Лабораторная работа

«Исследование линейных электрических цепей постоянного тока»

Выполнил		МГТУ им. Н.Э. Баумана	Группа
Проверил			Стенд №

ЗАДАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить описание лабораторного стенда, приведенное в методических указаниях С.А. Васюкова, О.И. Мисеюк «Стенд и приборы для исследования электрических цепей» (М., 2018).

Задание 1. Исследование неразветвленной электрической цепи с одним источником энергии

Электрическая схема цепи приведена на рис. 6, монтажная схема – на рис. 7.

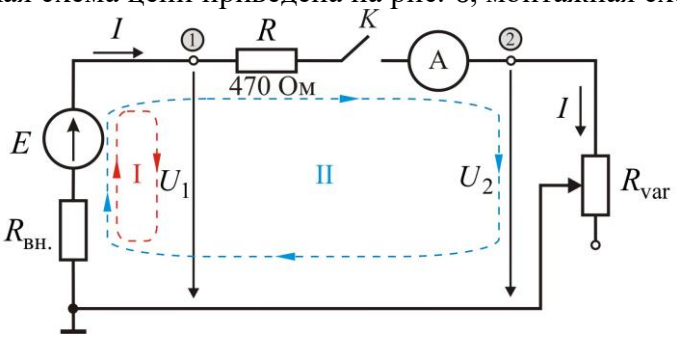

Рис. 6. Электрическая схема (задание 1)

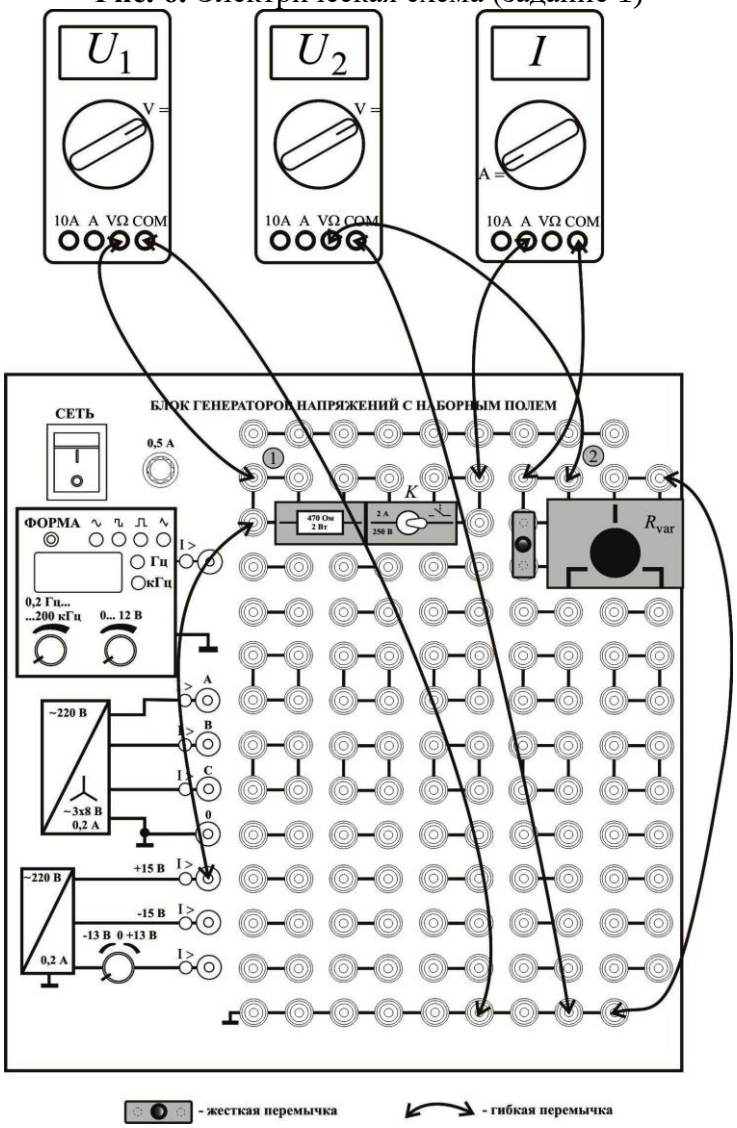

Рис. 7. Монтажная схема (задание 1)

Исследуемая схема содержит нерегулируемый источник питания E с внутренним сопротивлением $R_{вн}$ (на монтажной схеме не показано), постоянное сопротивление R (номинальное значение 470 Ом), ключ K, замыкание которого разрешает прохождение электрического тока, и переменное сопротивление (потенциометр) R_{var}. Переменное сопротивление изменяется от 0 (ручка потенциометра повернута до упора против хода часовой стрелки) до 1000 Ом (ручка повернута до упора по ходу часовой стрелки).

На монтажной схеме к контрольной точке ① (см. рис. 6) подключен мультиметр, измеряющий напряжение источника U_1, к контрольной точке ② подключен мультиметр U_2, измеряющий напряжение на нагрузке.

Мультиметр I включен в разрыв электрической цепи, он измеряет ток, протекающий в схеме.

Задание выполняют в следующем порядке:

1. Убедитесь, что стенд обесточен, все сетевые выключатели находятся в положении «выключено», ключ K разомкнут (тумблер ключа находится в правом положении) и ручка потенциометра повернута до упора по ходу часовой стрелки, при этом $R_{var} = 1000$ Ом.

2. Включите сетевые тумблеры стенда и мультиметров.

3. Измерьте напряжение U_1 на холостом ходу (при разомкнутом ключе) и занести показание в первую строку таблицы 1. В режиме холостого хода численное значение напряжения U_1 совпадает с ЭДС источника E (см. рис. 6).

4. Замкните ключ K. Установите ручкой потенциометра последовательно рекомендуемые в табл. 1 напряжения U_2 в соответствии с табл. 1. При установке допускается отклонение от рекомендуемого напряжения не более, чем на $\pm 0{,}1$ В. Занести установленные значения напряжений в табл. 1. Для каждого значения напряжения измерьте токи и занести их значения в табл. 1.

ВНИМАНИЕ! Значения тока в табл.1 должны быть представлены в миллиамперах, а напряжения в вольтах.

Таблица 1

Измерено						Вычислено
№	Положение ключа K	I, мА	U_1, В	«Рекомендуемое» значение U_2, В	«Установленное» значение U_2, В	$P = U_2 \cdot I$, мВт
1	Разомкнут	0	E=	0	0	0
2	Замкнут		Не измерять	$10{,}2 \pm 0{,}1$		
3	Замкнут			$9{,}5 \pm 0{,}1$		
4	Замкнут			$8{,}5 \pm 0{,}1$		
5	Замкнут			$7{,}5 \pm 0{,}1$		
6	Замкнут			$6{,}5 \pm 0{,}1$		
7	Замкнут			$5{,}5 \pm 0{,}1$		
8	Замкнут			$4{,}5 \pm 0{,}1$		
9	Замкнут	$I_{кз}$ =	U_1^* =	0		

5. Разомкните ключ K и выключите тумблер СЕТЬ блока генераторов.

6. Вычислить мощность P в нагрузке и занесите ее значение в табл.1.

7. Рассчитать внутреннее сопротивление источника $R_{вн}$ из уравнения второго закона Кирхгофа $U_1^* + I_{кз} \cdot R_{вн} = E$ для контура I (см. рис. 6). Значения E, $I_{кз}$ и U_1^*

возьмите из табл. 1. Занесите в табл. 2 рассчитанное значение $R_{вн}$.

Таблица 2

E, В	$R_{вн}$, Ом	$R^*_{вн}$, Ом	R^*_{var}, Ом	η^*

8. Построить по точкам следующие графики (см. табл. 1):

а) внешнюю характеристику источника питания $U_1 = f(I)$ с внутренним сопротивлением $R_{вн}$. Построение проведите по двум точкам для E и U_1^*. Если значения E и U_1^* близки, то допускается построение внешней характеристики в виде горизонтальной прямой, проходящей через точку E;

б) характеристику $U_2 = f(I)$ с искусственно увеличенным внутренним сопротивлением источника ЭДС $R^*_{вн} = R_{вн} + R$;

в) зависимость $P = f(I)$.

Все зависимости постройте на одном графике с единым масштабом по оси тока, используя заготовку (рис. 8).

ВНИМАНИЕ! При построении $P = f(I)$ точки графика соедините плавной кривой таким образом, чтобы просматривалась точка максимума мощности. Определите по графику максимальную мощность P^*. Значение мощности P^* может оказаться немного больше максимального из значений в табл. 1. Если график мощности выходит за пределы заготовки (рис.8), продлите ось P вверх на необходимое значение.

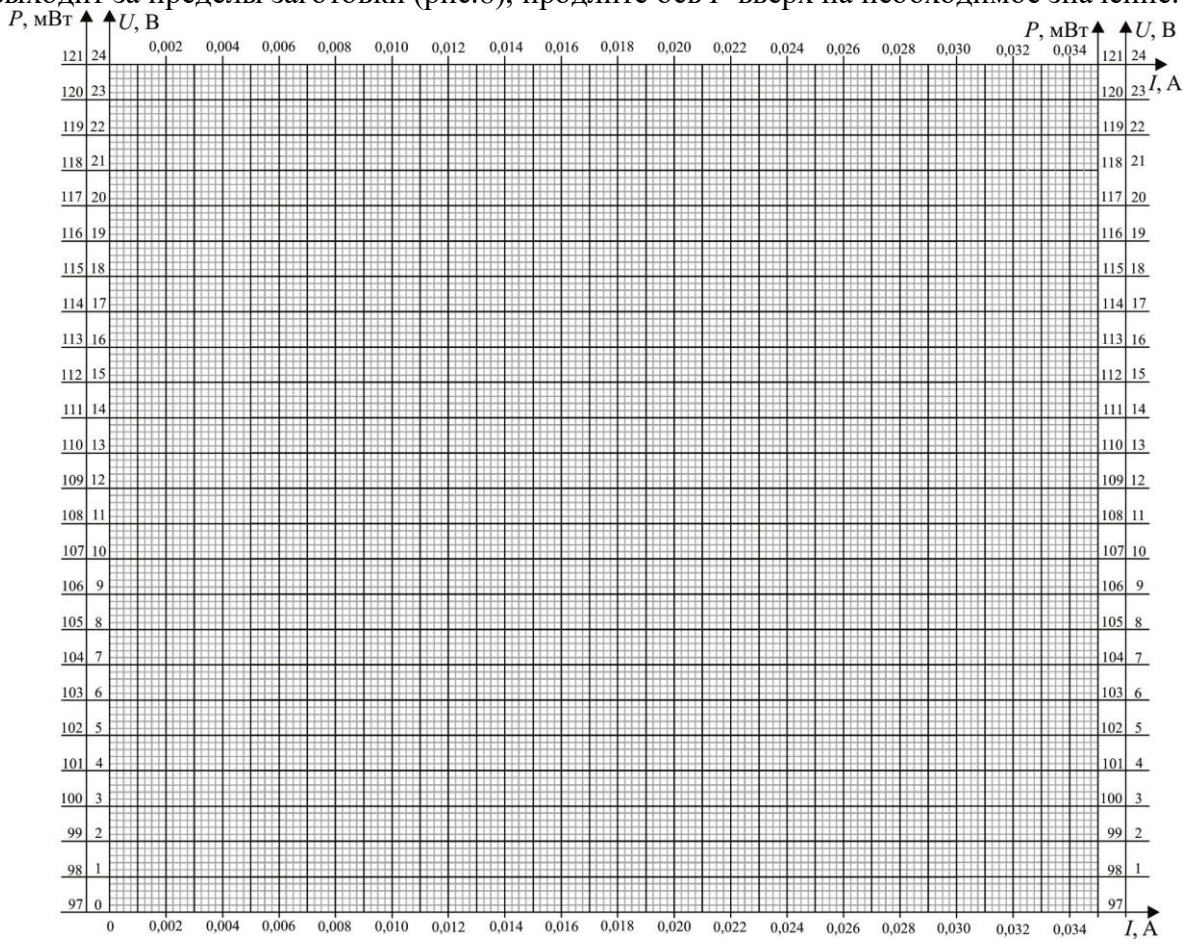

Рис. 8. Заготовка для построения характеристик источника E

9. На построенном графике опустите из точки максимальной мощности P^* вертикальную прямую до пересечения с осью токов и определите по графику

значение тока I^* в этой точке. Отметьте точку пересечения вертикальной прямой с графиком $U_2 = f(I)$ и определите графически напряжение U_2^* в этой точке. Найденные по графикам значения должны соответствовать согласованному режиму работы. Занесите P^*, I^*, U_2^* в табл. 3.

Таблица 3

P^*, мВт	I^*, мА	U_2^*, В

10. Определите по результатам измерений следующие показатели:

а) ЭДС источника возьмите из первой строки табл. 1. Искусственно увеличенное внутреннее сопротивление источника $R^*_{\text{вн}}$ вычислите по формуле

$$R^*_{\text{вн}} = R_{\text{вн}} + R,$$

где $R = 470$ Ом.

Полученное значение запишите в табл. 2.

б) сопротивление резистора нагрузки R^*_{var}, соответствующее режиму максимальной мощности P^* (согласованный режим), вычислите по формуле

$$R^*_{\text{var}} = \frac{U_2^*}{I^*}.$$

Полученное значение запишите в табл. 2.

в) КПД источника η^* при согласованном режиме работы рассчитайте по формуле

$$\eta^* = \frac{U_2^*}{E}.$$

Полученное значение запишите в табл. 2.

г) рассчитайте значения мощности источника $P^*_{\text{ист}}$ и сумму мощностей потребителей $P^*_{\text{потр}}$ при согласованном режиме работы. Мощности рассчитайте по формулам

$$P^*_{\text{ист}} = E \cdot I^*; \; P^*_{\text{потр}} = (I^*)^2 (R_{\text{вн}} + R + R^*_{\text{var}}).$$

Полученные значения занесите в табл. 4.

Таблица 4

$P^*_{\text{ист}}$, Вт	$P^*_{\text{потр}}$, Вт

После выполнения всех расчетов результаты покажите преподавателю.

Задание 2. Исследование разветвленной электрической цепи с тремя источниками энергии

Электрическая схема с тремя источниками энергии E_1, E_2 и E_{var} приведена на рис. 9, монтажная схема на рис. 10.

Номинальные значения резисторов и источников приведены в табл. 5.

Таблица 5

E_1, В	E_2, В	$R_{\text{вн1}}$, Ом	$R_{\text{вн2}}$, Ом	R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	R_4, Ом	R_5, Ом
15	15	2	2	100	330	1000	1000	33

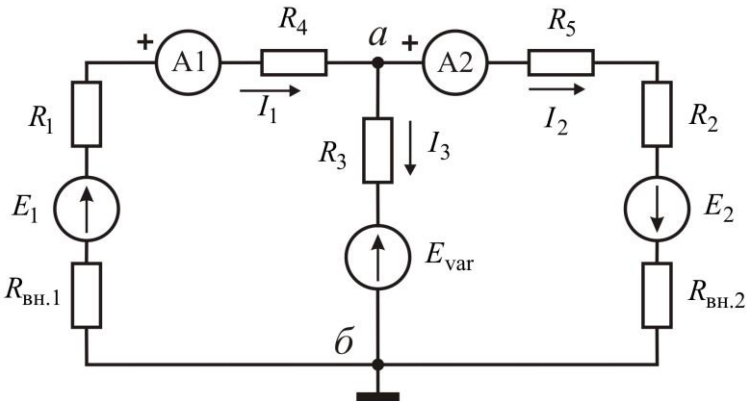

Рис. 9. Электрическая схема (задание 2)

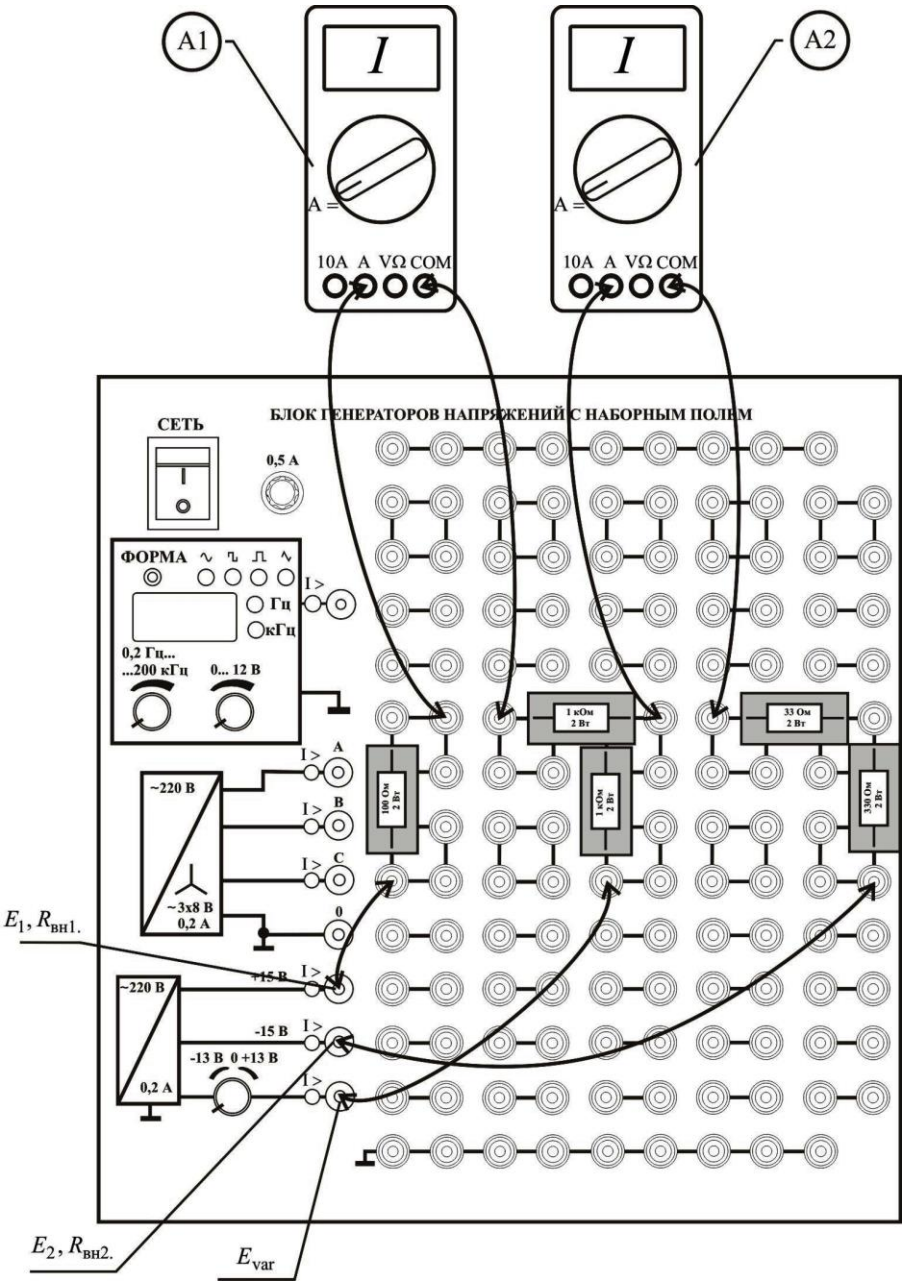

Рис. 10. Монтажная схема (задание 2)

Внутренние сопротивления источников $R_{вн1}$ и $R_{вн2}$ на монтажной схеме (см. рис. 10) не показаны.

Задание выполняйте в следующем порядке.

1. Смонтируйте блоки в соответствии с монтажной схемой (рис. 10).

Предъявите схему для проверки преподавателю.

1. Установите ручку регулятора источника E_{var} в произвольное положение.

2. Включите тумблер СЕТЬ блока генераторов. Измерьте токи I_1 и I_2, результаты занести в табл. 6.

3. Используя данные табл. 5 и 6, проведите вычисления всех параметров, указанных в табл. 6:

а) ток I_3 вычислите, применяя первый закон Кирхгофа для узла *a* (см. рис. 9);

б) ЭДС регулируемого источника E_{var} вычислите из второго закона Кирхгофа для левого контура схемы (см. рис. 9);

в) составьте уравнение баланса мощности для схемы, приведенной на рис. 9, численные значения $P_{ист}$ и $P_{потр}$ занести в табл. 6.

Таблица 6

Измерено		Вычислено			
I_1, А	I_2, А	I_3, А	E_{var}, В	$P_{ист}$, Вт	$P_{потр}$, Вт

После выполнения всех расчетов результаты покажите преподавателю и, получив его разрешение, выключить питание стенда.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называется внешней характеристикой источника? Запишите уравнение внешней характеристики.
2. Как практически измерить ЭДС и внутреннее сопротивление источника?
3. Как с помощью внешней характеристики источника определить его ЭДС и внутреннее сопротивление?
4. Что такое согласованный режим работы источника? Чему равен КПД источника в таком режиме?
5. Выведите зависимость КПД источника с внутренним сопротивлением $R_{вн}$ от сопротивления нагрузки $R_н$.
6. Выведите зависимость КПД источника с внутренним сопротивлением $R_{вн}$ от тока нагрузки I.
7. Можно ли рассчитать КПД по внешней характеристике источника? Что для этого должно быть задано?
8. По какому принципу элементы электрической цепи подразделяются на источники и потребители энергии?
9. Дайте определение активного и пассивного двухполюсников.
10. Дайте определение режимов работы источника (холостой ход, короткое замыкание, номинальный, согласованный).
11. Покажите, что результаты измерений, приведенные в табл. 2, отражают согласованный режим работы схемы.
12. Почему при $I_1 = 0$ напряжение $U_1 = E$?
13. Измените направление тока I_1 в схеме (см. рис. 9) на противоположное и запишите уравнение баланса мощности.
14. Измените направления токов I_1 и I_3 в схеме (см. рис. 9) на противоположное и запишите уравнение баланса мощности.
15. Как с помощью мультиметра измерить ток?
16. Как с помощью мультиметра измерить напряжение и сопротивление участка цепи?