

Лабораторная работа «Стенд и приборы для исследования электрических цепей»			
Выполнил		МГТУ им. Н.Э.Баумана	Гр.
Проверил			Стенд №

ЗАДАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание 1. Измерение напряжений, токов и сопротивлений цифровым мультиметром

1.1. Измерение постоянного и синусоидального напряжения

Вольтметр подключают параллельно участку цепи, на котором требуется измерить напряжение. Для уменьшения погрешности измерения необходимо, чтобы внутреннее сопротивление вольтметра было как минимум на два порядка больше сопротивления любого элемента цепи. Цифровой мультиметр в составе лабораторного стенда, работающий в режиме измерения постоянного и переменного напряжения, имеет внутреннее сопротивление величиной в сотни мегаом и его подключение параллельно любому элементу стенда практически не вносит изменения в режим работы схемы.

Включите однофазный источник (рис. 2), сетевой тумблер блока генераторов (рис. 3) и сетевые тумблеры мультиметров. Выберите любой из четырех мультиметров, поворотным переключателем установите режим измерения постоянного напряжения $V=$ и диапазон измерения 20 В (рис. 14).

Соедините провод черного цвета с выводом СОМ мультиметра и любой точкой «земля» на наборном поле. Соедините провод красного цвета с выводом $V\Omega$ мультиметра и выходом источника +15 В на наборном поле (точка ①). Измерьте напряжение (значение должно быть близко к +15 В) и занесите показания с точностью до второго разряда после запятой в таблицу 1.

Таблица 1

Выход источника	+15 В ①	-15 В ②	Регулируемый постоянный ③	Регулируемый синусоидальный ④
U , В				

Переведите поворотный переключатель в диапазон 2 В и убедитесь, что мультиметр показывает «перегрузку», то есть не отображает реальное измеренное напряжение.

Переведите поворотный переключатель в положение 200 В. Убедитесь, что показания близки к +15 В, но отображаются с меньшей точностью (один разряд после запятой). Верните поворотный переключатель в положение 20 В.

Переметите красный провод в точку ② и измерьте постоянное отрицательное напряжение источника. Результат отобразите в таблице 1.

Переметите красный провод в точку ③. Вращая ручку регулятора, убедитесь, что напряжение изменяется от -13 В до +13В. Установите ручкой регулятора любое напряжение, по величине близкое к +5 В, и запишите показание в таблицу 1.

Переметите красный провод на выход источника переменного напряжения (в точку ④). Нажимая кнопку ФОРМА, установите по индикатору синусоидальный сигнал. Ручкой регулировки частоты установите частоту выходного напряжения 500 Гц. Вращая ручку регулировки амплитуды 0...12 В, убедитесь, что в любом положении показания мультиметра близки к нулю.

Это объясняется тем, что в ранее установленном режиме $V=$, мультиметр измеряет постоянную составляющую напряжения, а у синусоидального сигнала она равна нулю.

Для измерения действующего значения синусоидального напряжения, переведите поворотный переключатель мультиметра в сектор $V\sim$ на диапазон 20 В.

Вращая ручку регулятора амплитуды, убедитесь, что напряжение изменяется от 0 до 9 В. Установите произвольное значение из диапазона 0 до 9 В, и запишите показания вольтметра в таблицу 1.

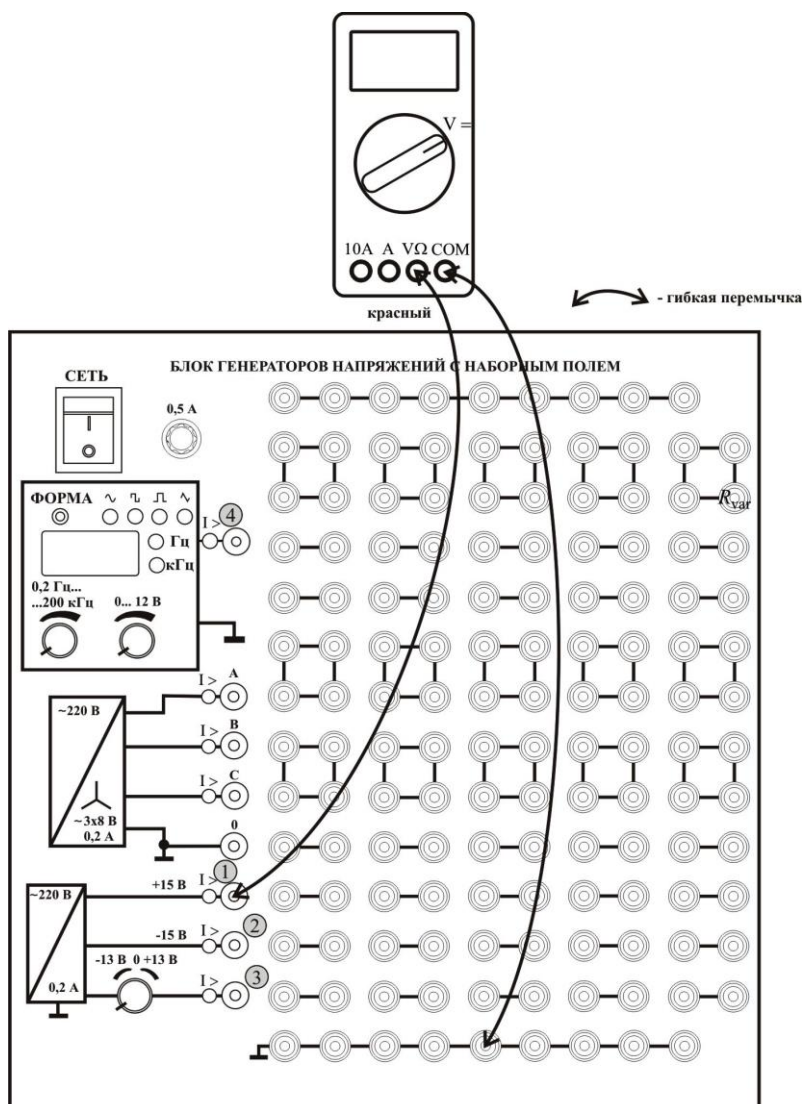


Рис. 14. Измерение напряжений источника питания мультиметром.

1.2. Измерение сопротивления

Разместите на наборном поле (рис. 15) резистор, с номинальным значением 1 кОм, две катушки индуктивности – 33 мГн и 100 мГн, и конденсатор 4,4 мкФ.

Переведите поворотный переключатель мультиметра в сектор Ω на диапазон 2к (максимальное значение измеряемого сопротивления 2 кОм). Подключите провода мультиметра к резистору (гнезда ① и ②), измерьте величину сопротивления и занесите показания в таблицу 2. Перемещая провода мультиметра на гнезда (③ и ④), а затем на (⑤ и ⑥), измерьте сопротивление катушек индуктивности и занесите показания в таблицу 2.

Таблица 2

Элементы	Резистор 1 кОм	Индуктивность 33 мГн	Индуктивность 100 мГн	Конденсатор 4,4 мкФ
Измеренное сопротивление, Ом				> 200 МОм

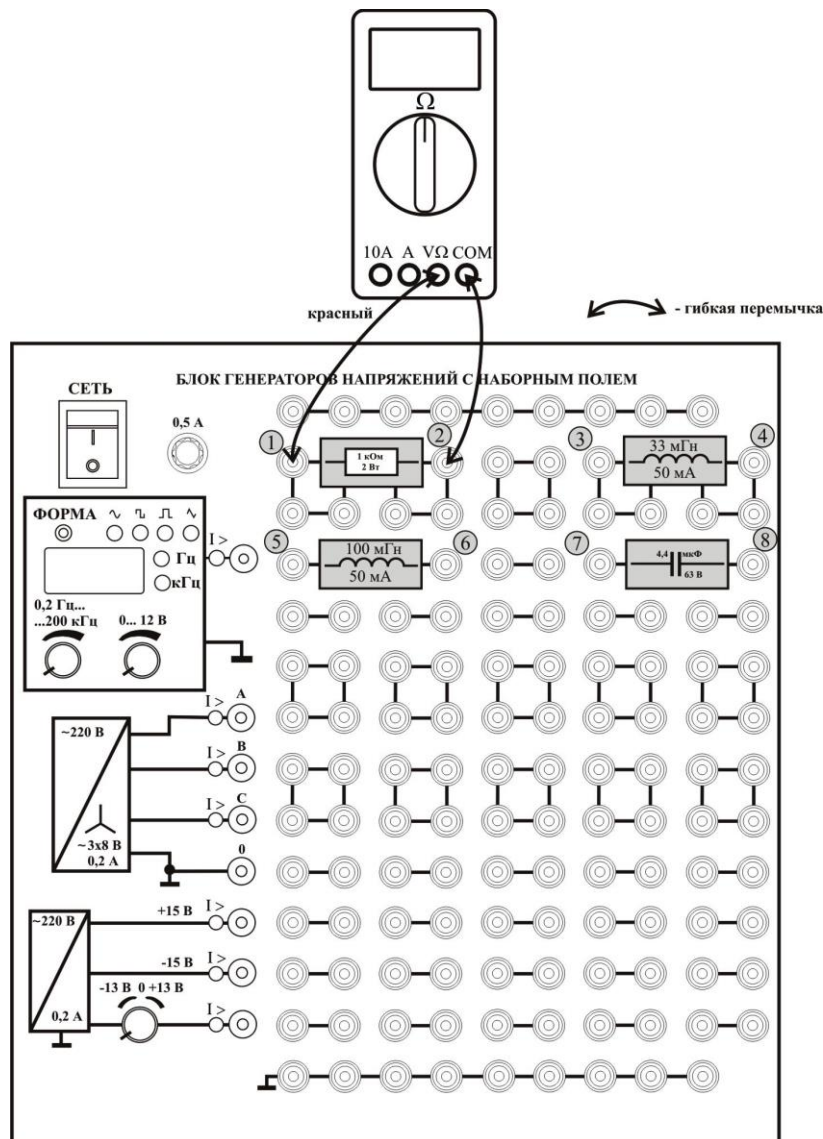


Рис. 15. Измерение сопротивлений.

Соедините провода мультиметра с точками (7) и (8). Убедитесь, что мультиметр показывает перегрузку (сопротивление утечки емкости больше 2 кОм). Переключая диапазон измерений последовательно на 20k, 200k, 2M, 20M, 200M, убедитесь в наличии перегрузки (сопротивление утечки емкости > 200 МОм).

1.3. Измерение постоянного тока

Электрическая схема эксперимента приведена на рис. 16.

К источнику постоянного напряжения U_1 подключен резистор R с номинальным сопротивлением 470 Ом и потенциометр R_{var} (диапазон изменения сопротивления 0 – 1 кОм). В цепь последовательно с сопротивлениями включены два амперметра: A1 и A2.

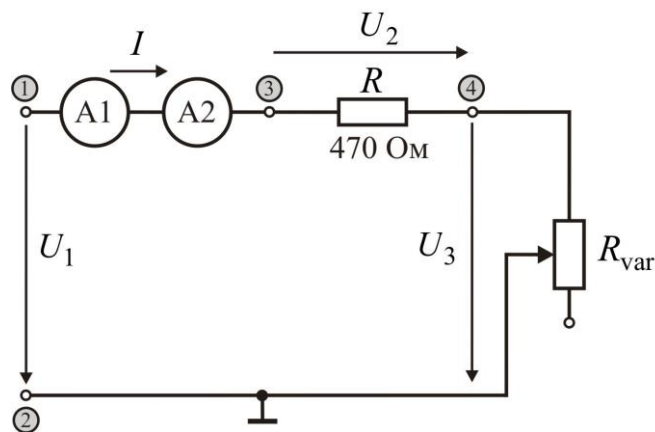


Рис. 16. Электрическая схема (измерение тока).

Соберите монтажную схему, рис. 17. **Гибкую перемычку (показана пунктиром) не подключать.**

Амперметр A1 включен в разрыв цепи, а A2 – подключен к разъему мини блока «Амперметр». Оба амперметра измеряют один и тот же ток. Наличие двух амперметров необходимо для демонстрации двух способов измерения сигнала тока в лабораторном стенде.

Методические рекомендации. Поворотными переключателями установите первый мультиметр в режим измерения постоянного напряжения (диапазон 20 В), второй и третий мультиметр в режим измерения постоянного тока (диапазон 200m - максимальный измеряемый ток 200 мА), а четвертый – в режим измерения сопротивления (диапазон 2k).

Подключить четвертый мультиметр в любой полярности к точкам ③ и ④, измерить сопротивление R и занести результат в таблицу 3.

Таблица 3

Измерено							Вычислено		
R [Ом]	R_{var} [Ом]	$U_{изм}$ [В]	$U_{2изм}$ [В]	$U_{3изм}$ [В]	A1 [мА]	A2 [мА]	I [мА]	$U_{2выч}$ [В]	$U_{3выч}$ [В]

Поставить регулятор потенциометра R_{var} в среднее положение. Подключить четвертый мультиметр в любой полярности к точкам ④ и ②, измерить сопротивление R_{var} и занести результат в таблицу 3. Вычислить ток в схеме I , мА, результат занести в

таблицу 3. Для вычисления использовать формулу $I = \frac{15}{R + R_{var}} \cdot 10^3$, мА. Здесь 15 В –

теоретическое значение напряжения источника питания. Значения R и R_{var} взять из графы «Измерено».

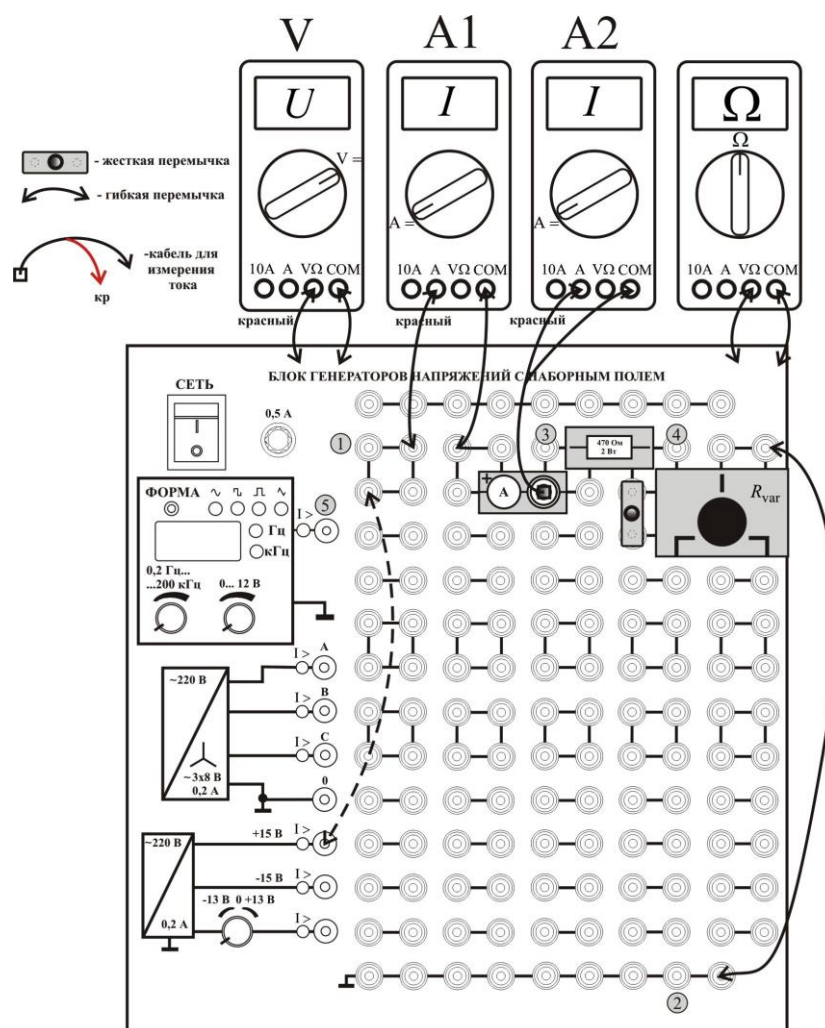


Рис. 17. Монтажная схема (измерение постоянного тока).

Вычислить напряжения на элементах схемы и занести результат в таблицу 3. Для вычисления использовать формулы $U_{2\text{выч}} = I \cdot R$; $U_{3\text{выч}} = I \cdot R_{\text{вар}}$.

Отсоединить от схемы провода четвертого мультиметра, подключить гибкую перемычку, показанную на схеме (рис. 17) пунктиром. Снять показания второго A1 и третьего A2 мультиметров, и записать их в таблицу 3. Убедиться, что показания мультиметров практически совпадают.

Подсоединив провода первого мультиметра точкам ① (красный провод) и ② (черный провод), измерить напряжение источника $U_{1\text{изм}}$. Провести аналогичные измерения между точками ③ (красный провод) и ④ (черный провод), и точками ④ (красный провод) и ② (черный провод), (напряжения $U_{2\text{изм}}$ и $U_{3\text{изм}}$ соответственно). Все результаты занести в таблицу 3.

Убедиться в совпадении теоретических вычислений и экспериментальных измерений.

Убедиться в справедливости Второго Закона Кирхгофа для цепей постоянного тока $U_{2\text{изм}} + U_{3\text{изм}} - U_{1\text{изм}} = 0$.

Примечание. Переписав последнее выражение в виде $U_{1\text{изм}} = U_{2\text{изм}} + U_{3\text{изм}}$, можно сделать вывод: **в контуре электрической цепи, содержащей только резистивные элементы, напряжение на последовательно соединенных резисторах равно сумме напряжений на отдельных элементах.**

1.4. Измерение синусоидального тока

Электрическая схема эксперимента приведена на рис. 18, монтажная схема – на рис. 19.

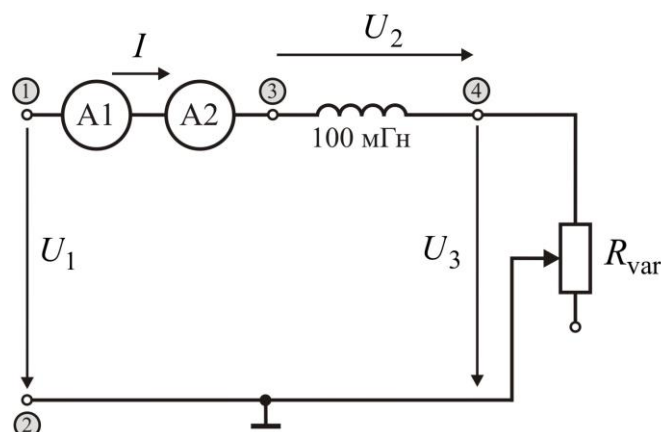


Рис. 18. Электрическая схема (измерение синусоидального тока).

Соедините провода первого мультиметра с гнездами ① и ②. Вращая ручку регулятора частоты, установите частоту синусоидального источника 500 Гц (контролируется по индикатору). Вращая ручку регулятора амплитуды, установите действующее значение синусоидального сигнала от 7 до 9 В (контролируется по мультиметру). Запишите установленное значение входного напряжения $U_{\text{изм}}$ в таблицу 4 (в строки $R-L$ и $R-C$).

Таблица 4

Конфигурация цепи	$U_{\text{изм}}$ [В]	$U_{2\text{изм}}$ [В]	$U_{3\text{изм}}$ [В]	A1 [мА]	A2 [мА]
$R-L$					
$R-C$					

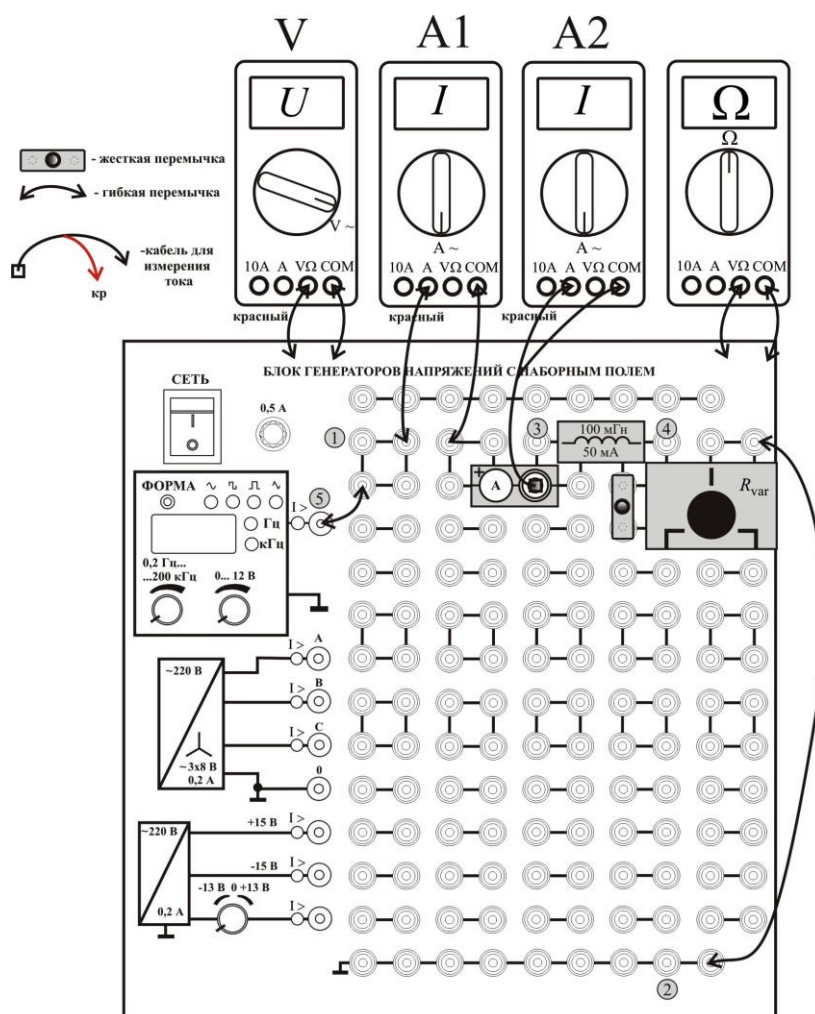


Рис. 19. Монтажная схема (измерение синусоидального тока).

Проведите аналогичные измерения между точками ③ и ④, и точками ④ и ②, (напряжения $U_{2\text{изм}}$ и $U_{3\text{изм}}$ соответственно). Снимите показания второго A1 и третьего A2 мультиметров и запишите их в таблицу 4 (в строку R-L).

Убедитесь, что $U_{1\text{изм}} \neq U_{2\text{изм}} + U_{3\text{изм}}$.

Установите вместо мини блока индуктивности 100 мГн мини блок конденсатора 1 мкФ.

Проведите измерения между точками ③ и ④, и точками ④ и ②, (напряжения $U_{2\text{изм}}$ и $U_{3\text{изм}}$ соответственно). Снимите показания второго A1 и третьего A2 мультиметров и запишите их в таблицу 4 (в строку R-C).

Убедитесь, что $U_{1\text{изм}} \neq U_{2\text{изм}} + U_{3\text{изм}}$.

Сделайте вывод: **в контуре электрической цепи, содержащей резисторы, индуктивности и емкости, действующее значение напряжения на последовательно соединенных элементах не равно сумме действующих значений напряжений на отдельных элементах.**

Второй закон Кирхгофа выполняется только для мгновенных значений напряжений $u_{1\text{изм}} = u_{2\text{изм}} + u_{3\text{изм}}$ и для их комплексных аналогов $\dot{U}_{1\text{изм}} = \dot{U}_{2\text{изм}} + \dot{U}_{3\text{изм}}$.

Выключите тумблер СЕТЬ БЛОКА ГЕНЕРАТОРОВ.

Установите вместо мини блока конденсатора 1 мкФ мини блок индуктивности 100 мГн.

Задание 2. Применение измерительного комплекса ВП ТОЭ для контроля параметров электрической схемы

Смонтируйте схему в соответствии с рис. 20.

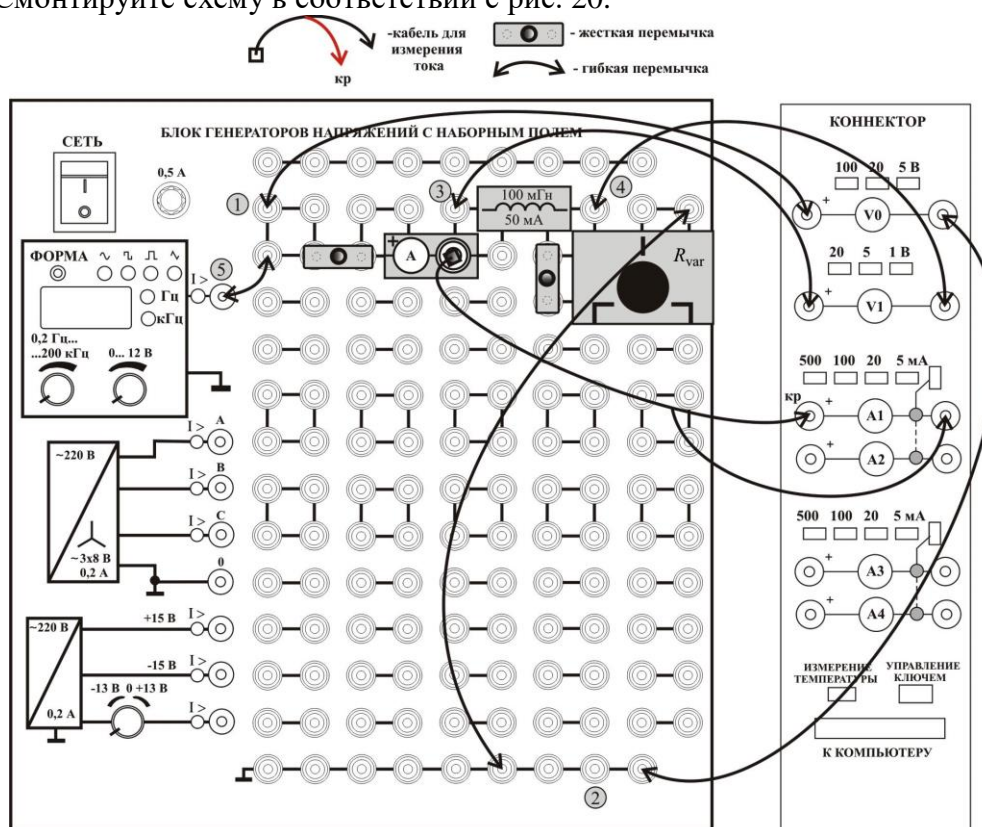


Рис. 20. Монтажная схема (измерительный комплекс ВП ТОЭ).

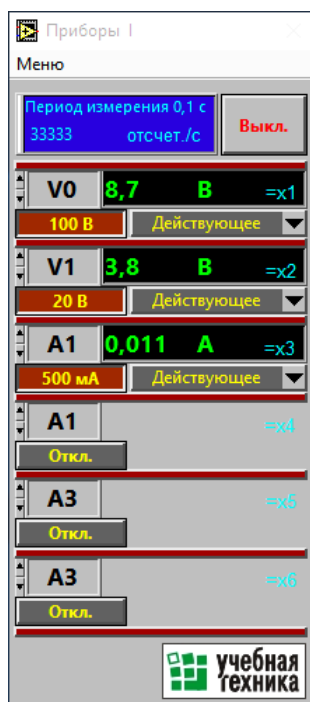
2.1. Активация виртуальных измерительных приборов

Активируйте левой кнопкой мыши иконку «ВП ТОЭ» на рабочем столе компьютера. В открывшейся вкладке **Приборы I**, рис. 21, а, установите приборы V0, V1, A1 для измерения действующего значения. Нажмите указателем мыши на вкладку Меню, и в раскрывшемся списке, рис. 21, б, последовательно активируйте **Приборы II**, **Осциллограф** и **Аналоговый прибор**, рис. 22.

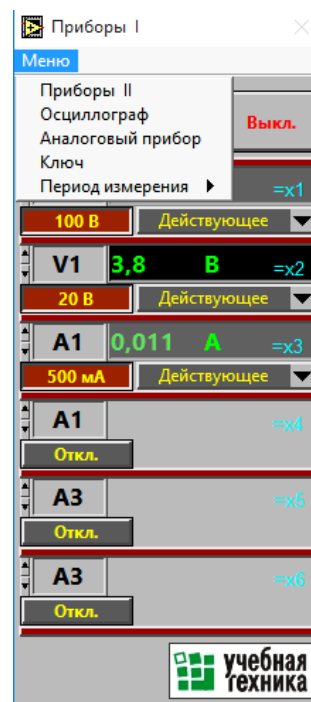
2.2. Измерения для цепи R-L

Включите тумблер СЕТЬ БЛОКА ГЕНЕРАТОРОВ.

Занесите показания приборов в графу R-L таблицы 5: $U_{\text{изм}}$ - виртуальный вольтметр V0; $U_{2\text{изм}}$ - виртуальный вольтметр V1; A1 – виртуальный амперметр A1; φ_{UI} - виртуальный фазометр (показания снять с учетом знака по стрелочному «Аналоговому прибору»); $P_{\text{изм}}$ - виртуальный ваттметр (вкладка «Активная мощность P»).



а



б

Рис. 21. Активация виртуальных приборов.

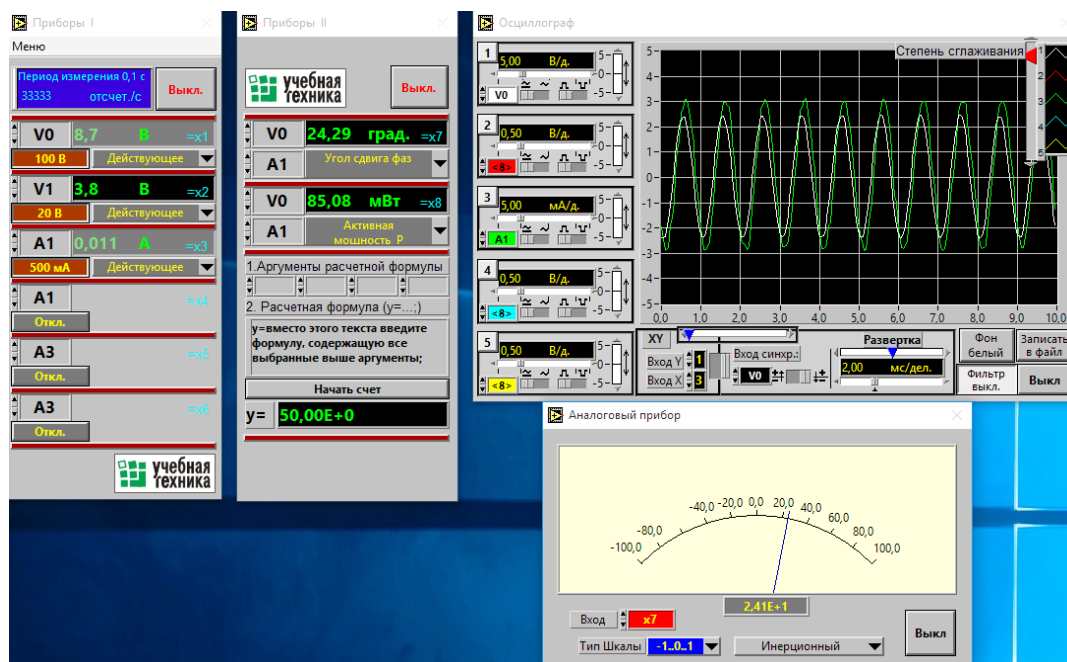


Рис. 22. Набор виртуальных приборов.

Таблица 5

Конф. цепи	$U_{\text{изм}}, \text{В}$ (V0)	$U_{2\text{изм}}, \text{В}$ (V1)	$U_{3\text{изм}}, \text{В}$ (V1)	A1, A (A1)	$\varphi_{UI}, \text{град}$	$P_{\text{изм}}, \text{мВт}$	$P_{\text{выч}}, \text{мВт}$
R-L							
R-C							

Перенесите провода виртуального вольтметра V1 на точки ④ и ②, снимите показания вольтметра V1 и занесите их в графу $U_{3\text{изм}}$.

Вычислите активную мощность $P_{\text{выч}} = U \cdot I \cdot \cos \varphi = U_{\text{изм}} \cdot A1 \cdot \cos \varphi_{UI}$, Вт. Переведите вычисленное значение в милливольты $P_{\text{выч}}, \text{мВт} = (P_{\text{выч}}, \text{Вт}) \cdot 1000$ и запишите в таблицу 5.

Наблюдайте по виртуальному осциллографу сигналы входного напряжения и тока.

Для улучшения качества отображаемых сигналов:

- включите виртуальную клавишу «Фильтр включить» в правом нижнем углу экрана осциллографа;
- движок сглаживания сигнала в правом верхнем углу экрана установите в положение 4 или 5;
- установите движок «Развертка» в положение, при котором на экране осциллографа наблюдается не более 2-4 периодов синусоидального сигнала.

Убедитесь по осциллографу в наличии фазового сдвига φ_{UI} между напряжением и током.

Убедитесь в синусоидальном характере напряжения и тока.

Изменяя ручкой регулировки частоту синусоидального сигнала от 500 Гц в меньшую (до 300 Гц) и большую ((до 700 Гц) стороны, убедитесь в изменении фазового сдвига, напряжений и тока.

Верните частоту сигнала входного источника 500 Гц.

Перенесите провода виртуального вольтметра V1 на точки ③ и ④.

2.3. Измерения для цепи R-C

Установите вместо мини блока индуктивности 100 мГн мини блок конденсатора 1 мкФ. Проведите измерения по пункту 2.1, записывая показания в графу R-C таблицы 5. Убедитесь, что фазовые сдвиги для цепей R-L и R-C имеют разные знаки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему вольтметр включается параллельно участку цепи, на котором производится измерение напряжения, а амперметр включается последовательно? Какие требования к внутреннему сопротивлению этих приборов?

2. Как с помощью мультиметра измеряются постоянные и переменные напряжения и токи? Как выбирается диапазон измерений?

3. Изобразите (качественно) синусоидальный сигнал. Покажите на рисунке амплитуду, период и начальную фазу сигнала. Как вычисляется линейная и угловая частота сигнала? Как вычисляется действующее значение сигнала?

4. Изобразите схему замещения резистора, индуктивности и емкости на постоянном токе и при низкочастотном синусоидальном сигнале.

5. Дайте определение сопротивлению, индуктивности и емкости.

6. Как вычисляется активная мощность на участке электрической цепи? Чему равна активная мощность на сопротивлении, индуктивности и емкости?

7. К источнику синусоидального напряжения подключено активное сопротивление. Чему равен фазовый сдвиг между напряжением и током? Поясните, используя расчетные соотношения. Поясните наличие фазового сдвига и его величину, если к источнику подключена только индуктивность или только емкость.

8. Почему при наличии в цепи реактивных элементов (индуктивностей и емкостей) при записи уравнений по второму закону Кирхгофа действующие значения напряжений нельзя складывать алгебраически?

9. Объясните, почему фазовый сдвиг между напряжением и током в цепях R-L и R-C имеет разный знак?

10. Объясните, почему фазовый сдвиг между напряжением и током в цепях R-L и R-C изменяется при изменении частоты сигнала источника?