

Задание: выполнить лабораторную работу. Лабораторная работа №2

Тема: Исследование цепи постоянного тока с последовательным и параллельным соединением резисторов

Цель: Проверка основных закономерностей в цепях последовательного и параллельного соединения резисторов.

Теоретические сведения

Соединение резисторов. Законы Кирхгофа позволяют анализировать и рассчитывать электрические цепи с одним источником при различных соединениях резисторов.

Последовательным соединением участков электрической цепи называют соединение, при котором через все участки цепи проходит один и тот же ток (см. рисунок 1.1). Напряжение на каждом последовательно включенном участке пропорционально величине сопротивления этого участка.

При последовательном соединении потребителей с сопротивлениями R_1 , R_2 и R_3 напряжение на их зажимах равно:

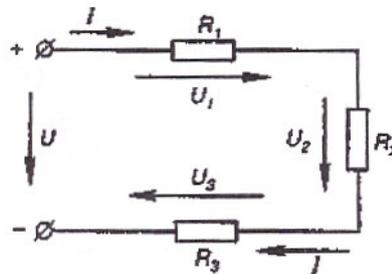


Рисунок 1.1 — Последовательное соединение резисторов

$$U_1 = IR_1; U_2 = IR_2; U_3 = IR_3$$

Воспользовавшись вторым законом Кирхгофа для рассматриваемой цепи (рисунок 1.1), можно записать:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

или

$$U = IR_1 + IR_2 + IR_3.$$

Откуда

$$U/I = R_1 + R_2 + R_3$$

т. е. общее (эквивалентное) сопротивление последовательно потребителей равно сумме сопротивлений этих потребителей.

Ток в цепи последовательно включенных потребителей (рисунок 1.1) определяется выражением:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Из этого выражения следует, что при изменении сопротивления хотя бы одного потребителя изменяется ток цепи, а, следовательно, и режим работы (напряжение) всех последовательно включенных потребителей (резисторов).

Характерно, что при последовательном соединении потребителей на большем сопротивлении тратится большая мощность:

$$P = UI = I^2R.$$

Параллельным соединением участков электрической цепи называют соединение, при котором все участки цепи присоединяются к одной паре узлов, т. е. находятся под действием одного и того же напряжения (см. рисунок 1.2). Токи параллельно включенных участков обратно пропорциональны сопротивлениям этих участков. При параллельном соединении потребителей с сопротивлениями R_1 , R_2 , R_3 токи потребителей равны:

$$I_1 = U/R_1, \quad I_2 = U/R_2, \quad I_3 = U/R_3$$

Воспользовавшись первым законом Кирхгофа для рассматриваемой цепи, можно определить ток в неразветвленной части цепи:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

или

$$I = U/R_1 = U/R_2 = U/R_3 = U(I/R_1 + I/R_2 + I/R_3)$$

$$I/U = I/R_1 + I/R_2 + I/R_3 = I/R$$

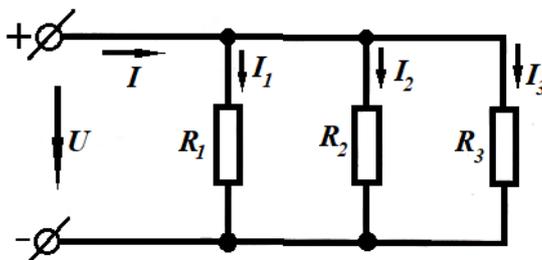


Рисунок 1.2 — Параллельное соединение резисторов

Т. е. обратная величина общего (эквивалентного) сопротивления (R) параллельно включенных потребителей равна сумме обратных величин сопротивлений этих потребителей.

Величина, обратная сопротивлению, определяет проводимость потребителя (g).

Общая (эквивалентная) проводимость цепи при параллельном соединении потребителей определяется выражением:

$$g = g_1 + g_2 + g_3$$

Если параллельно включены n одинаковых потребителей с сопротивлением R' каждое, то эквивалентное сопротивление этих потребителей $R = R'/n$.

Если параллельно включены два потребителя с сопротивлениями R₁ и R₂, то общее (эквивалентное) их сопротивление по (9):

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Изменение сопротивления какого-либо из параллельно соединенных потребителей не влияет на режим работы (напряжение) всех потребителей, включая изменяемый. Поэтому параллельное соединение потребителей нашло широкое практическое применение.

При параллельном соединении потребителей на большем сопротивлении тратится меньшая мощность:

$$P = UI = U^2/R$$

Ход работы

1 Исследование цепи при последовательном соединении резисторов

- 1.1. Собрать электрическую схему (рисунок 1.3) и дать проверить ее преподавателю.
- 1.2. Включить блок питания БП - 15. Установить напряжение цепи 20 В.
- 1.3. Выключатель SA включить. С помощью амперметра измерить ток в цепи, с помощью вольтметра - падения напряжений на отдельных ее участках для двух положений движков реостатов. Результаты измерений занести в таблицу 1.1.

На рисунке 1.3, 1.4 приведены электрические схемы опытов. При сборке электрических цепей по приведенным схемам используется следующее оборудование:

- G1, G2** - источники постоянного напряжения БП - 15;
PA - амперметр;
PU - вольтметр;
R1 - реостат на 1 кОм;
R2 - реостат на 220 Ом;
R3 - реостат на 220 Ом;
SA - выключатель.

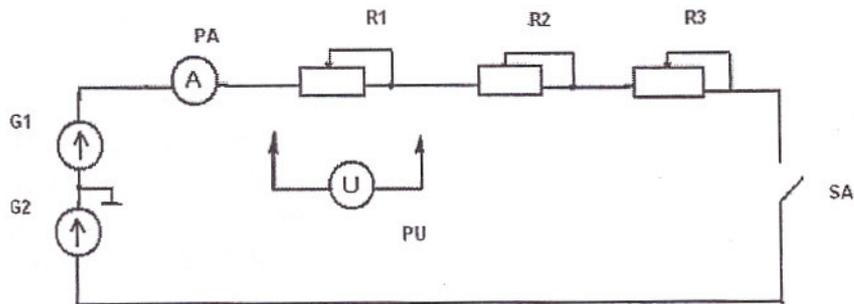


Рисунок 1.3 - Схема для исследования цепи с последовательным соединением резисторов

Таблица 1.1 - Результаты исследования цепи с последовательным соединением резисторов

№ опыта	Результаты измерений					Результаты вычислений						
	U, B	U_1, B	U_2, B	U_3, B	I, A	$R_{э\text{кв}}, Ом$	U', B	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_{э\text{кв}}', Ом$	I', A
1												
2												

- 1.4. По результатам исследования цепи с последовательным соединением резисторов рассчитать напряжение на зажимах цепи
 Результаты вычислений занести в таблицу 1.1. Сравнить результат с заданным напряжением

$$U' = U_1 + U_2 + U_3.$$

- 1.5. Вычислить величину эквивалентного сопротивления цепи, воспользовавшись законом Ома

$$R_{э\text{кв}} = U/I$$

Результаты вычислений нести в таблицу 1.1.

- 1.6. Определить сопротивления R_1, R_2, R_3 , воспользовавшись законом Ома для участка электрической цепи.
 1.7. Определить эквивалентное сопротивление цепи $R'_{э\text{кв}}$ по свойствам последовательного соединения резисторов. Сравнить с результатом, полученным в п.1.5.
 1.8. По закону Ома для всей цепи вычислить ток I' . Сравнить с измеренным значением.
 1.9. Вычислить отношения падений напряжений и отношения соответствующих сопротивлений и сделать вывод о распределении напряжений при последовательном соединении резисторов.

2 Исследование цепи при параллельном соединении резисторов

- 2.1. Собрать электрическую схему (рисунок 1.4) и дать проверить ее преподавателю.
 2.2. Включить блок питания БП - 15. Установить напряжение цепи 20 В.
 2.3. Выключатель SA включить. С помощью амперметров измерить общий ток и токи ветвей, с помощью вольтметра — падения напряжений на отдельных ее участках цепи двух положений движков реостатов. Результаты измерений занести в таблицу 1.2.

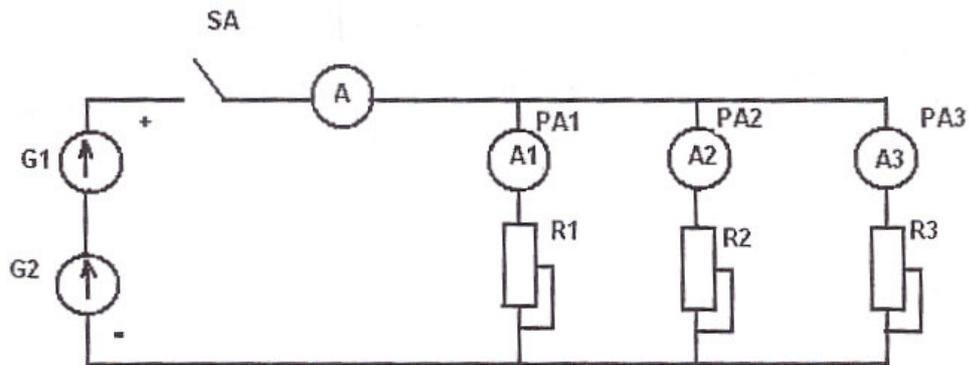


Рисунок 1.4 - Схема для исследования цепи с параллельным соединением резисторов

Таблица 1.2 - Результаты исследования цепи с параллельным соединением резисторов опыта

№ опыта	Результаты измерений					Результаты вычислений									
	U, B	I_1, A	I_2, A	I_3, A	I, A	$R, Ом$	I', A	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$G_1, См$	$G_2, См$	$G_3, См$	$G_{экр}, См$	$G_{экр}', См$
1															
2															

2.4. Вычислить эквивалентное сопротивление цепи, воспользовавшись законом Ома для всей цепи

$$R_{экр} = U/I$$

Результаты вычислений занести в таблицу 1.2.

2.5. Определить общий ток в цепи по свойствам параллельного соединения резисторов.

$$I' = I_1 + I_2 + I_3$$

Сравнить с измеренным значением тока.

2.6. Вычислить сопротивления резисторов по закону Ома для участка цепи.

2.7. Определить проводимости элементов и эквивалентную проводимость цепи по формуле

$$G_{экр} = 1/R_{экр}$$

2.8. Вычислить эквивалентную проводимость цепи по свойству параллельного соединения резисторов. Сравнить с результатом в п.2.7.

2.9. Вычислить отношения R_1/R_2 , R_2/R_3 и I_2/I_1 , I_3/I_2 для двух опытов. Сделать вывод о распределении токов при параллельном соединении резисторов. Проверить справедливость первого закона Кирхгофа.

Контрольные вопросы

1. Как изменится ток в цепи при увеличении последовательно включенных резисторов?
2. Как изменится мощность цепи, если увеличить количество последовательно соединенных резисторов?
3. Чем объяснить равенство отношений R_1/R_2 и U_1/U_2 при любом изменении режима работы в последовательной цепи?
4. Перечислите свойства последовательного соединения резисторов.

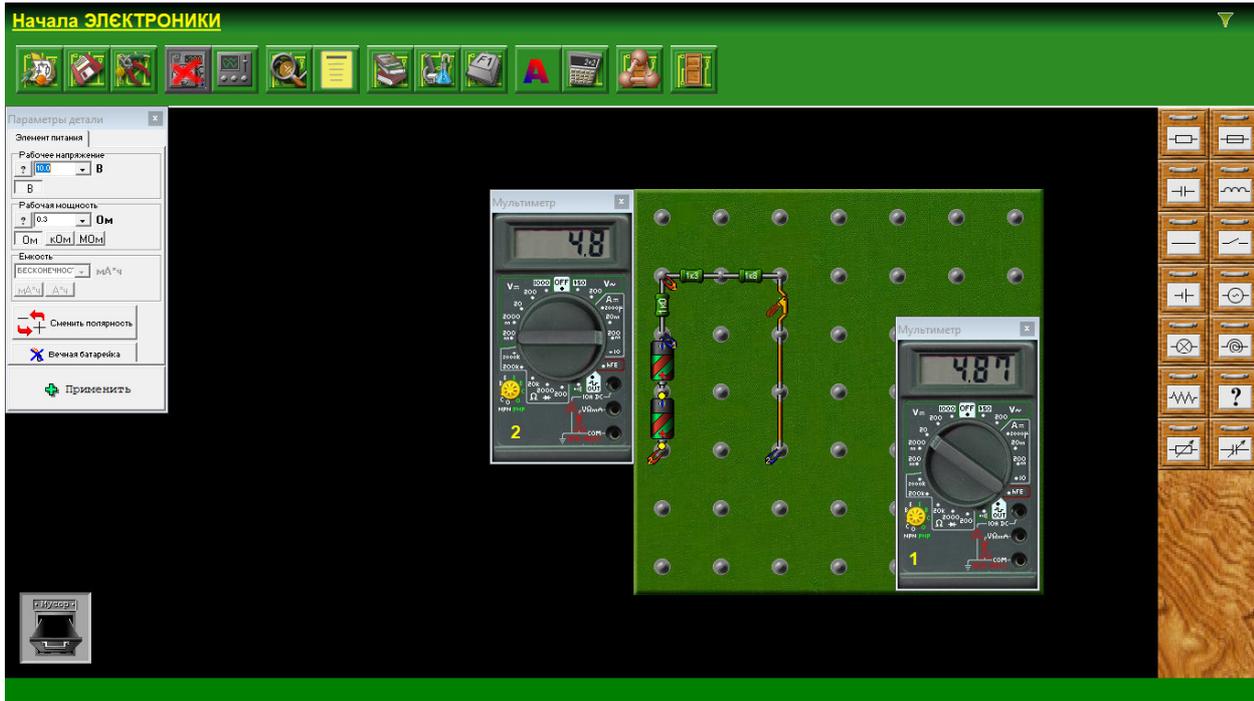
5. Как изменится ток в цепи при увеличении числа параллельно включенных резисторов?
6. Как зависит величина потребляемой мощности от количества параллельно включенных резисторов?
7. Как изменится ток в цепи, если закортить R_2 .
 - а) при последовательном соединении резисторов;
 - б) при параллельном соединении резисторов.
8. Чем объяснить равенство отношений R_1/R_2 , и I_2/I_1 при любом изменении режима работы в параллельной цепи?
9. Перечислите свойства параллельного соединения резисторов.

Содержание отчета

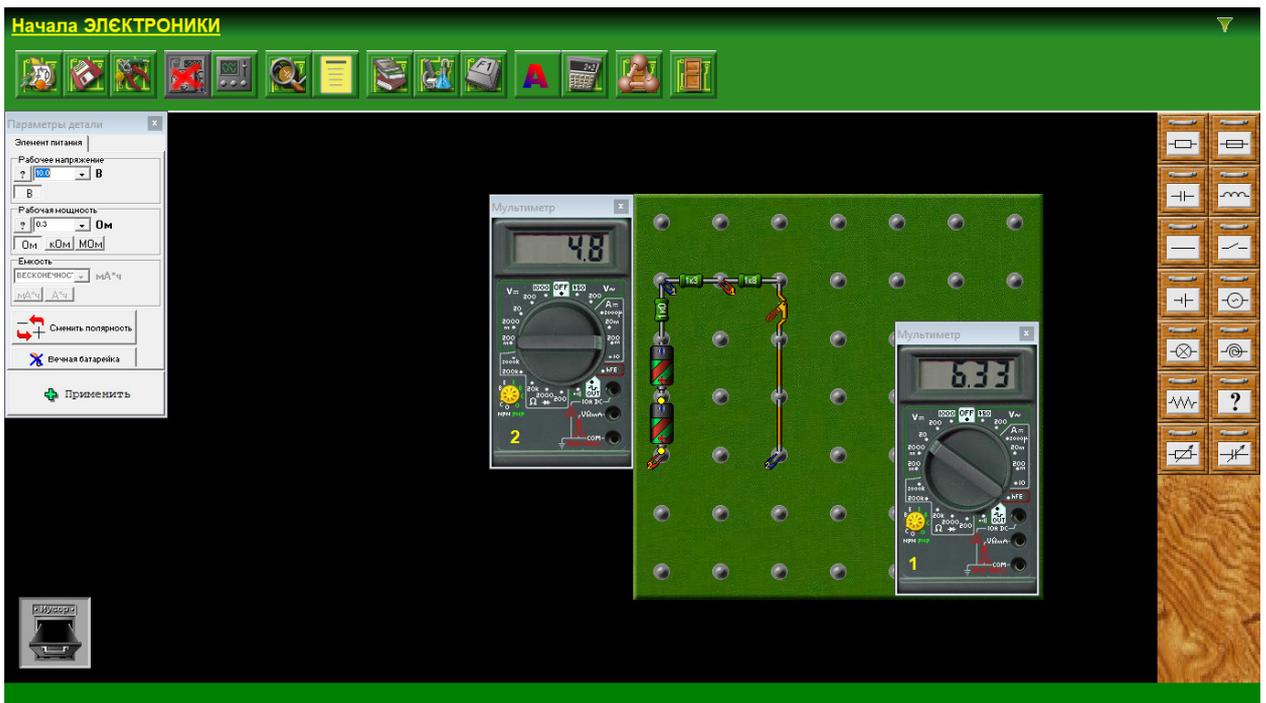
1. Тема и цель работы.
2. Схема опыта рисунок 1.3, 1.4.
3. Ход работы.
4. Результаты измерений и вычислений.
5. Сделать вывод.
6. Ответы на контрольные вопросы письменно.

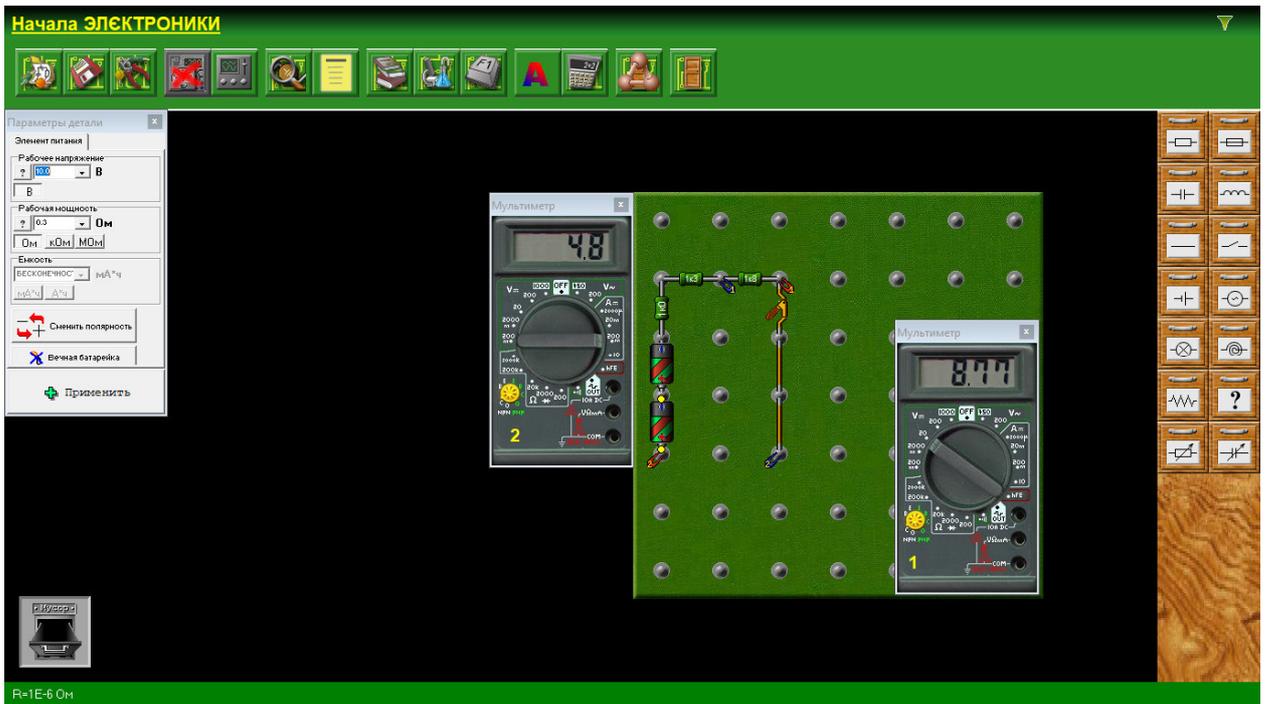
Измерения для таблицы 1.1 Опыт №1 Общее напряжение 20 В

1.1

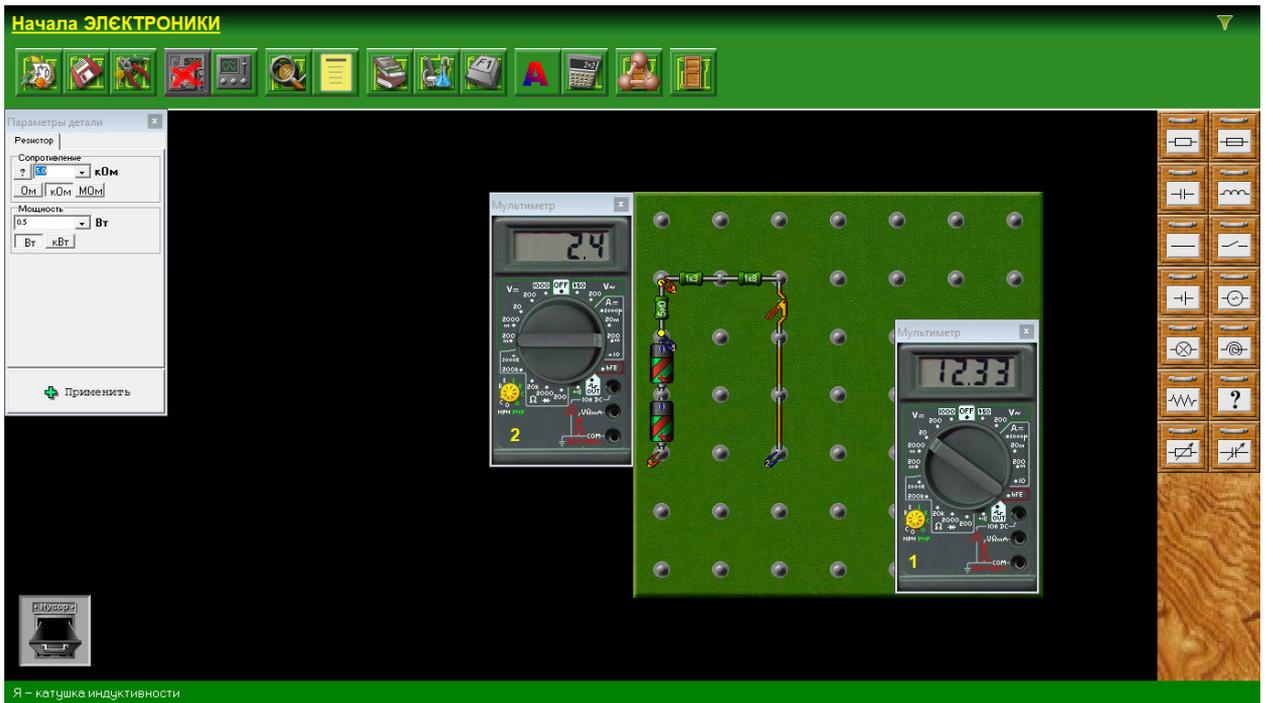


2.1

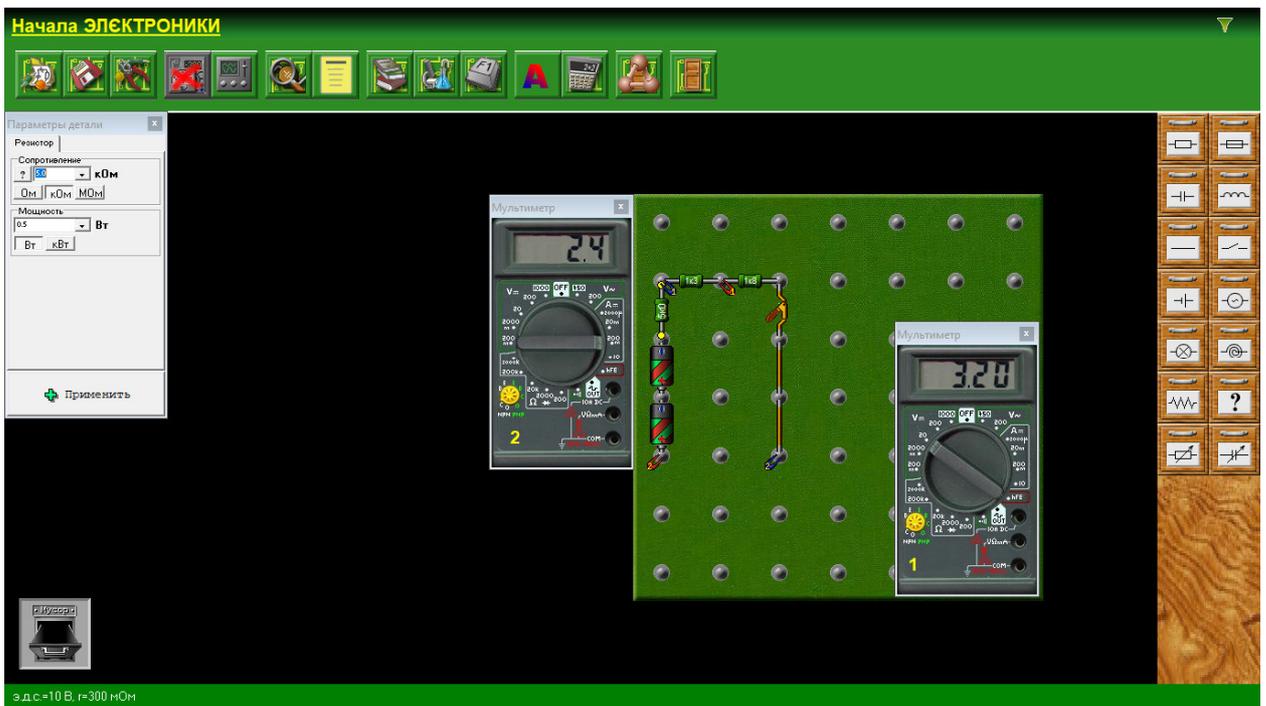




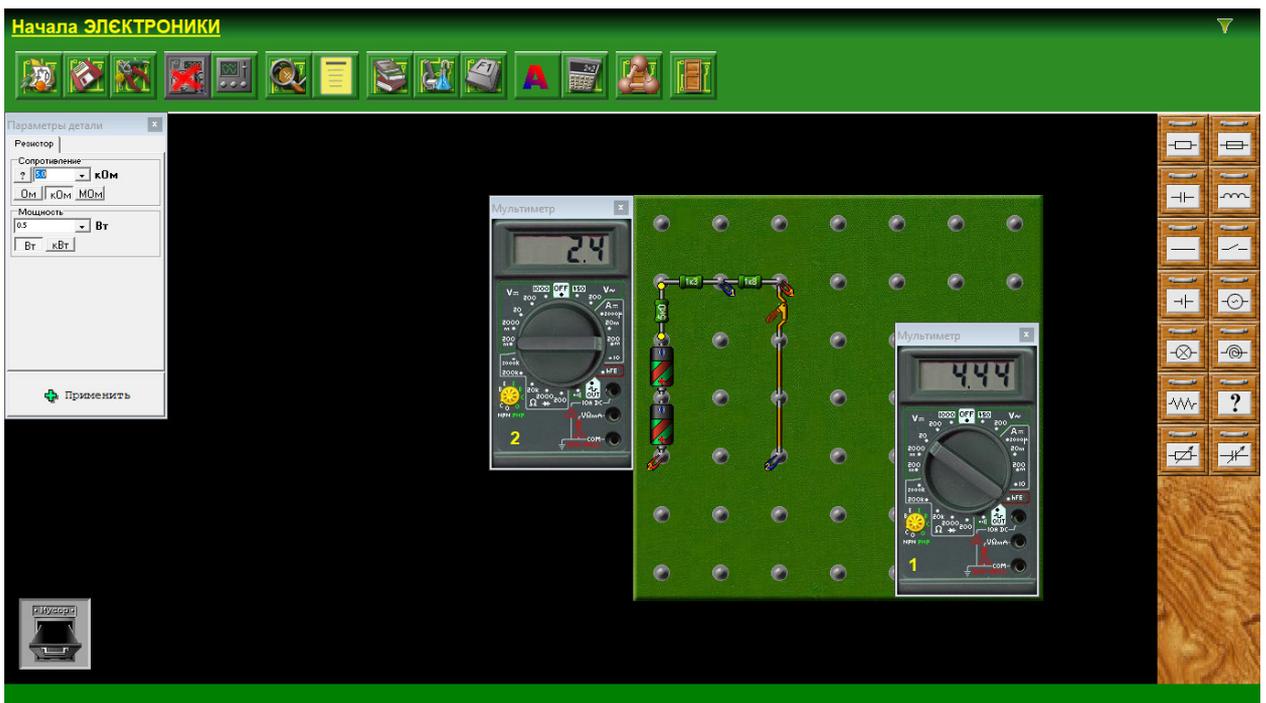
Опыт №2 Общее напряжение 20 В



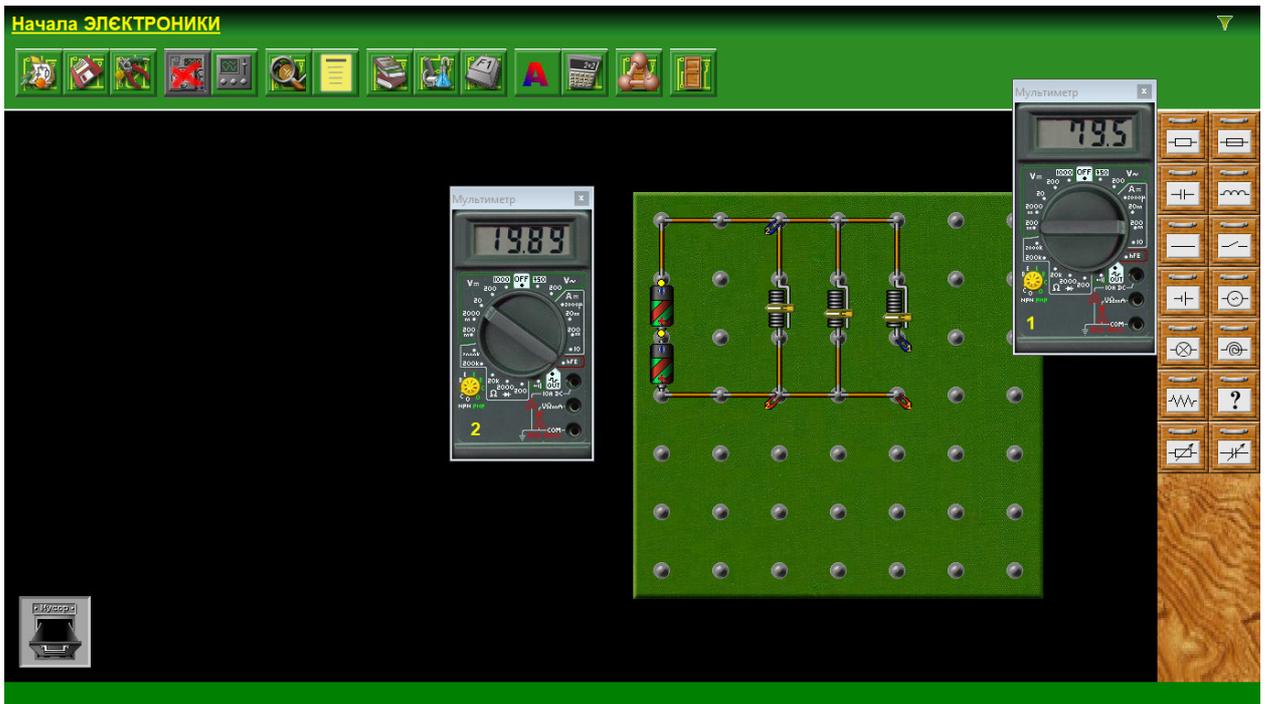
2.2



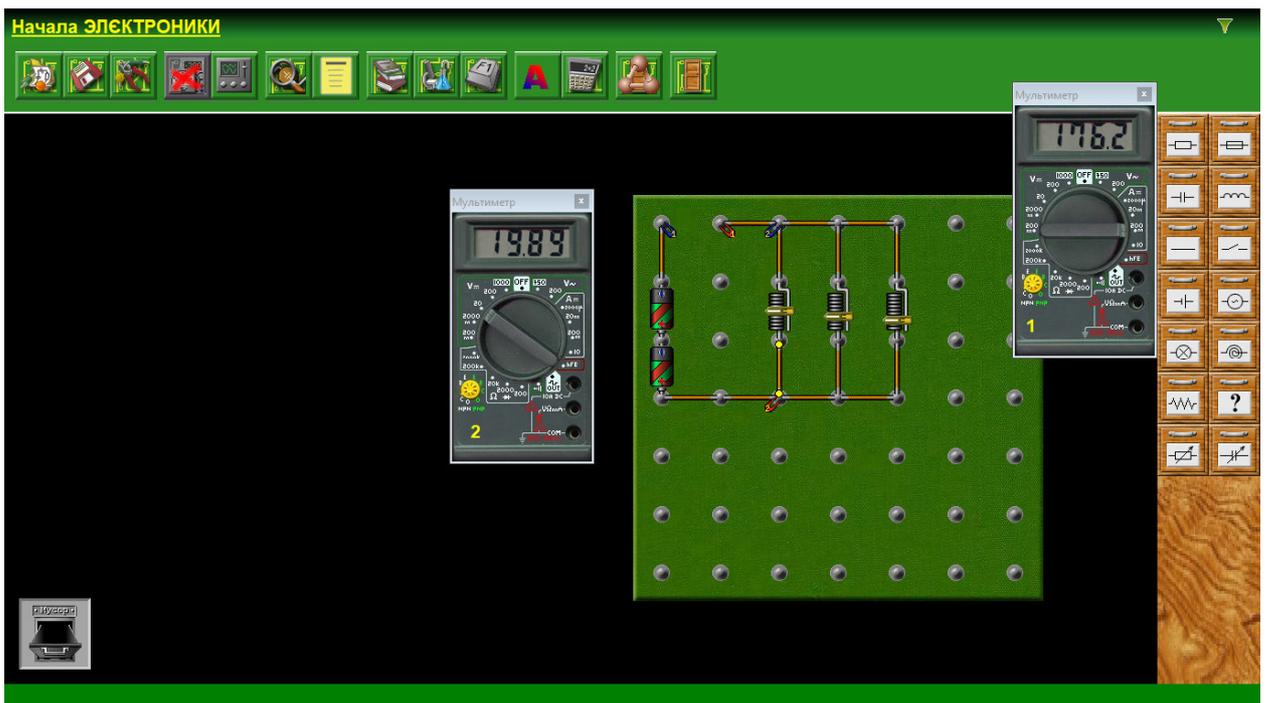
3.2



1.3

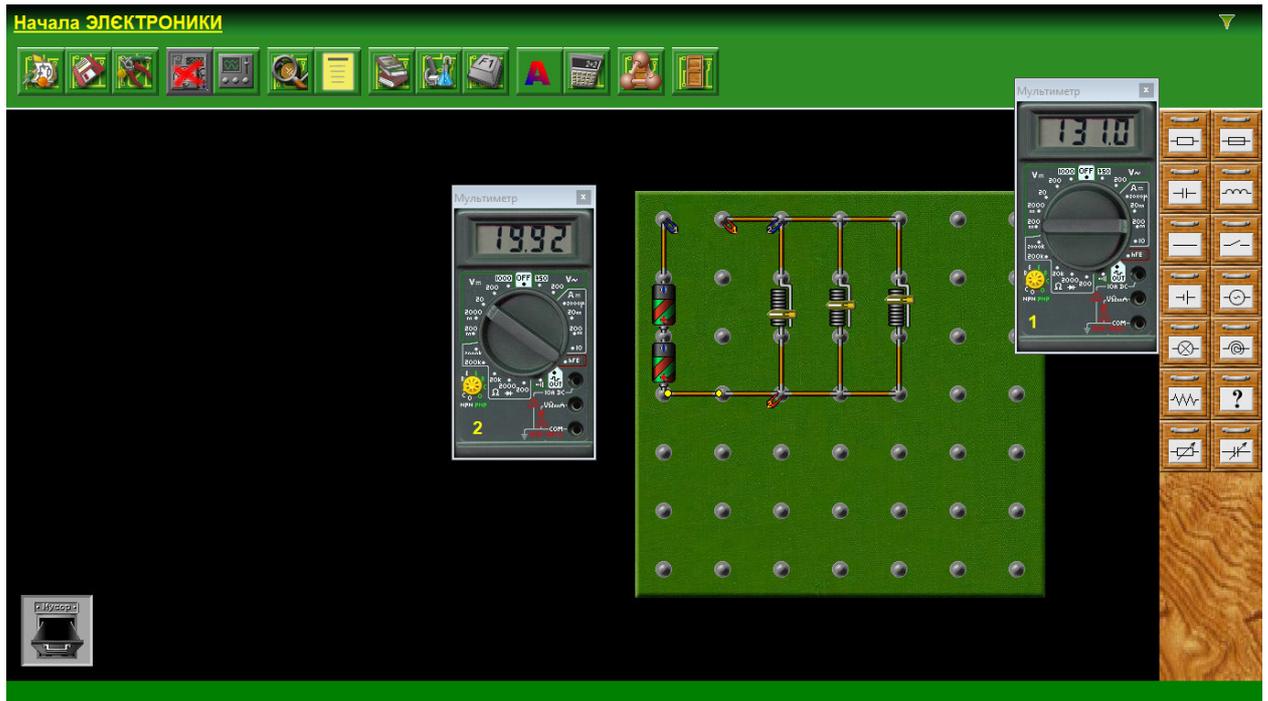


1.4

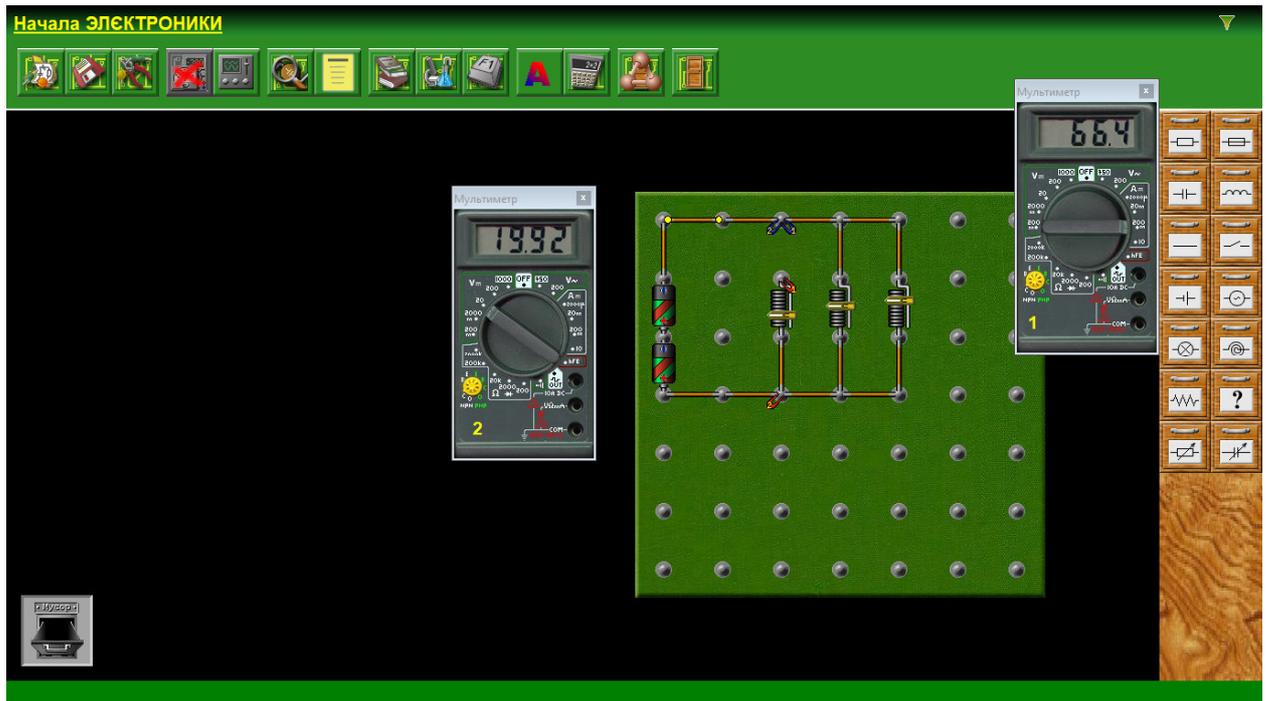


Опыт №2

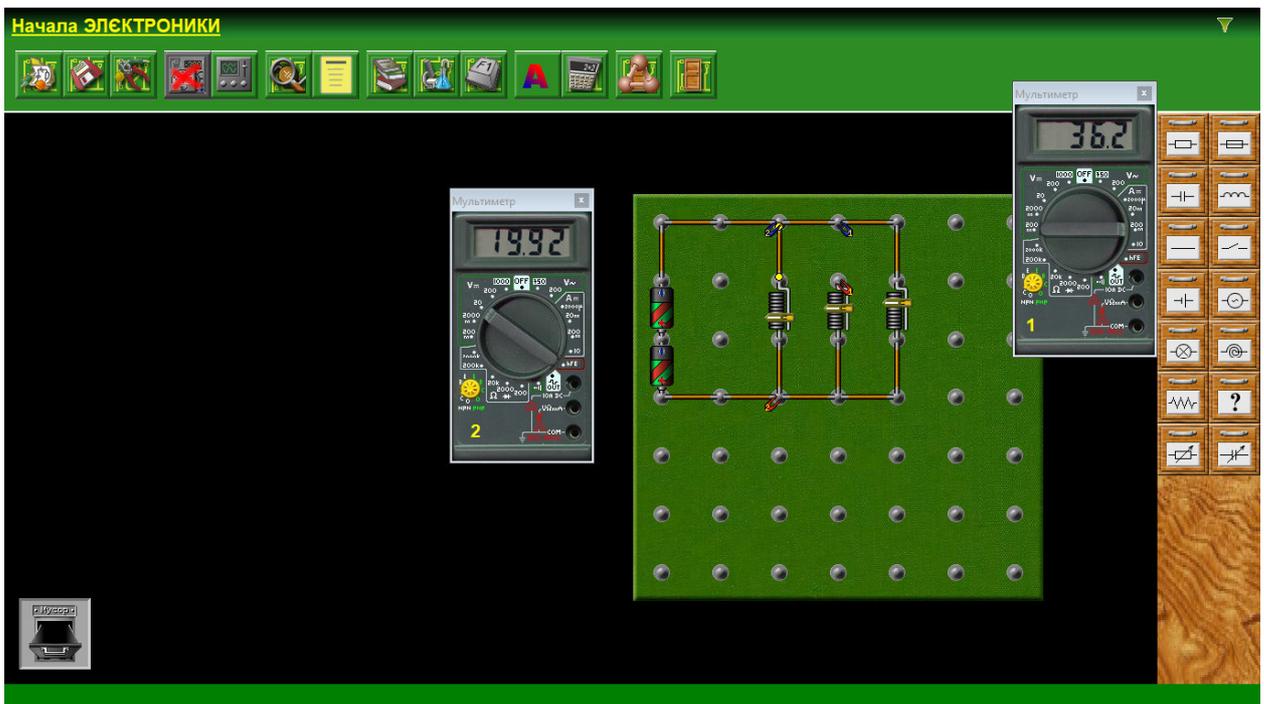
1.2



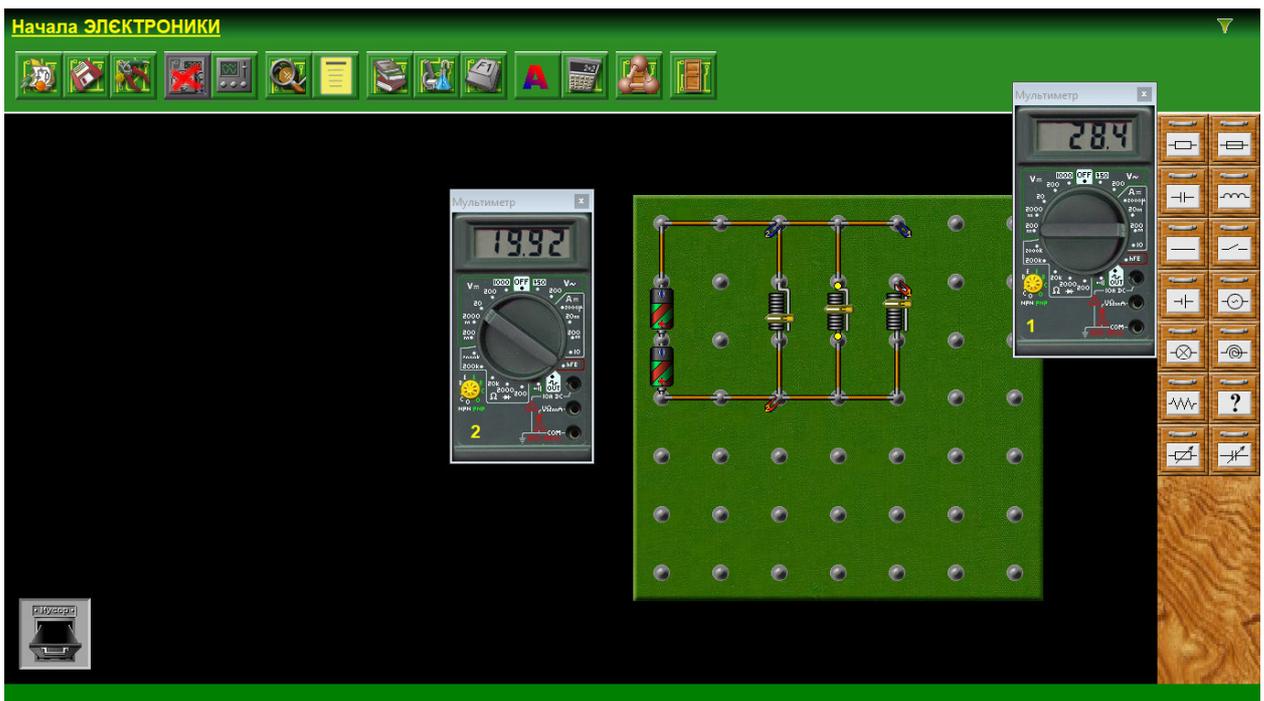
2.2



3.2



4.2



Задание: выполнить лабораторную работу.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Наименование работы: Определение мощности потерь в проводах и КПД линии

Цель работы: Рассмотреть, как зависит КПД линии электропередачи от потери напряжения в проводах.

Приборы и оборудование:

1. Лабораторный стенд.
2. Вольтметр универсальный В7-26.

Пояснения к работе.

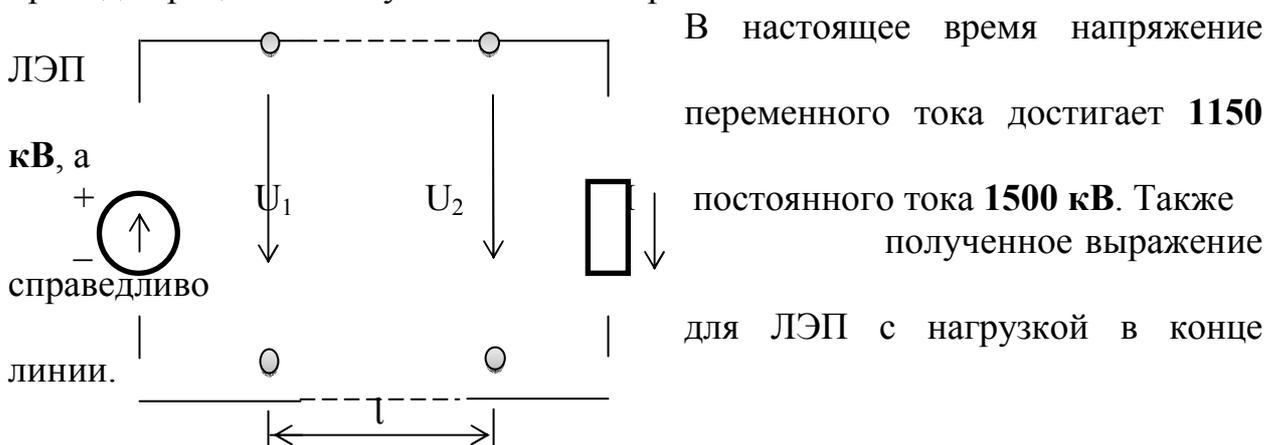
В линиях электропередачи электрической энергии соединительные провода включаются последовательно с потребителем. Так как провода обладают сопротивлением $R = 2\rho l / S$ (двухпроводная линия), то при прохождении по ним тока происходит **потеря напряжения** на них. За счет этой потери напряжение в конце линии электропередачи U_2 меньше, чем напряжение U_1 в начале. **Величина потери напряжения в проводах: $\Delta U = U_1 - U_2 = IR_{пр}$.** То есть, потеря напряжения в проводах зависит от тока потребителя (нагрузки) и сопротивления проводов $R_{пр}$.

Для того, чтобы увеличение тока в линии не приводило к значительной потере напряжения и к ощутимому уменьшению напряжения на потребителе U_2 , расчет сечений проводов ЛЭП производят с учетом **допустимой потери напряжения** $e\% = (\Delta U / U_2) * 100\%$. Допустимая потеря напряжения в многокилометровых ЛЭП не должна превышать **10%**. Расчет сечения проводов (двухпроводной линии) по допустимой потере напряжения производят по следующему выражению

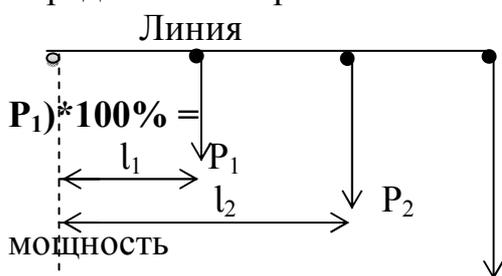
$$S = 2\rho l / R_{пр} = 2\rho l / \Delta U = 2\rho l * 100 / e\% U_2 = 200\rho l P_2 / e\% U_2^2,$$

S – сечение проводов ЛЭП, мм²; ρ – удельное сопротивление материала провода, Ом*мм²/м; l – длина ЛЭП, м; P_2 – мощность потребителя, Вт; U_2 – напряжение на потребителе, В.

Выбранное по допустимым потерям напряжения сечение проводов ЛЭП должно быть проверено по допустимому току. Из полученного выражения видно, что сечение проводов зависит от напряжения на потребителе U_2 . Поскольку эта зависимость квадратичная, то для уменьшения сечения проводов рационально увеличивать напряжение ЛЭП.



Если же нагрузка распределена вдоль линии, то сечение проводов определяется выражением $S = (200\rho / e\% U_2^2) (P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3)$



КПД линии электропередачи в процентах определяется выражением $\eta = (P_2 /$

$$= (U_1 - \Delta U) / U_1 * 100\% ,$$

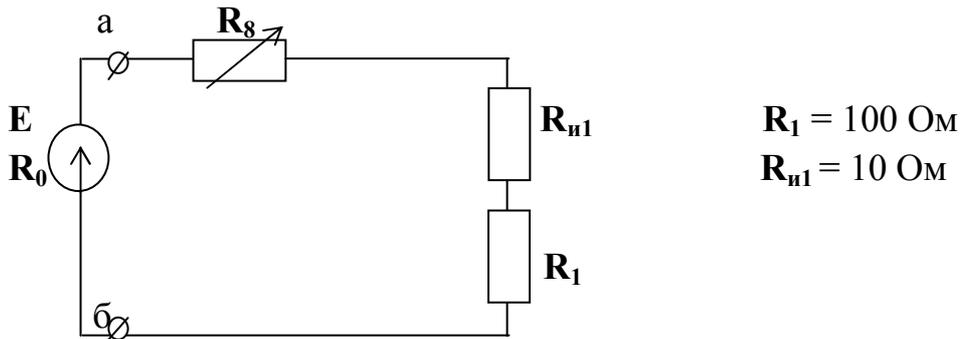
где P_2 – мощность потребителя; P_1 –

$\overleftarrow{\hspace{10em}} \xrightarrow{\hspace{10em}}$
 l_3 P_3 источника.

Чем больше потеря напряжения ΔU в проводах, тем меньше КПД линии электропередачи. КПД длинных линий электропередачи лежит в пределах(90-98)%

Задание:

1. В лабораторной работе необходимо определить, как зависит КПД линии электропередачи от потери напряжения в проводах.
2. Измерить ЭДС источника электрической энергии.
3. Собрать на лабораторном стенде данную принципиальную схему.



Приемником электрической энергии будем считать резисторы ($R_{н1} + R_1$), а сопротивление линии будем изменять с помощью резистора с переменным сопротивлением R_8 .

4. Измерить падения напряжения на всех элементах цепи при различных значениях переменного сопротивления R_8 .
5. Результаты измерений занести в таблицу.

Измерить						Вычислить				
R_8 Ом	E В	$U_{аб}$ В	$U_{н1}$ В	U_1 В	U_8 В	I А	ΔU В	P_1 Вт	P_2 Вт	η %
0										
12,5										
37,5										
50										
75										
100										
125										
175										
250										

6. Произвести расчеты, применяя следующие формулы: $I = U_{н1} / R_{н1}$; $\Delta U = U_1 - U_2$, где $U_1 = U_{аб}$ – напряжение, отдаваемое источником во внешнюю цепь; $U_2 = (U_{н1} + U_1)$ – напряжение на приемнике электрической энергии. Поэтому ΔU определяем по формуле $\Delta U = U_{аб} - (U_{н1} + U_1)$; $P_1 = EI$; $P_2 = I^2(R_{н1} + R_1)$; $\eta = P_2/P_1 * 100\%$.

7. Результаты расчета занести в таблицу.
8. Построить графики: $\Delta U(I)$; $P_1(I)$; $P_2(I)$; $\eta(I)$.
9. Оформить отчет по проделанной работе.
10. Сделать соответствующие выводы по работе.

Работа в лаборатории.

1. С помощью вольтметра В7-26 измерить ЭДС источника.
2. В соответствии с принципиальной схемой собрать на лабораторном стенде электрическую цепь.
3. Установить сопротивление переменного резистора $R_8=0$.
4. С помощью вольтметра В7-26 измерить падения напряжения на всех элементах цепи.
5. Меняя поочередно значение переменного сопротивления R_8 , с помощью вольтметра В7-26 измерить падения напряжения на всех элементах цепи.

Содержание отчета.

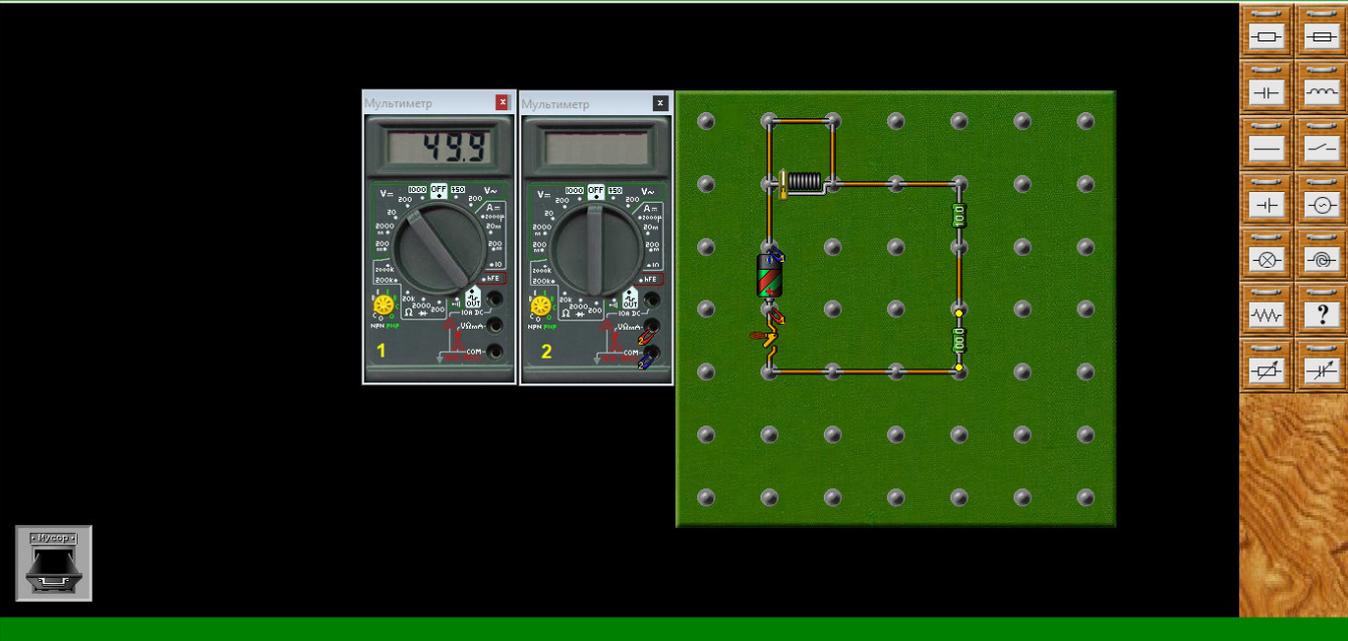
1. Цель работы.
2. Приборы и оборудование.
3. Принципиальная электрическая схема.
4. Таблица с результатами измерений.
5. Формулы, необходимые для расчета.
6. Графики.
7. Вывод по работе.

Контрольные вопросы.

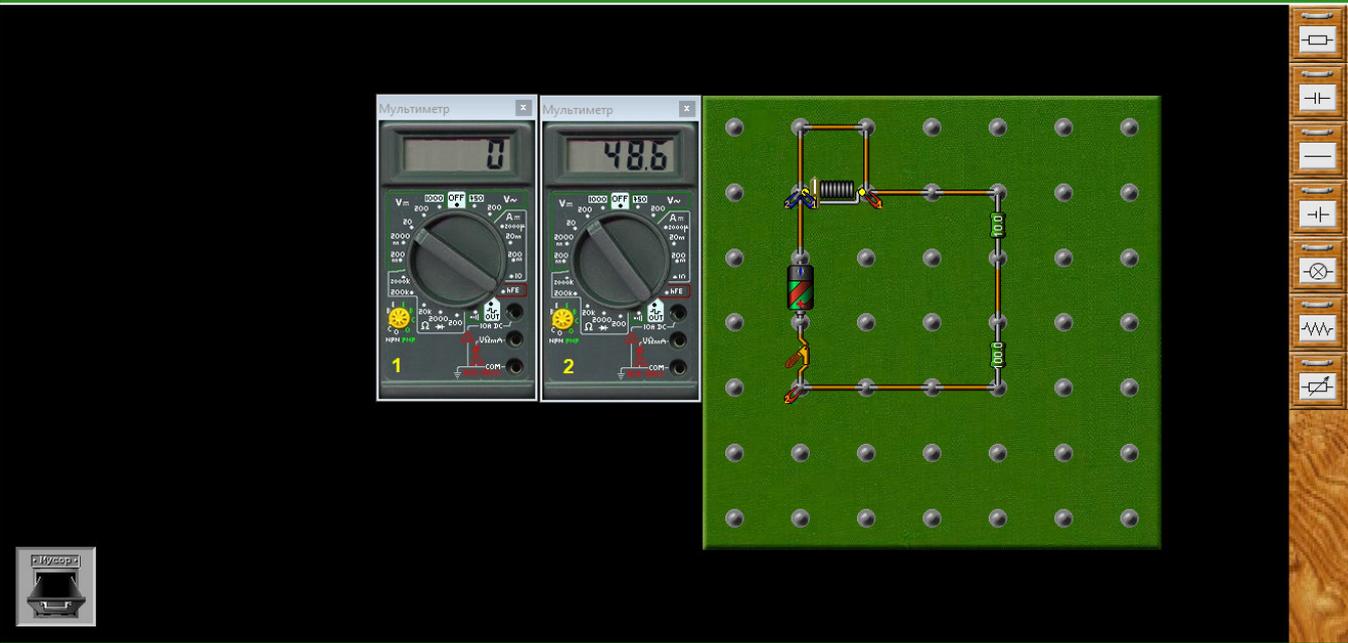
1. Чем вызваны потери напряжения в линиях электропередачи?
2. От чего зависит величина потери напряжения в проводах?
3. Что такое допустимая потеря напряжения и чему она равна?
4. Как не допустить превышение допустимой потери напряжения?
5. Как зависит КПД линии электропередачи от потери напряжения?

Измерения для первого опыта. 8 Сопротивление равно 0.

1.1 Измеряем ЭДС



1.2



1.3



Измерения для второго опыта

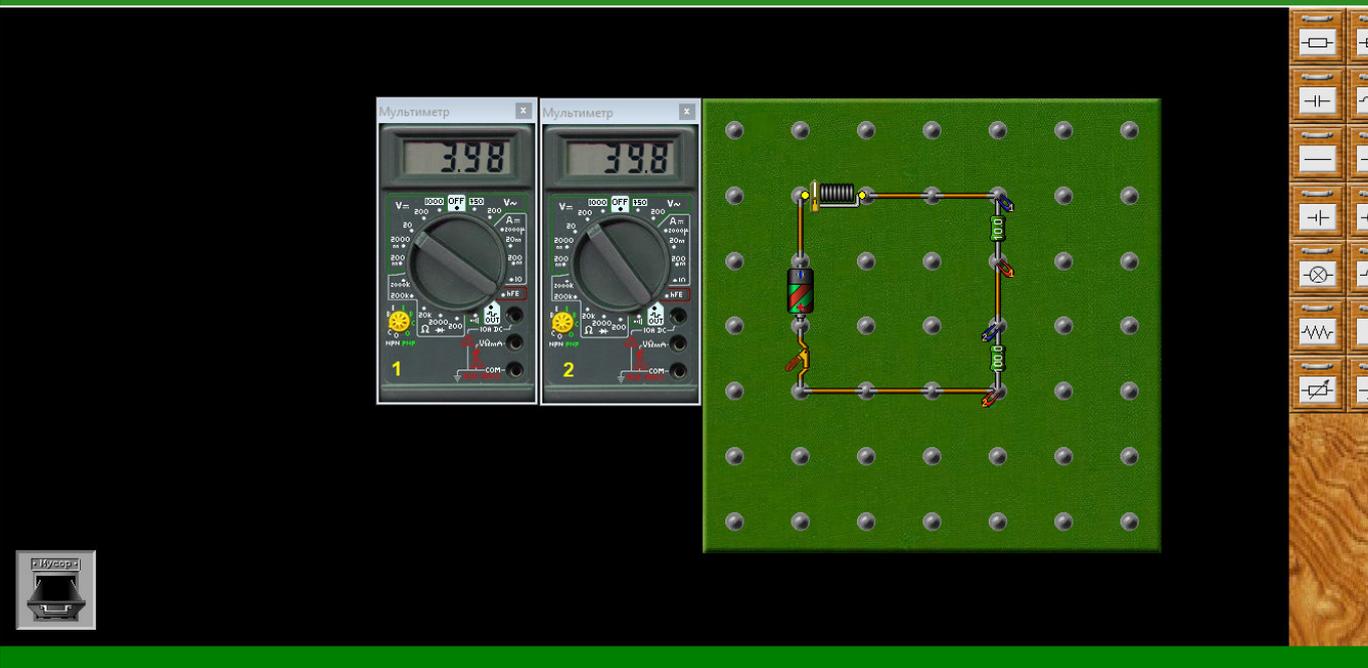
2.1



2.2



2.3



Измерения для третьего опыта

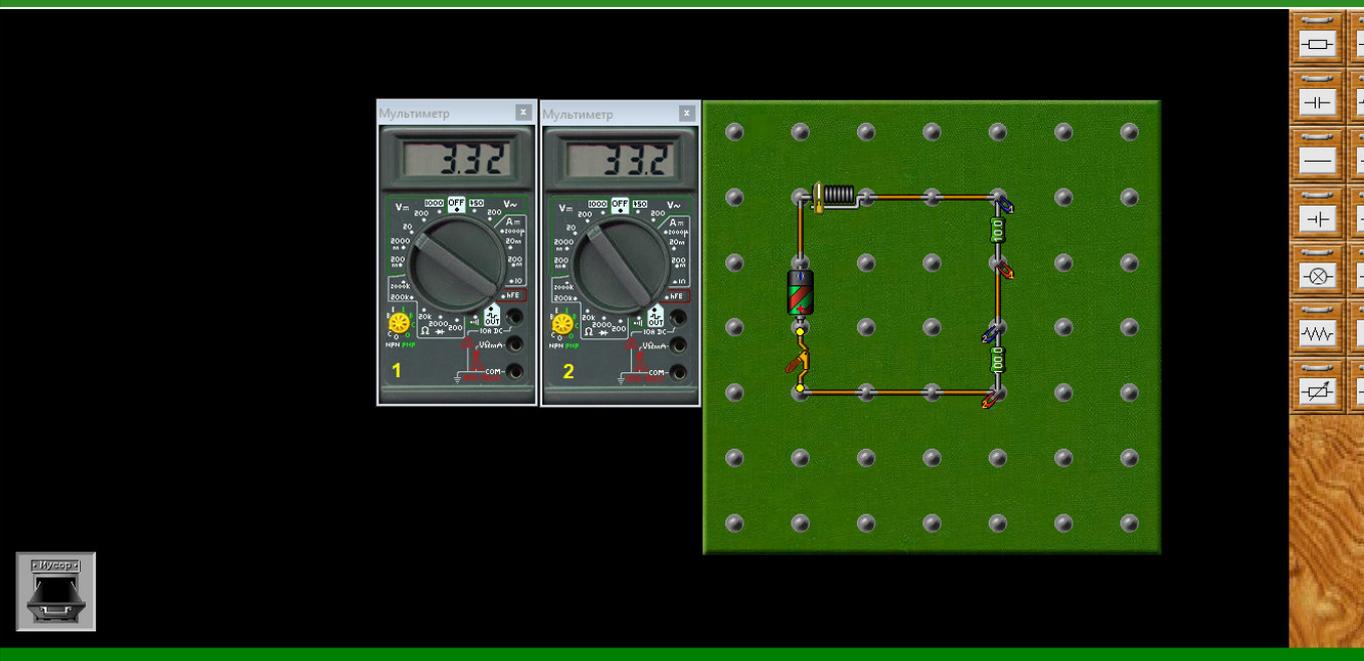
3.1



3.2



3.3

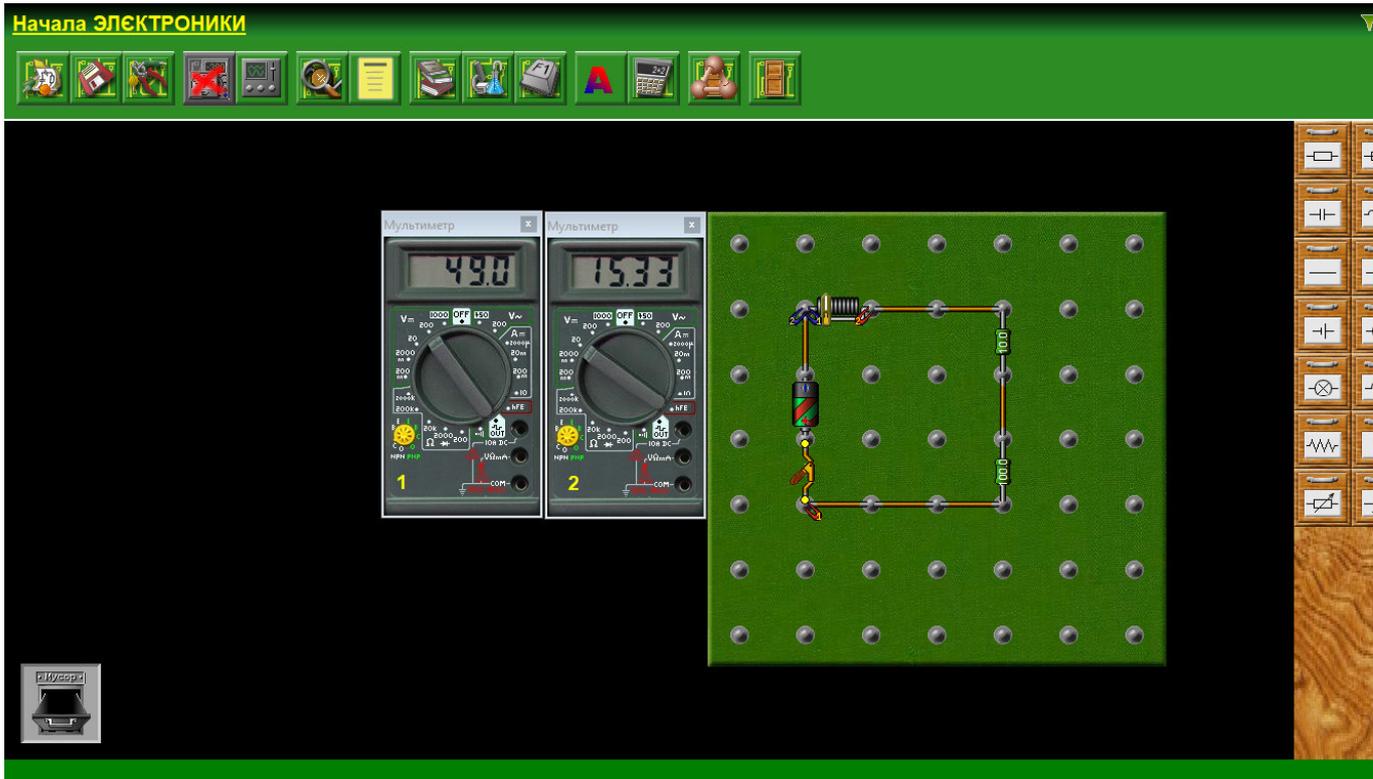


Измерение для четвертого опыта

4.1



4.2



4.3

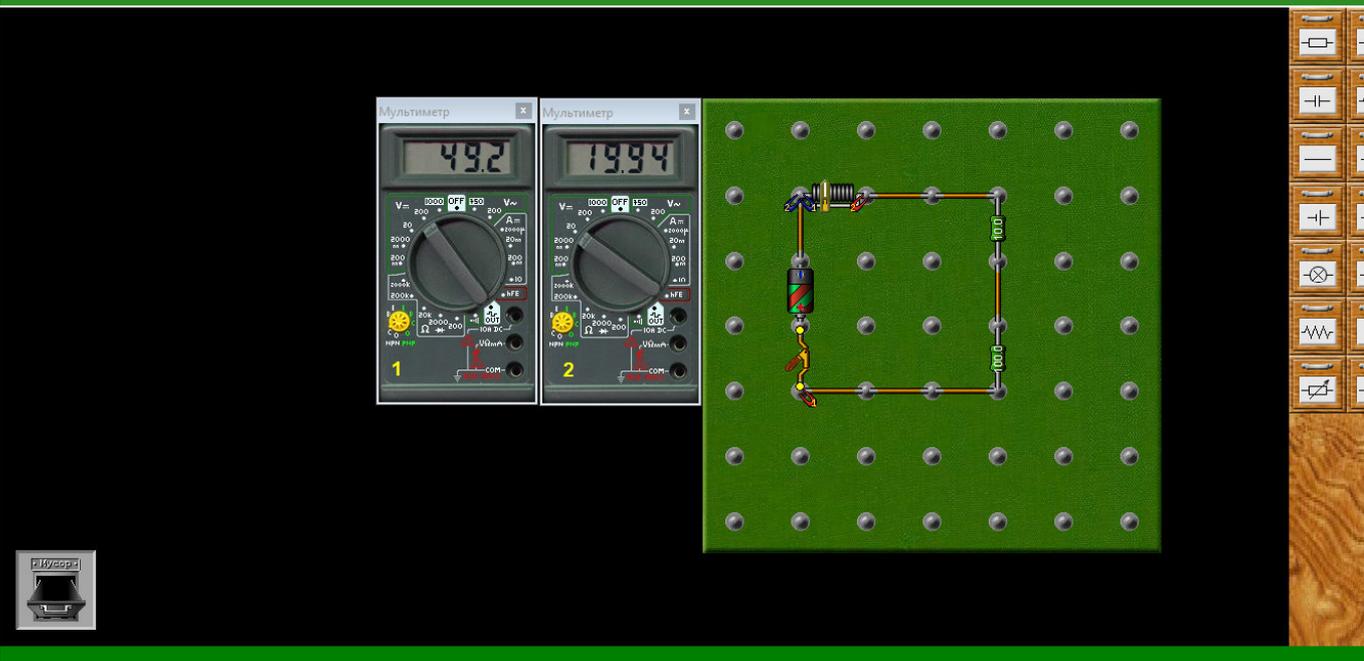


Измерение для пятого опыта

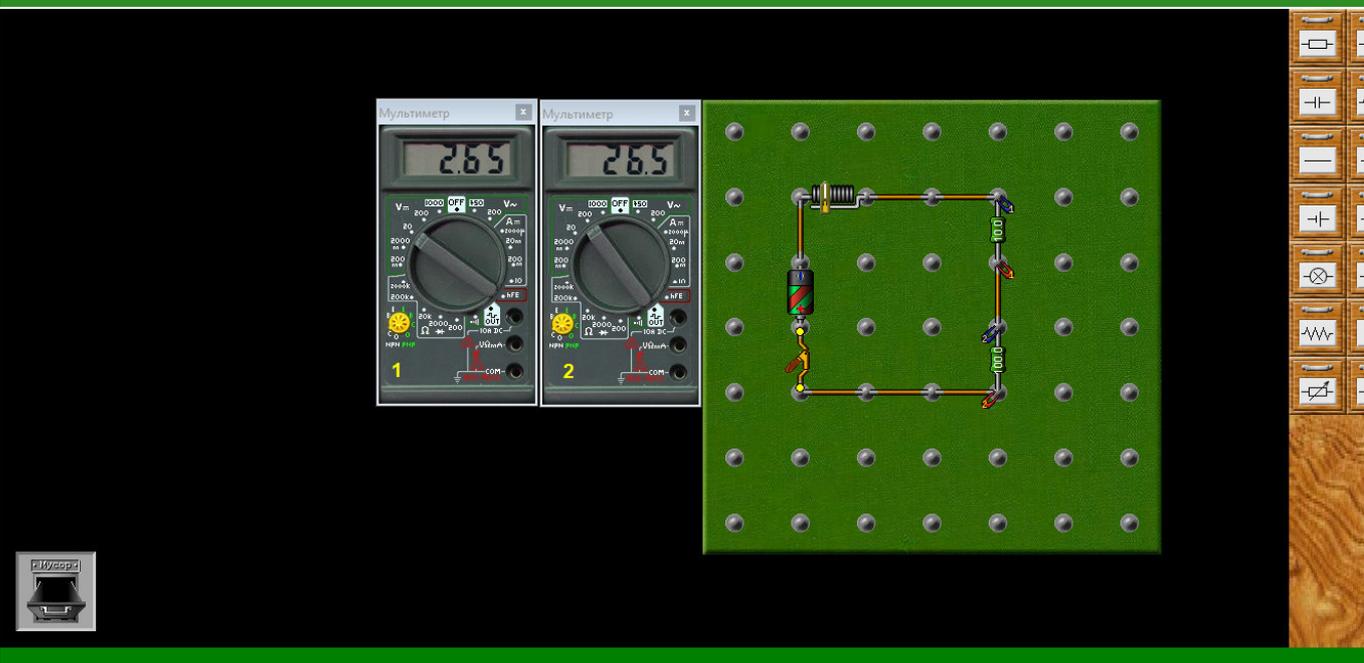
5.1



5.2



5.3

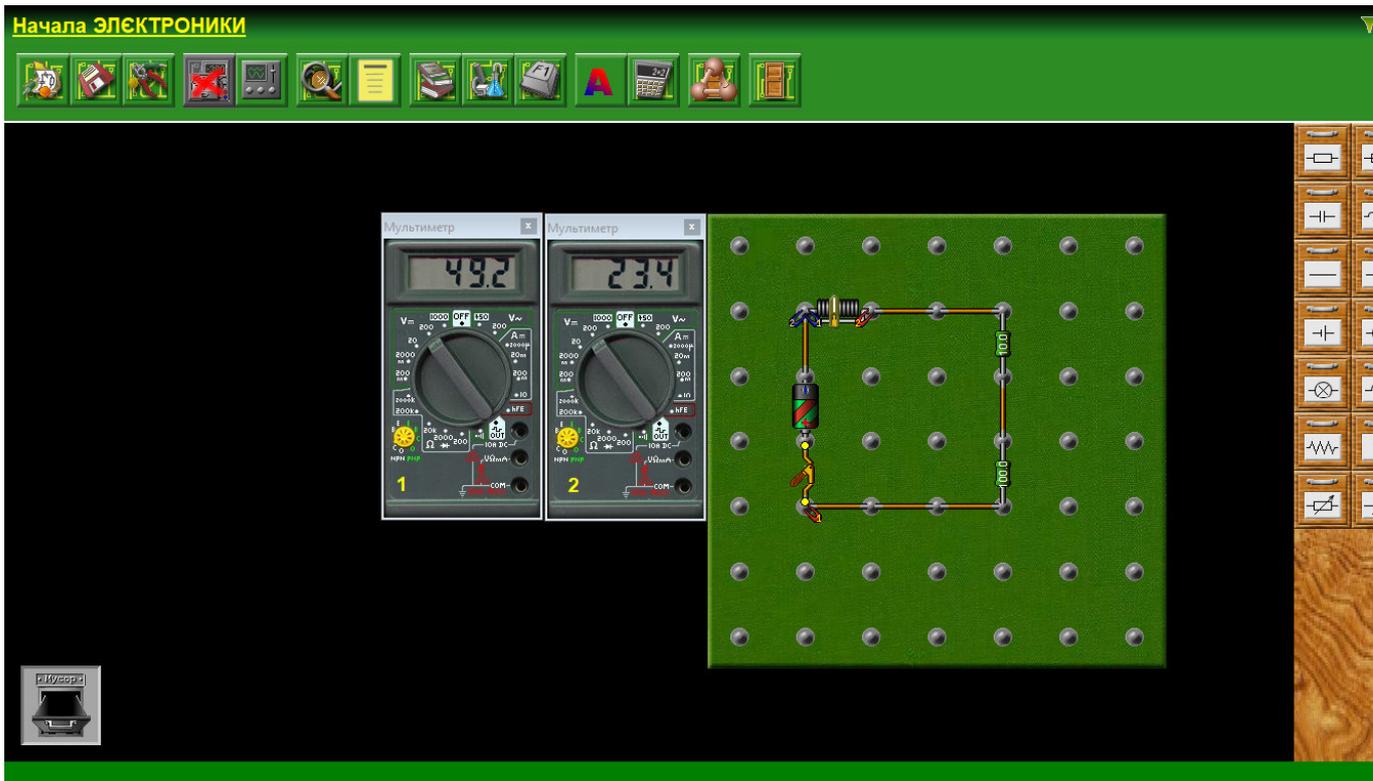


Измерение для шестого опыта

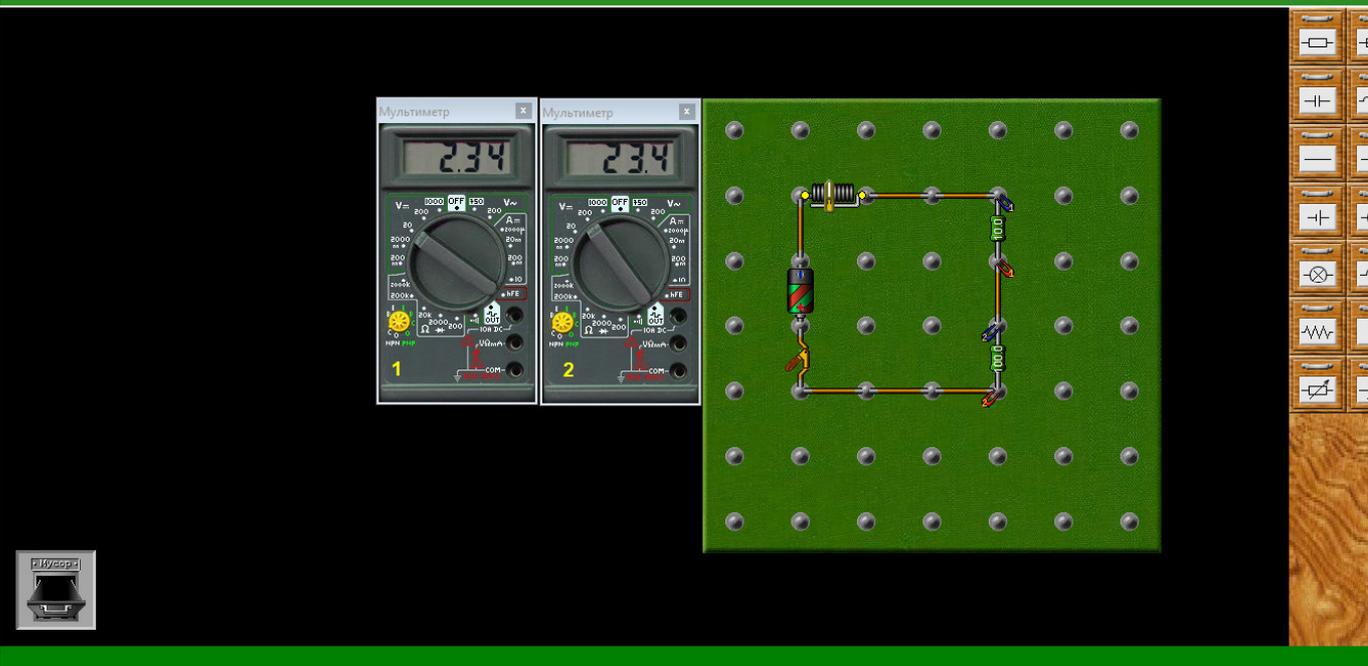
6.1



6.2



6.3

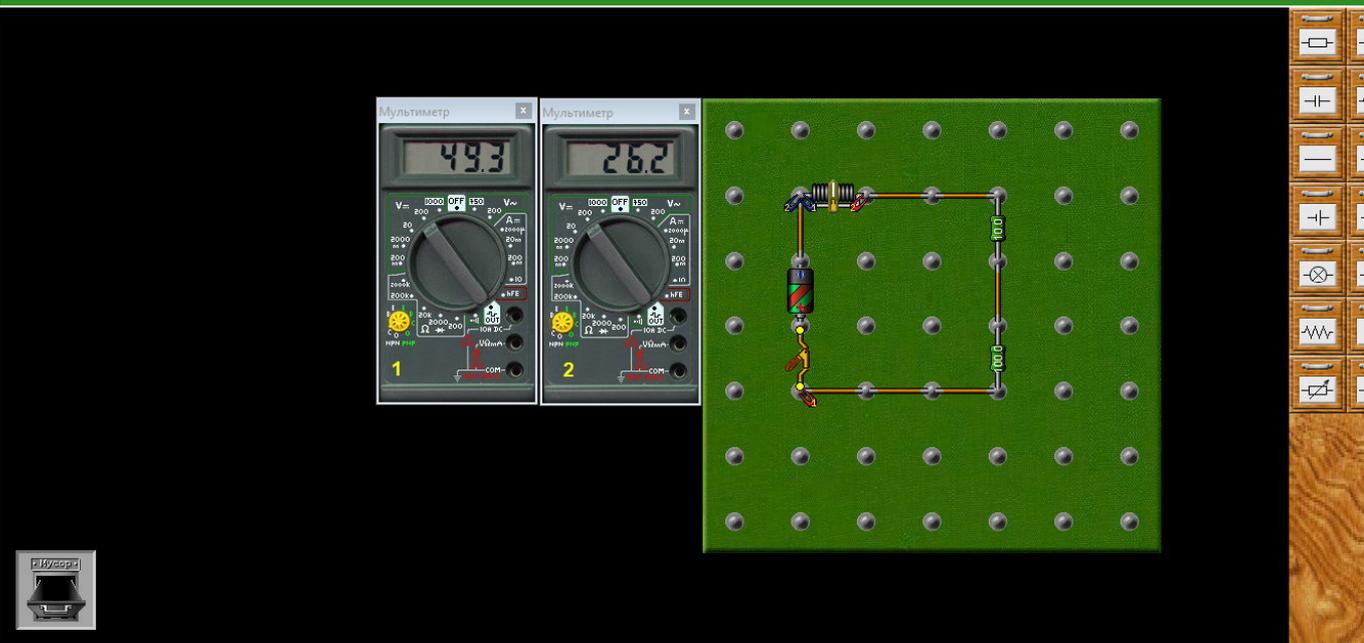


Измерение для седьмого опыта

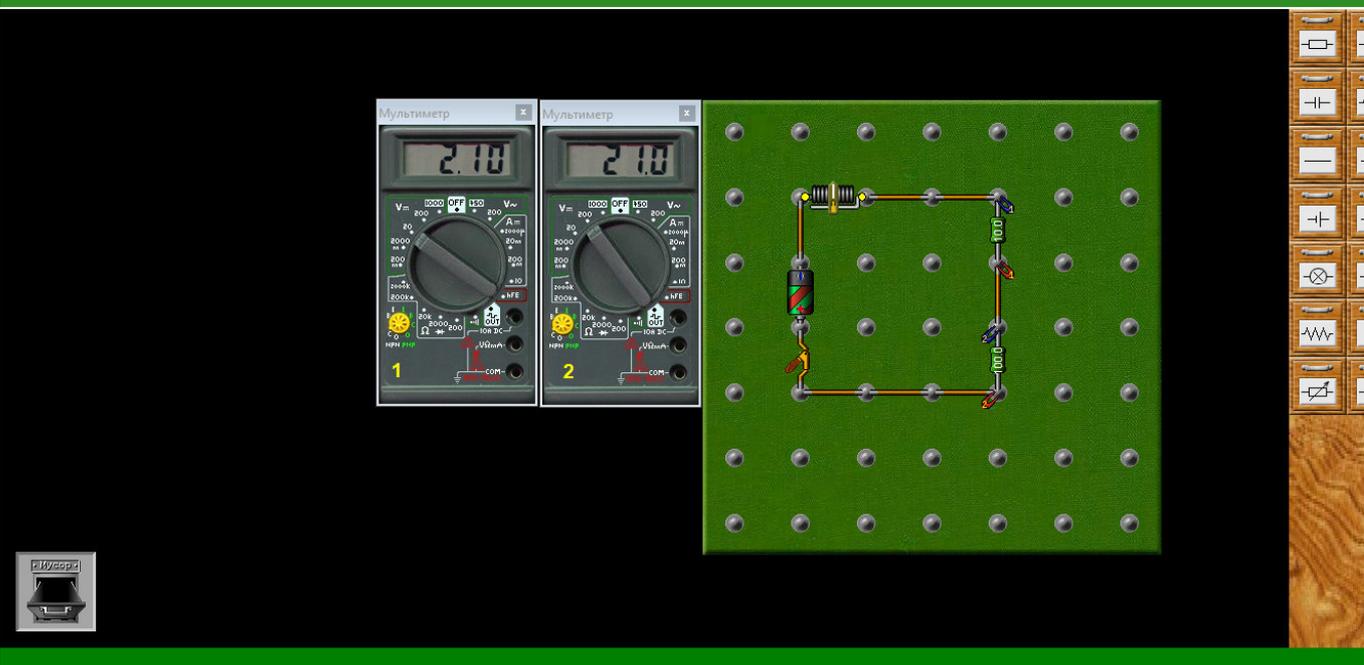
7.1



7.2



7.3

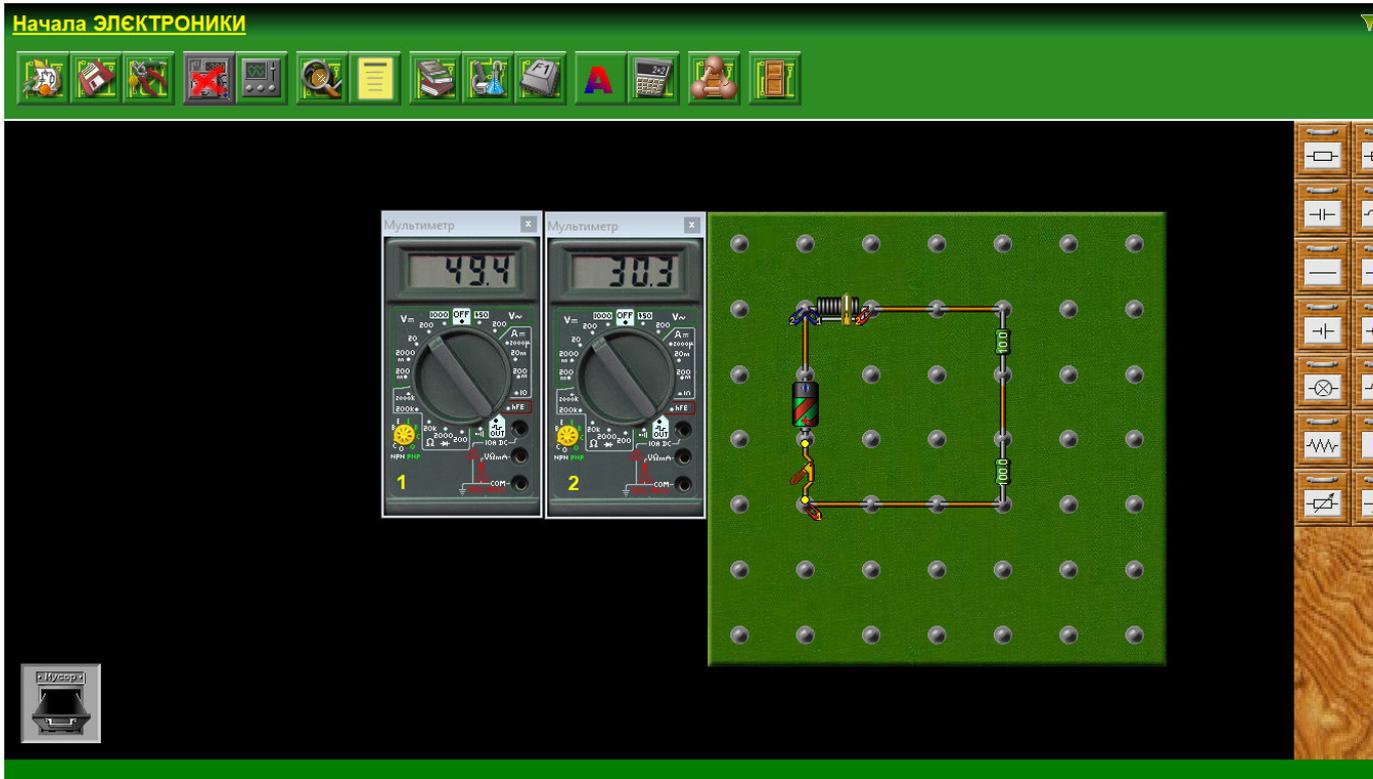


Измерение для восьмого опыта

8.1



8.2



8.3



Измерение для девятого опыта

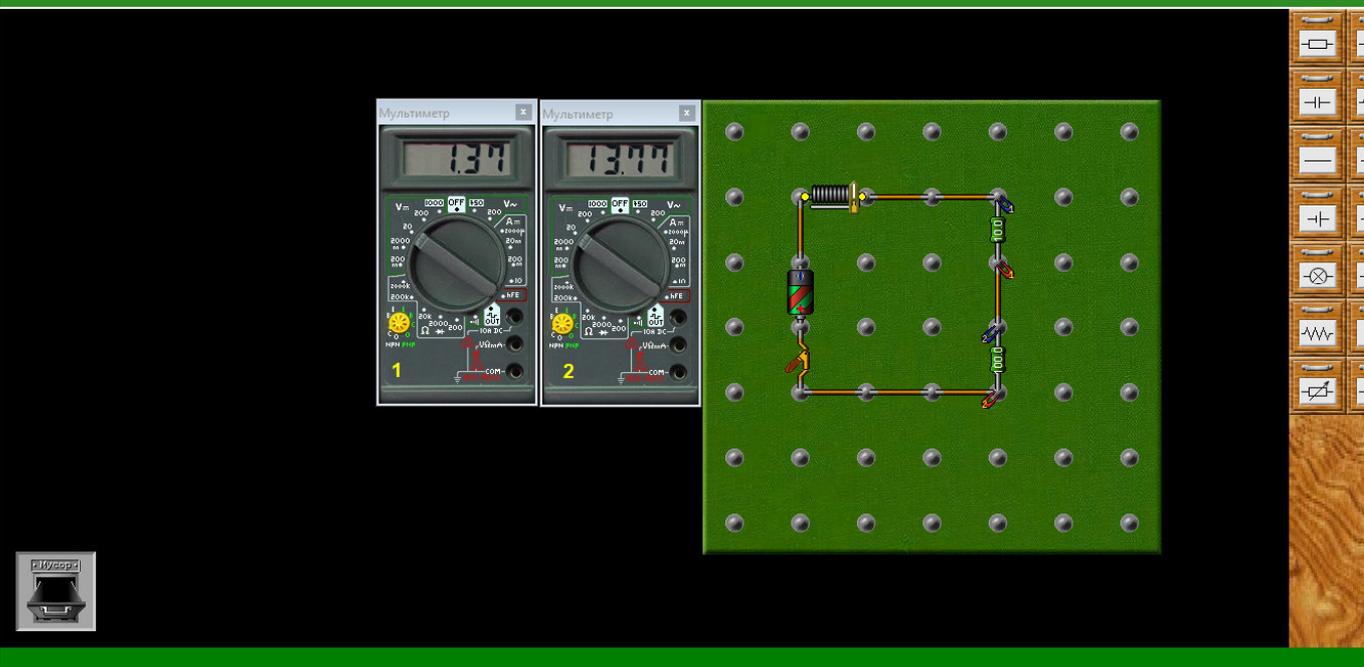
9.1



9.2



9.3



ДПО «Учебно – методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. — 402 с.

Задание должно быть выполнено до 21.12 и выслано на электронную почту yana.makshanowa@yandex.ru

Яна Макшанова приглашает вас на запланированную конференцию: Zoom.

Тема: Конференция. Организатор Макшанова Яна Евгеньевна

Время: Это регулярная конференция Начать в любое время

Подключиться к конференции Zoom

<https://us04web.zoom.us/j/4306900057?pwd=Y1FBWkRwTzBiTmx4blhMMFNQmV4Zz09>

Идентификатор конференции: 430 690 0057

Код доступа: 1111111