую форму колебаний (синусоида, треугольник, прямоугольник), щелкнув соответствующую кнопку. Установите требуемую частоту (Frequency) щелкая стрелочки с правой стороны окошка (вверх, вниз) или непосредственно с клавиатуры, установив курсор

щелчком левой клавиши мыши в окошке. В той же строке в маленьком окошке справа можно скачком изменять размерность в тысячи раз (Hz – герцы, kHz – килогерцы, MHz – мегагерцы). Установите требуемую амплитуду напряжения (Amplitude). Для прямоугольных импульсов можно установить длительность импульсов по отношению к периоду в процентах Duty cycle (доля периода, цикла). Для треугольных импульсов Duty cycle означает отношение длительности времени нарастания ко времени спада. В окне Offset можно установить постоянную составляющую в вольтах (но только для размерности шкалы V – вольты).

Двойным щелчком мыши по условному изображению осциллографа откройте его переднюю панель. Она закроет собой панель функционального генератора. Ухватитесь мышью за заголовок осциллографа и перетащите его вправо как показано на рисунке 7, чтобы были видны обе панели.

Лицевая панель осциллографа показана на рис.7. Осциллограф имеет два канала (CHANNEL) А и В с отдельной регулировкой чувствительности в диапазоне от 10 $\mu\text{V}/\text{Div}$ (мкВ/дел) до 5kV/Div (кВ/дел) и регулировкой смещения луча по вертикали (Y position) в количестве клеток в пределах ± 3 клетки. Выбор режима по входу осуществляется нажатием кнопок AC, 0, DC.

Режим AC предназначен для наблюдения только сигналов переменного тока (его еще называют режимом "закрытого входа", поскольку в этом режиме на входе усилителя включается разделительный конденсатор, не пропускающий постоянную составляющую). В режиме 0 входной зажим замыкается на землю. В режиме DC (режим включен по умолчанию) можно проводить осциллографические измерения как постоянного, так и переменного тока. Этот режим еще называют режимом "открытого входа", поскольку входной сигнал поступает на вход вертикального усилителя непосредственно. С правой стороны от кнопки DC расположен входной зажим.

Режим развертки выбирается кнопками Y/T, B/A, A/B. В режиме Y/T (обычный режим, включен по умолчанию) реализуется следующая связь разверток: по вертикали —

напряжение сигнала, по горизонтали — время; в режиме В/А: по вертикали — сигнал канала В, по горизонтали — сигнал канала А; в режиме А/В: по вертикали — сигнал канала А, по горизонтали сигнал канала В.

В режиме Y/T длительность развертки (TIME BASE) может быть задана в диапазоне от 0.1 ns/ div (нс/ дел) до 1 s/div (с/ дел) с возможностью установки смещения в тех же единицах по горизонтали, т.е. по оси X (X POS).

В режиме Y/T предусмотрен также ждущий режим (TRIGGER) с запуском развертки (EDGE) по переднему или заднему фронту запускающего сигнала (выбирается нажатием кнопок Г и L) при регулируемом уровне (LEVEL) запуска, а также в режиме AUTO (от канала А или В), от канала А, от канала В или от внешнего источника (EXT), подключаемого к зажиму в блоке управления TRIGGER. Названные режимы запуска развертки выбираются кнопками AUTO, А, В, EXT.

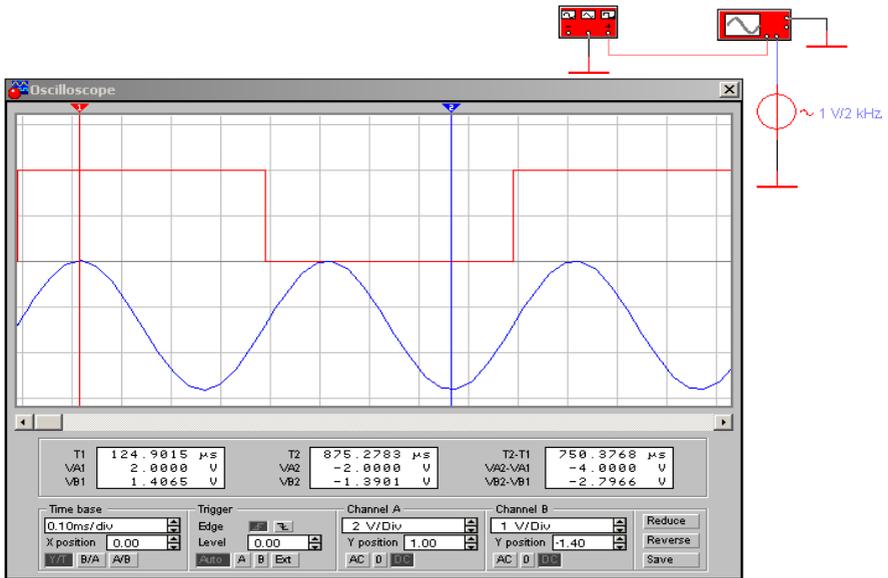


Рис. 8

Заземление осциллографа осуществляется с помощью клеммы GROUND в правом верхнем углу прибора. При нажатии на кнопку EXPAND лицевая панель осциллографа существенно меняется (рис.8). Увеличивается размер экрана, появляется возможность прокрутки изображения по горизонтали и его сканирования с помощью вертикальных визирных линий (синего и красного цвета), которые за треугольные ушки (обозначены цифрами 1 и 2) могут быть установлены курсором в любое место экрана. При этом в индикаторных окошках под экраном приводятся результаты измерения напряжения, временных интервалов и их приращений (между визирными линиями).

Изображение можно инвертировать нажатием кнопки REVERSE и можно записать данные в файл нажатием кнопки SAVE. Возврат к исходному состоянию осциллографа производится нажатием кнопки REDUCE.

Задание 2

Установите на шкалах функционального генератора (Function Generator) следующие значения его параметров: вид сигнала – прямоугольные импульсы, частота (Frequency) - 1 кГц, длительность импульсов по отношению к периоду (Duty cycle) — 50 процентов, напряжение (Amplitude) — 2 вольт, смещение (Offset - постоянная составляющая) — 0.

Установите параметры генератора переменного напряжения (AC Voltage Source Properties), подключенного к каналу В. Свойства компонента (Component Properties): напряжение (Voltage) — 1V, частота (Frequency) — 2 kHz и фаза (Phase) — 0 градусов (Deg) (окна установки показаны на рис. 5 и Рис. 6).

Для получения на экране двулучевого осциллографа лучей разного цвета от соответствующих генераторов, укажите острием курсора на линию соединения функционального генератора с входом осциллографа и щелкните правой клавишей мыши.

В появившемся меню выберите Wire Properties и в открывшемся окне щелкните прямоугольник с требуемым цветом

(например, красным). Повторите те же операции с проводником, соединяющим другой генератор со вторым входом осциллографа.

Включите режим моделирования, нажав кнопку I выключателя процесса моделирования в правом верхнем углу окна программы EWB (рис.9), затем остановите процесс моделирования, нажав кнопку O, или приостановите моделирование кнопкой Pause. Если после остановки процесса моделирования осциллограммы видны только на части экрана, отрегулируйте изображение бегунком прокрутки под экраном, ухватившись за него мышью.

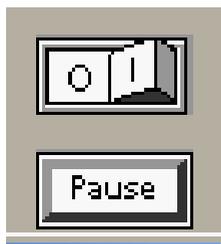


Рис. 9

Отрегулируйте осциллограммы так, чтобы на экране были видны два-три периода сигнала, для чего выберите подходящее время развертки изображения по горизонтали, щелкая мышью стрелочки (вверх - вниз) в окне Time base. Выберите масштаб развертки по вертикали так, чтобы изображение сигнала занимало две-три клетки по вертикали, щелкая стрелки в окнах Channel A и Channel B. Разнесите сигналы по вертикали, щелкая стрелки в окне Y position. Установите бегунок прокрутки в начало координат (в левое положение). После всех установок должны получиться осциллограммы приблизительно такие, как на рис. 8.

Задание 3

Научиться оценивать параметры сигналов по полученным осциллограммам.

Для примера оценим параметры сигналов по осциллограммам на примере рис.8.

Канал А (красный луч). Определим по полученной осциллограмме амплитуду напряжения прямоугольных импульсов. Начало координат осциллограммы прямоугольных импульсов смещено от центра вверх на одну позицию – одну клетку (Y position = 1.00). Масштаб развертки по вертикали 2

V/Div (2 вольт на деление), амплитуда напряжения – максимальное отклонение луча от начала координат – одна клетка масштабной сетки вверх от начала координат (положительный полупериод), или одна клетка масштабной сетки вниз начала координат (отрицательный полупериод). Умножив установленный масштаб (2 вольт на деление) на одну клетку, получаем амплитуду напряжения 2 вольт.

Определим по полученной осциллограмме длительность периода колебаний. Масштаб развертки по горизонтали (Time base) 0.10 ms/div (0.1 мс на деление), период одного колебания – десять делений (клеток), откуда период $T = 0.1(\text{мс/деление}) \times 10$ (делений) = 1 мс, отсюда частота $f = 1/T = 1/1\text{мс} = 1 \text{ кГц}$.

Канал В (синий луч). Определим по осциллограмме амплитуду синусоидального сигнала. Двойной размах (от максимума до минимума) ≈ 2.8 делений (клеток), следовательно, амплитуда синусоидального колебания ≈ 1.4 делений. Масштаб развертки по вертикали в канале В 1 V/Div (1 вольт на деление), перемножением находим амплитуду напряжения синусоидального сигнала $U_m = 1 (\text{В/деление}) \times 1.4$ (делений) = 1.4 В. Заметим, что при установке параметров генератора переменного напряжения (AC Voltage Source Properties), подключенного к каналу В, было установлено действующее значение синусоидального напряжения (Voltage) — 1V. Вспомнив, что для нахождения действующего значения напряжения надо амплитуду напряжения разделить на $\sqrt{2}$. Находим, что действующее значение будет равно:

$$U_{\text{действ}} = 1.4 / \sqrt{2} = 1 \text{ В.}$$

Определим по осциллограмме длительность периода колебаний. Масштаб развертки по горизонтали для канала В тот же что и для канала А (Time base) 0.10 ms/div (0.1 мс на деление). Период одного колебания синусоиды (от максимума до максимума) - пять делений, откуда период $T = 0.1 (\text{мс/деление}) \times 5$ (делений) = 0.5 мс, а отсюда частота $f = 1/T = 1/0.5\text{мс} = 2 \text{ кГц}$, что соответствует частоте этого генератора.

Задание 4

Приобрести практические навыки измерения напряжений различной формы.

Задавать многократно напряжения различной формы и амплитуды самостоятельно (при работе в паре – друг для друга) и определять по осциллограмме параметры этих напряжений аналогично тому, как это делалось в задании третьем. Записать и зарисовать все данные, чтобы затем показать их преподавателю.

Задание 5

Научиться пользоваться цифровыми измерительными приборами, встроенными в изучаемый осциллограф.

При переходе в развернутый режим (при нажатии на кнопку EXPAND) под экраном осциллографа можно видеть три небольших дисплея цифровых измерительных прибора, а в левом и в правом верхнем углу экрана два маленьких треугольника обозначенных цифрами 1 (красного цвета) и 2 (синего цвета). Ухватившись мышью за эти треугольники можно перемещать по крану визирные линейки. Показания цифровых приборов соответствуют напряжениям и интервалам времени в том месте экрана, где находятся визирные линейки. Левый дисплей соответствует первому визиру поэтому его переменные имеют индекс 1. Средний дисплей соответствует второму визиру и его переменные имеют индекс 2. На правом дисплее индицируется разность измеряемых параметров, что особенно удобно для определения периода колебаний или длительности импульсов.

На верхней строке первых двух дисплеев индицируется временной интервал от начала горизонтальной развертки до соответствующего визира, а на правом дисплее разность этих времен. На второй строке первых двух дисплеев – напряжение по каналу А в точке расположения соответствующего визира, на правом дисплее разность этих напряжений. На третьей строке то же что и на второй, но по каналу В.

Так на рис.8 первый визир находится на отметке 124.9015 μs от начала горизонтальной развертки. Второй визир находится на отметке 875.2783 μs от начала горизонтальной развертки. Разность этих интервалов 750.3768 μs видим на правом дисплее.

На вторых строчках видим $VA1 - 2 \text{ V}$, $VA2 - -2 \text{ V}$ несмотря на то, что начало отсчета смещено от средней линии на экране осциллографа на одну клеточку вверх. На правом дисплее видим двойной размах напряжения в канале А ($VA2 - VA1 = -4 \text{ V}$). То же и в третьей строке по каналу В несмотря на то, что начало отсчета в этом канале смещено вниз на 1,4 клетки

(Y position - 1/4), $VB1 - 1.4065 \text{ V}$, $VB2 - - 1.3901 \text{ V}$. Отсчет $VB2 = - 1.3901$ дал большую погрешность (от 1.41 V) в связи с большей неточностью установки визира по каналу В. На третьем дисплее видим двойную амплитуду, естественно тоже с суммарной погрешностью: $VB2 - VB1 = 2.7966 \text{ V}$ вместо 2.82 V.

Задание 6

Приобрести практические навыки измерения напряжений и интервалов времени (по шкале развертки осциллографа) с помощью цифровых приборов, встроенных в изучаемый виртуальный осциллограф.

Задавать многократно напряжения различной формы и амплитуды самостоятельно (при работе в паре – друг для друга) и определять по осциллограмме параметры этих напряжений (амплитуду и частоту) аналогично тому, как это делалось в задании третьем. Записать и зарисовать все полученные результаты.

Содержание отчета

1. Представить результаты измерений и вычислений.
2. Сдать зачёт по навыку работы с виртуальным осциллографом.

Практическая работа № 6

РАБОТА С КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛЬЮ ХАРАКТЕРИОГРАФА

Цель работы:

1. Знакомство с электронной лабораторией Electronics Workbench (EWB).
2. Приобретение практических навыков работы с характериографом в лаборатории EWB.
3. Знакомство с построением электронных схем из набора элементов лаборатории EWB.
4. Приобретение навыков измерения и анализа амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) и фазочастотных характеристик (ФЧХ) различных электронных схем с помощью характериографа (измерителя АЧХ и ФЧХ – Bode Plotter) - лаборатории EWB.

Необходимое оборудование рабочего места:

1. ЭВМ типа IBM модели Pentium (или мощнее).
2. Программное обеспечение: программа Electronics Workbench версии 5.12 (или более новая).

Задание 1

Включите компьютер (с разрешения преподавателя). Найдите на рабочем столе программы Electronics Workbench (EWB) ярлык (рис.10) и запустите программу двойным щелчком мыши по ярлыку.



Рис. 10

В открывшемся окне программы EWB щелкните (нажмите и отпустите) последнюю кнопку в нижнем ряду панели инструментов – **Instruments** (инструменты). В развернувшемся меню найдите кнопку с условным изображением функционального генератора – **Function Generator**. Установите курсор на эту кнопку, нажмите левую клавишу мыши и, не

отпуская ее, перетащите генератор на рабочее поле программы EWB после чего отпустите клавишу мыши (изображение генератора будет окрашено в красный цвет и это означает, что этот прибор **выбран**, и следующая команда будет относиться к нему). Щелкните мышью на пустом месте рабочего поля для отмены выбора. Изображение функционального генератора станет черно-белым, что означает отмену выбора этого элемента схемы.

Найдите в том же меню **Instruments** условное изображение осциллографа – **Oscilloscope** и перетащите изображение осциллографа, как и генератора, на рабочее поле EWB

Найдите в меню **Instruments** условное изображение характерографа – **Bode Plotter** и тоже перетащите его на рабочее поле EWB

Щелкните вторую слева кнопку в нижнем ряду панели инструментов – **Sources** (источники). В развернувшемся меню найдите кнопку с условным графическим обозначением (УГО) общего провода («земли») - **Ground** и перетащите этот символ на свободное место рабочего поля. Повторите эту операцию еще два раза, чтобы на рабочем поле было 3 элемента **Ground**.

Щелкните третью слева кнопку в нижнем ряду панели инструментов – **Basic** (*основной* набор элементов). В развернувшемся меню найдите кнопку с условным графическим обозначением резистора - **Resistor** и перетащите на рабочее поле два резистора (повторив операцию перетаскивания два раза). В этом же меню найдите УГО конденсатора - **Capacitor** и перетащите на рабочее поле два конденсатора. При соединении элементов в схему может потребоваться элемент соединения (точка соединения) – **Connector**, он находится тоже в этом меню. На этом подготовка к составлению схемы заканчивается.

Задание 2

1. Составить схему RC-фильтра.
2. Исследовать частотную и фазовую характеристики фильтра с помощью характерографа.

3. Проверить форму сигнала и определить коэффициент передачи фильтра с помощью осциллографа.

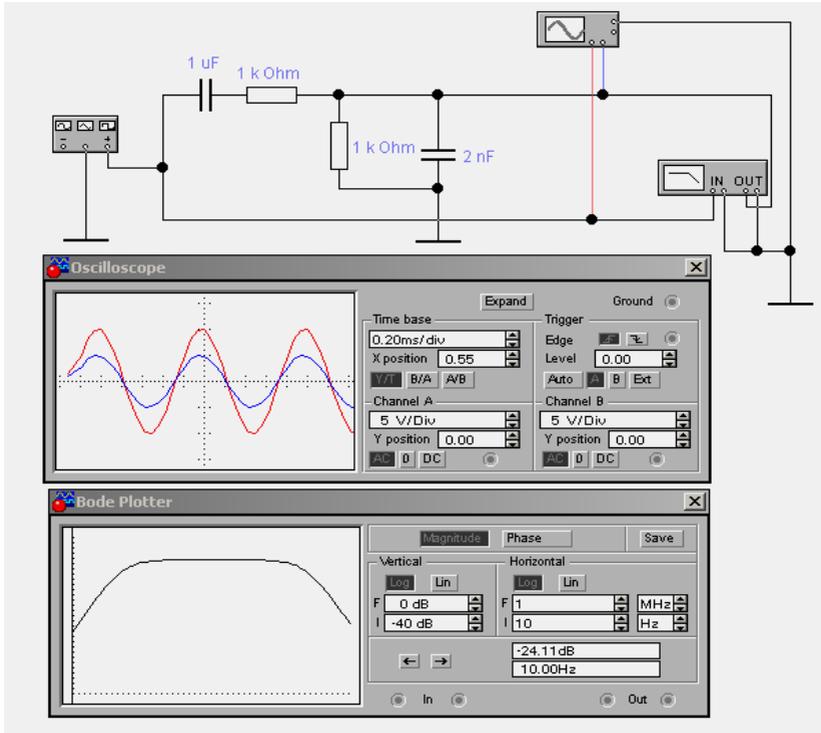


Рис. 11

Полная схема соединений показана на рис. 11. Расположите элементы схемы фильтра в поле рисунка приблизительно так, как показано на рисунке, но чтобы их выводы не касались друг друга. Для того, чтобы развернуть элементы на 90 градусов, щелкните по элементу мышью, чтобы его выделить, при этом он окрасится в красный цвет. Затем найдите на панели инструментов в верхнем ряду два треугольника, расположенных под углом 90 градусов друг к другу (**Rotate**), и щелкните по нему мышью. Выделенный элемент должен повернется на 90 градусов. Можно так же, не выделяя элемент, сразу щелкнуть по нему правой клавишей мыши и в появившемся меню выбрать **Rotate**, при этом

выделенный элемент повернется на 90 градусов.

Соедините элементы схемы проводниками так, как показано на рисунке в верхнем ряду. Для соединения элементов в схему, укажите острием курсора мыши на один из соединяемых выводов так, чтобы на этом выводе появилась точка. Нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская клавиши, тащите появляющийся проводник к другому соединяемому выводу по любой траектории до тех пор, пока и на этом выводе не появится точка, после чего отпустите клавишу мыши. Для улучшения внешнего вида схемы можно перетаскивать элементы схемы на другое место, ухватившись мышью за элемент, при этом соединительные проводники будут тоже перемещаться за элементами схемы, не нарушая соединений.

Если требуется разорвать соединение, то укажите острием курсора мыши на один из соединенных выводов так, чтобы на этом выводе появилась точка. Нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская клавиши, тащите проводник в сторону от клеммы, после чего отпустите клавишу мыши, проводник исчезнет. Можно просто щелкнуть правой клавишей мыши по проводнику и в появившемся меню выберите **Delete**.

Установите требуемые номиналы резисторов и конденсаторов. Для этого можно в меню EWB (под заголовком) щелкнуть **Circuit** (сёкит – цикл; электрическая цепь) и в появившемся подменю выбрать **Schematic Options** – (параметры схемы), которые задаются с помощью дополнительных диалоговых окон с закладками (рис 3).

Можно так же двойным щелчком по компоненту схемы, например по резистору, вызвать окно **Resistor Properties** и задать метку (**Label**), номинальную величину сопротивления (**Value**) и др.

В меню некоторых элементов есть еще закладка **Model**, с помощью которой можно выбирать модели компонента (полупроводникового прибора, операционного усилителя, трансформатора и др.), редактировать их параметры, создавать новые библиотеки компонентов и выполнять другие команды меню.

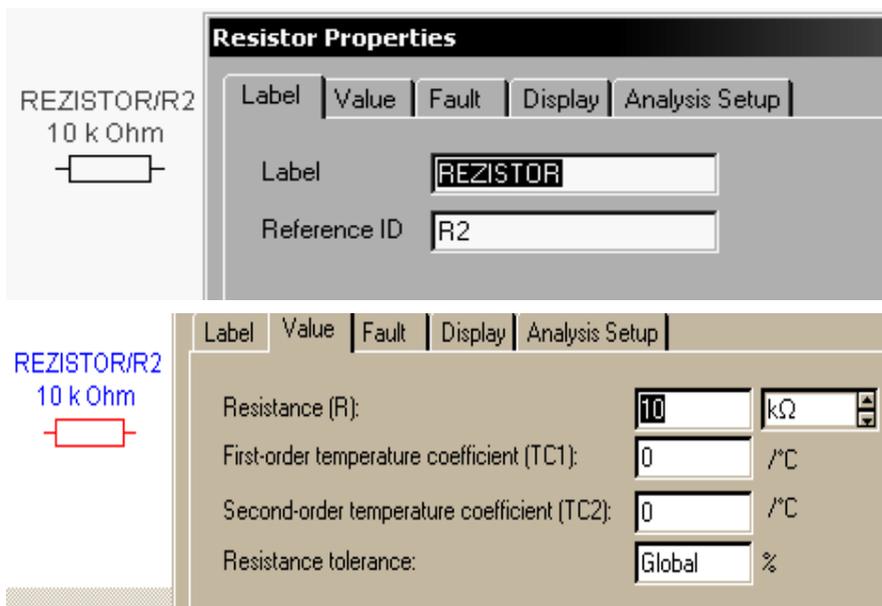


Рис. 12

После того как сделаны все соединения, двойным щелчком мыши по условному изображению функционального генератора, откройте его переднюю панель, и установите желаемую форму колебаний (синусоида, треугольник, прямоугольник) щелкнув соответствующую кнопку.

Установите требуемую частоту (**Frequency**) щелкая стрелочки с правой стороны окошка (вверх, вниз) или непосредственно с клавиатуры установив курсор щелчком левой клавиши мыши в окошке. В той же строке, в маленьком окошке справа, можно скачком изменять размерность в тысячи раз (Hz – герцы, kHz – килоггерцы, MHz – мегагерцы).

Установите требуемую амплитуду напряжения (**Amplitude**).

Закройте переднюю панель функционального генератора, щелкнув по крестику в правом верхнем углу на панели генератора.

Двойным щелчком мыши по условному изображению осциллографа, откройте его переднюю панель. Ухватитесь

мышью за заголовок осциллографа и перетащите его вверх как показано на рис. 11.

Осциллограф имеет два канала (**CHANNEL**) **A** и **B** с отдельной регулировкой чувствительности в диапазоне от **10 $\mu\text{V}/\text{Div}$** (мкВ/дел) до **5kV/Div** (кВ/дел) и регулировкой смещения луча по вертикали (**Y POS**) в количестве клеток в пределах ± 3 клетки. Выбор режима по входу осуществляется нажатием кнопок **AC**, **0**, **DC**.

Режим **AC** предназначен для наблюдения только сигналов переменного тока (его еще называют режимом "закрытого входа", поскольку в этом режиме на входе усилителя включается разделительный конденсатор, не пропускающий постоянную составляющую). В режиме **0** входной зажим замыкается на «землю». В режиме **DC** (режим включен по умолчанию) можно проводить осциллографические измерения как постоянного, так и переменного тока. Этот режим еще называют режимом "открытого входа", поскольку входной сигнал поступает на вход вертикального усилителя непосредственно. С правой стороны от кнопки **DC** расположен входной зажим.

Режим развертки выбирается кнопками **Y/T**, **B/A**, **A/B**. В режиме **Y/T** (обычный режим, включен по умолчанию) реализуется следующая связь разверток: по вертикали напряжение сигнала, по горизонтали — время; в режиме **B/A**: по вертикали сигнал канала **B**, по горизонтали - сигнал канала **A**; в режиме **A/B**: по вертикали сигнал канала **A**, по горизонтали - сигнал канала **B**.

В режиме **Y/T** длительность развертки (**TIME BASE**) может быть задана в диапазоне от **0.1 ns/div** (нс/ дел) до **1 s/div** (с/ дел) с возможностью установки смещения в тех же единицах по горизонтали, т.е. по оси **X (X POS)**.

В режиме **Y/T** предусмотрен также ждущий режим (**TRIGGER**) с запуском развертки (**EDGE**) по переднему или заднему фронту запускающего сигнала (выбирается нажатием кнопок **G** и **L**) при регулируемом уровне (**LEVEL**) запуска, а также в режиме **AUTO** (от канала **A** или **B**), от канала **A**, от канала **B** или от внешнего источника (**EXT**), подключаемого к

зажиму в блоке управления **TRIGGER**. Названные режимы запуска развертки выбираются кнопками **AUTO**, **A**, **B**, **EXT**.

Заземление осциллографа осуществляется с помощью клеммы **GROUND** в правом верхнем углу прибора.

При нажатии на кнопку **EXPAND**, увеличивается размер экрана, появляется возможность прокрутки изображения по горизонтали и его сканирования с помощью вертикальных визирных линий (синего и красного цвета), которые за треугольные ушки (обозначены цифрами 1 и 2) могут быть установлены курсором в любое место экрана. При этом в индикаторных окошках под экраном приводятся результаты измерения напряжения, временных интервалов и их приращений (между визирными линиями).

Изображение можно инвертировать нажатием кнопки **REVERSE** и можно записать данные в файл нажатием кнопки **SAVE**. Возврат к исходному состоянию осциллографа производится нажатием кнопки **REDUCE**.

Двойным щелчком мыши по условному изображению характернографа – **Bode Plotter**, откройте его переднюю панель. Лицевая панель измерителя АЧХ-ФЧХ приведена на рис.13.

Ухватитесь мышью за заголовок, перетащите измеритель вверх и вправо как показано на рис. 11. Измеритель предназначен для построения и анализа амплитудно-частотных характеристик (при нажатой кнопке **MAGNITUDE**, измерение АЧХ включено по умолчанию) и фазочастотных характеристик (при нажатой кнопке **PHASE**). Если нажата кнопка **LOG**, используется логарифмическая шкала по осям **Y (VERTICAL)** и **X (HORIZONTAL)** (кнопка **LOG**, включена по умолчанию). Если нажата кнопка **LIN** — шкала линейная. Настройка измерителя заключается в выборе пределов измерения коэффициента передачи — шкала **VERTICAL** и вариации частоты — шкала **HORIZONTAL** с помощью кнопок в окошках.

Значение частоты и соответствующее ей значение коэффициент передачи или фазы индицируются в окошках в правом нижнем углу измерителя. Значения указанных величин в отдельных точках АЧХ или ФЧХ можно получить с помощью

вертикальной визирной линейки, находящейся в исходном состоянии в начале координат и перемещаемой по графику мышью или кнопками \leftarrow и \rightarrow . Результаты измерения можно записать также в текстовый файл. Для этого необходимо нажать кнопку **SAVE** и в диалоговом окне указать имя файла (по умолчанию предлагается имя схемного файла). В полученном таким образом текстовые файлы с расширением ***.bod** АЧХ и ФЧХ представляются в табличном виде.

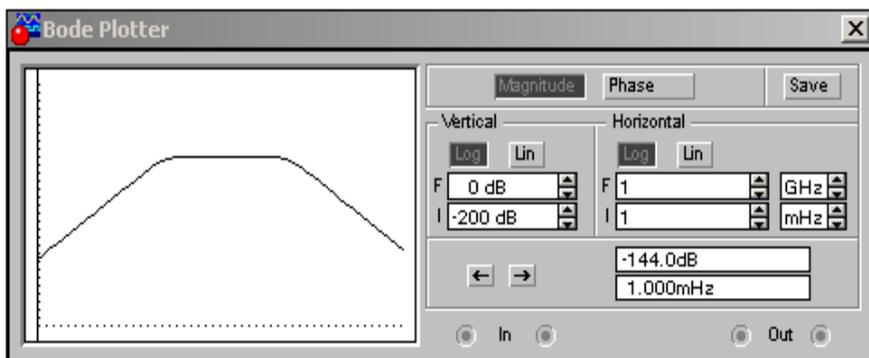


Рис. 13

где **F** — максимальное и **I** — минимальное значение параметра.

Подключение прибора к исследуемой схеме осуществляется с помощью зажимов **IN** (вход) и **OUT** (выход). Левые клеммы зажимов подключаются соответственно к входу и выходу исследуемого устройства, а правые — к общей шине. К входу устройства необходимо подключить функциональный генератор или другой источник переменного напряжения, при этом каких-либо настроек в этих устройствах не требуется.

Задание 3

Установить номинальные значения резисторов и конденсаторов как указано на рис. 11. Используя кнопки управления измерительными приборами, получить

осциллограммы и АЧХ соответствующие тем, что на рис. 11.

Изменять номинальные значения элементов фильтра в широких пределах и, регулируя пределы измерения, получать АЧХ максимально заполняющие площадь экрана с ярко выраженными спадами в области нижних и верхних частот подобно АЧХ на рис.11 и рис.13.

Научиться, используя визирную линейку, определять полосу пропускания фильтра на уровне 0.7 от максимума (уровень – 3 дБ), на уровне 0.5 (уровень – 6 дБ) и других уровнях.

Научиться получать соответствующие характеристики в линейном масштабе.

Научиться получать и анализировать фазовые характеристики в линейном и логарифмическом масштабах, определять фазовый сдвиг на границах полосы пропускания.

Задание 4

Составить схему резисторного каскада усиления на транзисторах и, ориентируясь по приборам (по получаемым характеристикам), подобрать элементы схемы (в разумных пределах) для получения малых нелинейных и частотных искажений и наибольшего усиления в заданном диапазоне частот, например, в диапазоне частот от 40 Гц до 12 кГц. Оценить влияние всех элементов схемы на нелинейные и частотные искажения усилителя. Для этого следует изменять номинальные значения элементов схемы (резисторов и конденсаторов) и, наблюдая изменения формы синусоиды (по осциллографу) и изменения формы АЧХ (по измерителю АЧХ), сделать выводы о влиянии всех элементов схемы на коэффициент усиления, нелинейные и частотные искажения усилителя.

Содержание отчета

1. Представить результаты измерений и вычислений.
2. Сдать зачёт по навыку работы с виртуальным измерителем АЧХ и ФЧХ.

Содержание

	Стр.
Практическая работа № 4	1
Практическая работа № 5	12
Практическая работа № 6	23