Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

С.А. Васюков, О.И. Мисеюк

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Учебно – методическое пособие

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. Баумана
2023

УДК 621.319

ББК 31.2

Издание доступно в электронном виде на портале ebooks.bmstu.ru по адресу: http:// ebooks.bmstu.press/catalog/……

Факультет «Фундаментальные науки»

Кафедра «Электротехника и промышленная электроника»

Рекомендовано Научно-методическим советом МГТУ им. Н.Э.Баумана в качестве учебно-методического пособия

Рецензент

Васюков С.А., Мисеюк О.И.

Исследование линейных электрических цепей постоянного тока: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Электротехника и электроника» С.А. Васюков, О.И. Мисеюк – М.: Изд – во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023 – 27,[2] с.: ил.

Изложены основные теоретические сведения о расчете цепей постоянного тока. Даны примеры записи уравнений по законам Кирхгофа. Рассмотрены различные режимы работы источника постоянного напряжения, условие согласованного режима работы источника ЭДС и нагрузки. Приведены задание и порядок выполнения работы, а также контрольные вопросы.

Для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, обучающихся на кафедре «Электротехника и промышленная электроника» по программам бакалавриата и специалитета и изучающих дисциплину «Электротехника и электроника».

© Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ....4
ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ....5
Законы расчета электрических цепей постоянного тока....5
Основные характеристики и параметры источников электрической энергии....7
Передача энергии от активного двухполюсника к нагрузке....9
ЗАДАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ....10
Задание 1. Исследование неразветвленной электрической цепи с одним....10
источником энергии....10
Задание 2. Исследование разветвленной электрической цепи....15
с тремя источниками энергии....15
ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ....17
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ....17
ЛИТЕРАТУРА....18

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся на приборостроительных и машиностроительных направлениях и специальностях, изучающих курс «Электротехника и электроника» на кафедре «Электротехника и промышленная электроника».

Современное высшее техническое образование, ориентированное на формирование профессиональных компетенций, уделяет большое внимание подготовке специалистов, владеющих как теоретическими знаниями, так и современными методами исследования. Способность проводить исследования физических процессов и свойств объектов с выбором технических средств, методов измерений, обработки и представления результатов во многом формируется в результате выполнения лабораторных практикумов.

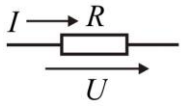
При выполнении лабораторных работ по дисциплине «Электротехника и электроника» преследуются две основные цели. Первая цель – усиление практической направленности образовательного процесса, закрепление на практике основных положений курса при работе в коллективе. Вторая цель – приобретение студентами навыков самостоятельной работы с электроизмерительными приборами и изучение методик проведения эксперимента. Цепи постоянного тока наиболее понятны в изучении из-за простоты теоретических положений, а также потому, что с анализом таких цепей студентам приходилось сталкиваться ранее при изучении курса физики. Данная лабораторная работа посвящена изучению цепей постоянного тока. После выполнения лабораторной работы студенты приобретут навыки проведения измерений и обработки результатов.

Цель лабораторной работы – исследование режимов работы линейной электрической цепи постоянного тока, экспериментальное определение внешней характеристики источника электрической энергии и параметров его схемы замещения, оценка влияния параметров элементов цепи на энергетические соотношения при различных режимах работы, овладение техникой экспериментирования с использованием электроизмерительных приборов.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Законы расчета электрических цепей постоянного тока

Закон Ома для участка цепи, не содержащего источников электрической энергии. Ток I пропорционален напряжению U на этом участке и обратно пропорционален сопротивлению R этого участка.



$$I = \frac{U}{R}$$

Рис. 1. Иллюстрация к закону Ома

Первый закон Кирхгофа. Алгебраическая сумма токов в узле равна нулю:

$$\sum_{k=1}^{n} \pm i_k = 0. \qquad (1)$$

Знаки токов берутся с учетом выбранных положительных направлений токов. Всем токам, направленным к узлу, в уравнении (1) приписывается одинаковый знак, например положительный, и соответственно все токи, направленные от узла, входят в уравнение (1) с противоположным знаком.

На рис. 2 в качестве примера показан узел, в котором сходятся четыре ветви.

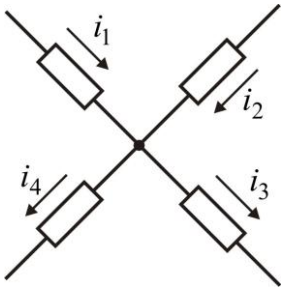


Рис. 2. Иллюстрация к первому закону Кирхгофа

В этом случае уравнение (1) имеет вид

$$i_1 + i_2 - i_3 - i_4 = 0.$$

Первый закон Кирхгофа описывает тот факт, что в узле электрический заряд не накапливается и не расходуется. Сумма электрических зарядов, приходящих к узлу, равна сумме зарядов, уходящих от узла за один и тот же промежуток времени.

Второй закон Кирхгофа. Алгебраическая сумма ЭДС в любом контуре цепи равна алгебраической сумме падений напряжения на элементах этого контура:

$$\sum_{k=1}^{n} \pm e_k = \sum_{k=1}^{n} \pm u_k \qquad (2)$$

Обход контура совершается в произвольно выбранном направлении, например по ходу часовой стрелки. При этом соблюдается следующее правило знаков для ЭДС и падений напряжения, входящих в уравнение (2): ЭДС и падения напряжения, совпадающие по направлению с направлением обхода, берутся со знаком “+”, а не совпадающие со знаком “–”. Формулы (1) и (2) написаны в общем виде для мгновенных значении токов, напряжений и ЭДС. Они справедливы для цепей как переменного, так и постоянного тока.

Пример. Покажем применение законов Кирхгофа, используя схему, изображенную на рис. 3. Метод сводится к решению системы уравнений, количество которых равно числу неизвестных токов (числу ветвей).

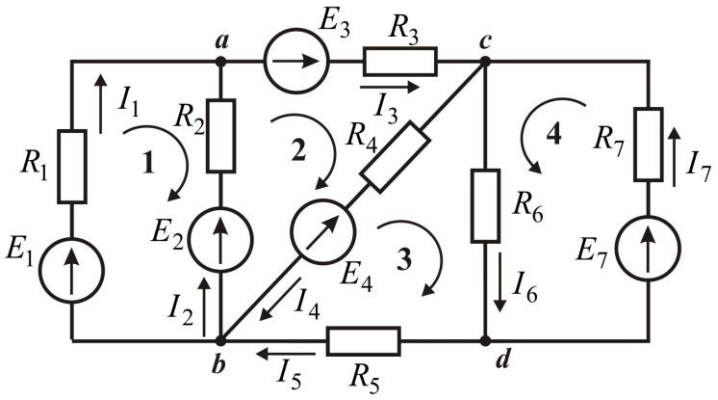


Рис. 3. Иллюстрация к законам Кирхгофа

Произвольно задаваясь направлениями токов в ветвях и принимая токи, подтекающие к узлу, положительными, а оттекающие от узла – отрицательными, записываем уравнения по первому закону Кирхгофа:

$$\text{узел } a\text{: } I_1 + I_2 - I_3 = 0;$$

$$\text{узел } в\text{: } -I_1 - I_2 + I_4 + I_5 = 0; \qquad (3)$$

$$\text{узел } c\text{: } I_3 - I_4 - I_6 + I_7 = 0.$$

Произвольно задаваясь направлениями обхода контуров, записываем уравнения по второму закону Кирхгофа:

$$\text{контур } \mathbf{1}\text{: } I_1R_1 - I_2R_2 = E_1 - E_2;$$

$$\text{контур } \mathbf{2}\text{: } I_2R_2 + I_3R_3 + I_4R_4 = E_2 + E_3 - E_4; \qquad (4)$$

$$\text{контур } \mathbf{3}\text{: } -I_4R_4 + I_6R_6 + I_5R_5 = E_4;$$

$$\text{контур } \mathbf{4}\text{: } I_7R_7 + I_6R_6 = E_7.$$

Системы (3) и (4) дают достаточное количество уравнений для отыскания всех неизвестных токов.

Баланс мощности. Для любой замкнутой электрической цепи сумма мощностей $\sum P_{\text{ист}}$, развиваемых источниками электрической энергии, равна сумме мощностей $\sum P_{\text{потр}}$, потребляемой в приемниках энергии:

$$\sum P_{\text{ист}} = \sum P_{\text{потр}}.$$

Если ток, протекающий через источник ЭДС, совпадает по направлению с ЭДС (рис. 4, *а*), то данный элемент в уравнении баланса мощности классифицируется как источник электрической энергии.

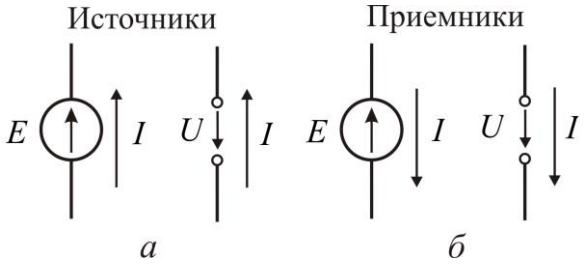


Рис. 4. Классификация активных элементов цепи

Отдаваемая им мощность, вычисляется как: $P_{\text{ист}} = \underrightarrow{E}\,\underrightarrow{I}$, (стрелками условно показаны совпадающие направления ЭДС и тока). Также источником энергии считается участок напряжения, ток и напряжение на котором направлены противоположно $P_{\text{ист}} = \underleftarrow{U}\,\underrightarrow{I}$.

При противоположном направлении ЭДС и тока, и при однонаправленных напряжении и токе (рис. 4, *б*), элементы классифицируются как потребители энергии: $P_{\text{потр}} = \underleftarrow{E}\,\underrightarrow{I}$, $P_{\text{потр}} = \underrightarrow{U}\,\underrightarrow{I}$.

Сопротивление является потребителем энергии при любом направлении тока: $P_{\text{потр}} = I^2 R$.

Суммируя мощности источников и потребителей по всем n ветвям электрической схемы, можно записать итоговое уравнение баланса мощности в виде:

$$\left\{ P_{\text{ист}} = \sum_{k=1}^{n} \underrightarrow{E_k} \cdot \underrightarrow{I_k} + \sum_{k=1}^{n} \underleftarrow{U_k} \cdot \underrightarrow{I_k} \right\} = \left\{ P_{\text{потр}} = \sum_{k=1}^{n} \underleftarrow{E_k} \cdot \underrightarrow{I_k} + \sum_{k=1}^{n} \underrightarrow{U_k} \cdot \underrightarrow{I_k} + \sum_{k=1}^{n} I_k^2 \cdot R_k \right\}. \qquad (5)$$

Пример. Уравнения баланса мощности для схемы (см. рис. 2) имеют вид

$$\left\{ P_{\text{ист}} = E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 + E_3 \cdot I_3 + E_7 \cdot I_7 \right\} = \left\{ P_{\text{потр}} = E_4 \cdot I_4 + \sum_{k=1}^{7} I_k^2 \cdot R_k \right\}.$$

Основные характеристики и параметры источников электрической энергии

Основными элементами любой электрической цепи являются источники электрической энергии, и ее потребители, которые могут быть представлены

двухполюсниками, имеющими два внешних вывода. Графически двухполюсник изображают в виде прямоугольника с двумя выводами (полюсами). Если в двухполюснике есть источники электрической энергии, которые являются активными элементами цепи, то его называют активным и внутри прямоугольника ставят букву **А** (рис. 5 *а*), если же в двухполюснике нет источников энергии, то его называют пассивным **П** (рис. 5 *а*). Потребители электрической энергии относятся к пассивным двухполюсникам. Таким образом, электрическую цепь можно представить в виде соединенных между собой активного и пассивного двухполюсников (рис. 5 *а*).

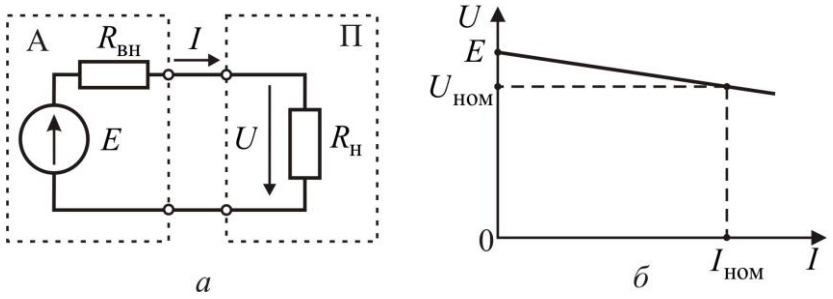


Рис. 5. Схема источника (*а*) и его вольт-амперная (внешняя) характеристика (*б*)

Источник электрической энергии может быть представлен эквивалентным генератором, который характеризуется двумя параметрами: ЭДС E и внутренним сопротивлением $R_{вн}$. Важнейшей характеристикой источника является его вольт-амперная (или внешняя) характеристика, которая представляет собой зависимость напряжения U на выводах источника от тока I (рис. 5 *б*).

Уравнение внешней характеристики источника, составленное по второму закону Кирхгофа, имеет вид

$$U = E - I \cdot R_{вн}. \qquad (6)$$

При токе, равном нулю, значение напряжения на выводах источника численно равно его ЭДС E, а наклон внешней характеристики зависит от значения $R_{вн}$.

При работе электрической цепи (см. рис. 5) возможны некоторые характерные режимы: холостого хода, короткого замыкания, номинальный и согласованный.

Режим холостого хода соответствует отсутствию тока в потребителе $(I = 0)$, т. е. потребитель отключен от источника, следовательно, напряжение на источнике в этом случае численно равно ЭДС.

Режим короткого замыкания возникает, когда сопротивление потребителя равно нулю, т. е. при замыкании выводов источника между собой. В этом случае напряжение на источнике равно нулю, а ток источника ограничивается только его внутренним сопротивлением $R_{вн}$. Этот ток называют током короткого замыкания $I_{кз}$. Значение $R_{вн}$ в

источниках напряжения невелико (доли или единицы Ом), поэтому режим короткого замыкания считается для них аварийным, так как $I_{\text{кз}}$ существенно превышает номинальное значение, на которое рассчитан источник напряжения.

Номинальный режим работы соответствует номинальному току $I_{\text{ном}}$. Это максимальный ток, при котором возможна длительная работа источника, гарантированная заводом изготовителем. При токах нагрузки в диапазоне $0 < I < I_{\text{ном}}$, работа источника возможна и используется на практике.

Коэффициент полезного действия определим, как отношение полезной мощности $P_{\text{пол}}$ к затраченной $P_{\text{затр}}$. Для рассматриваемой схемы (см. рис. 5) полезной мощностью является мощность, выделяющаяся в сопротивлении нагрузки $P_{\text{пол}} = I^2 \cdot R_{\text{н}} = U \cdot I.$ Затраченная мощность – это мощность, отдаваемая источником $P_{\text{затр}} = E \cdot I.$ Таким образом, КПД схемы равен:

$$\eta = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{затр}}} = \frac{U \cdot I}{E \cdot I} = \frac{U}{E}. \qquad (7)$$

Передача энергии от активного двухполюсника к нагрузке

Особый интерес представляет согласованный режим работы источника и потребителя, когда в последнем выделяется максимум мощности. Если нагрузка с сопротивлением $R_{\text{н}}$ подключена к активному двухполюснику (см. рис. 5), то по нагрузке течёт ток

$$I = \frac{E}{R_{\text{вн}} + R_{\text{н}}},$$

и в ней выделяется полезная мощность

$$P_{\text{пол}} = I^2 \cdot R_{\text{н}} = \frac{E^2}{(R_{\text{вн}} + R_{\text{н}})^2} \cdot R_{\text{н}}.$$

Выясним, каким должно быть соотношение между сопротивлением нагрузки $R_{\text{н}}$ и сопротивлением источника $R_{\text{вн}}$, чтобы в сопротивлении нагрузки выделялась максимальная мощность. Для этого определим первую производную $P_{\text{пол}}$ по $R_{\text{н}}$ и приравняем её к нулю:

$$\frac{dP_{\text{пол.}}}{dR_{\text{н}}} = \frac{(R_{\text{ист}} + R_{\text{н}})^2 - 2R_{\text{н}} \cdot (R_{\text{ист}} + R_{\text{н}})}{(R_{\text{ист}} + R_{\text{н}})^4} = 0 \Rightarrow R_{\text{ист}} = R_{\text{н}}.$$

Значит, мощность максимальна при равенстве сопротивления нагрузки и сопротивления источника. При согласованном режиме работы максимальная мощность

$$P_{\text{пол.max}} = \frac{E^2}{4R_{\text{вн}}},$$

а мощность, отдаваемая источником,

$$P_{\text{затр.}} = E \cdot I = \frac{E^2}{R_{\text{вн}} + R_{\text{н}}} = \frac{E^2}{2R_{\text{вн}}}.$$

Тогда КПД источника при согласованном режиме работы

$$\eta_{\text{согл.}} = \frac{P_{\text{пол.max}}}{P_{\text{затр.}}} = \frac{E^2}{4R_{\text{вн}}} : \frac{E^2}{2R_{\text{вн}}} = 0{,}5.$$

Если мощность значительна, то работа с таким низким КПД недопустима. Поэтому такой режим применяется в слаботочных системах, когда энергетические соображения не играют существенной роли, а важно получить максимум мощности в нагрузке.

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.

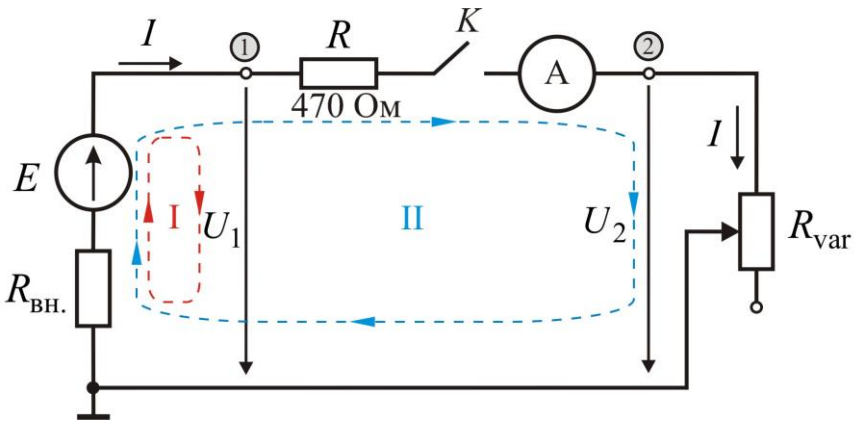


Рис. 6. Электрическая схема (задание 1)

Исследуемая схема содержит нерегулируемый источник питания E с внутренним сопротивлением $R_{\text{вн}}$ (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).

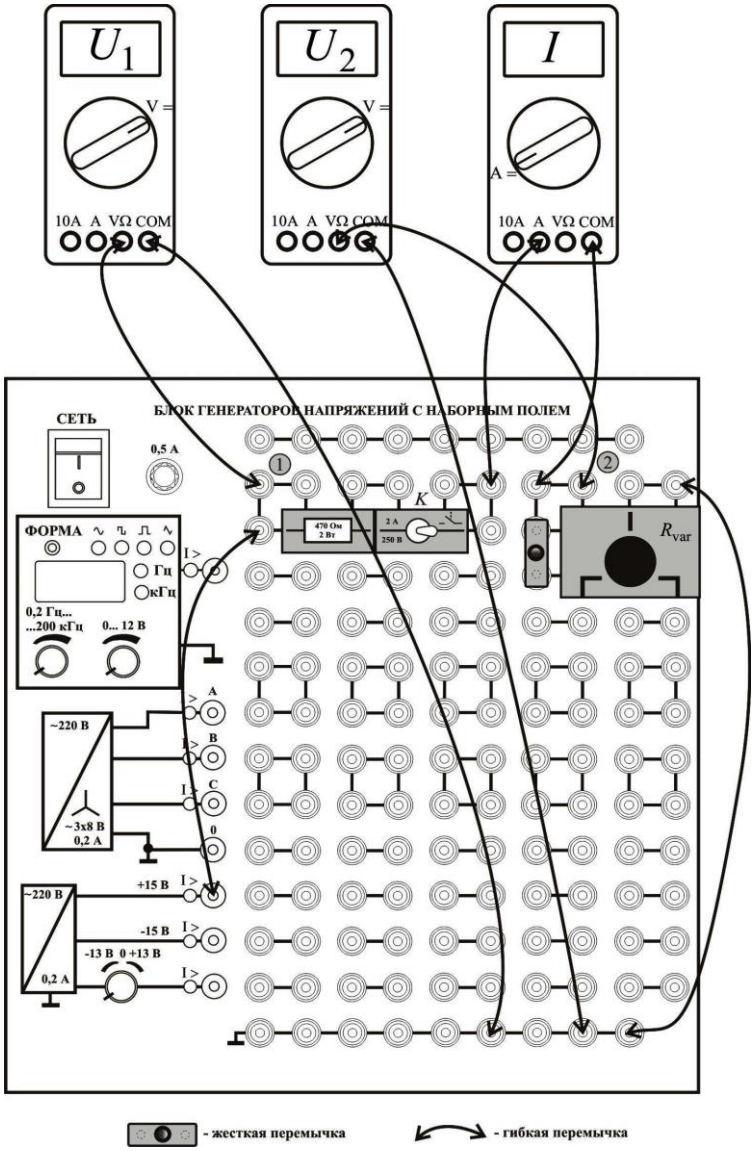


Рис. 7. Монтажная схема (задание 1)

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.

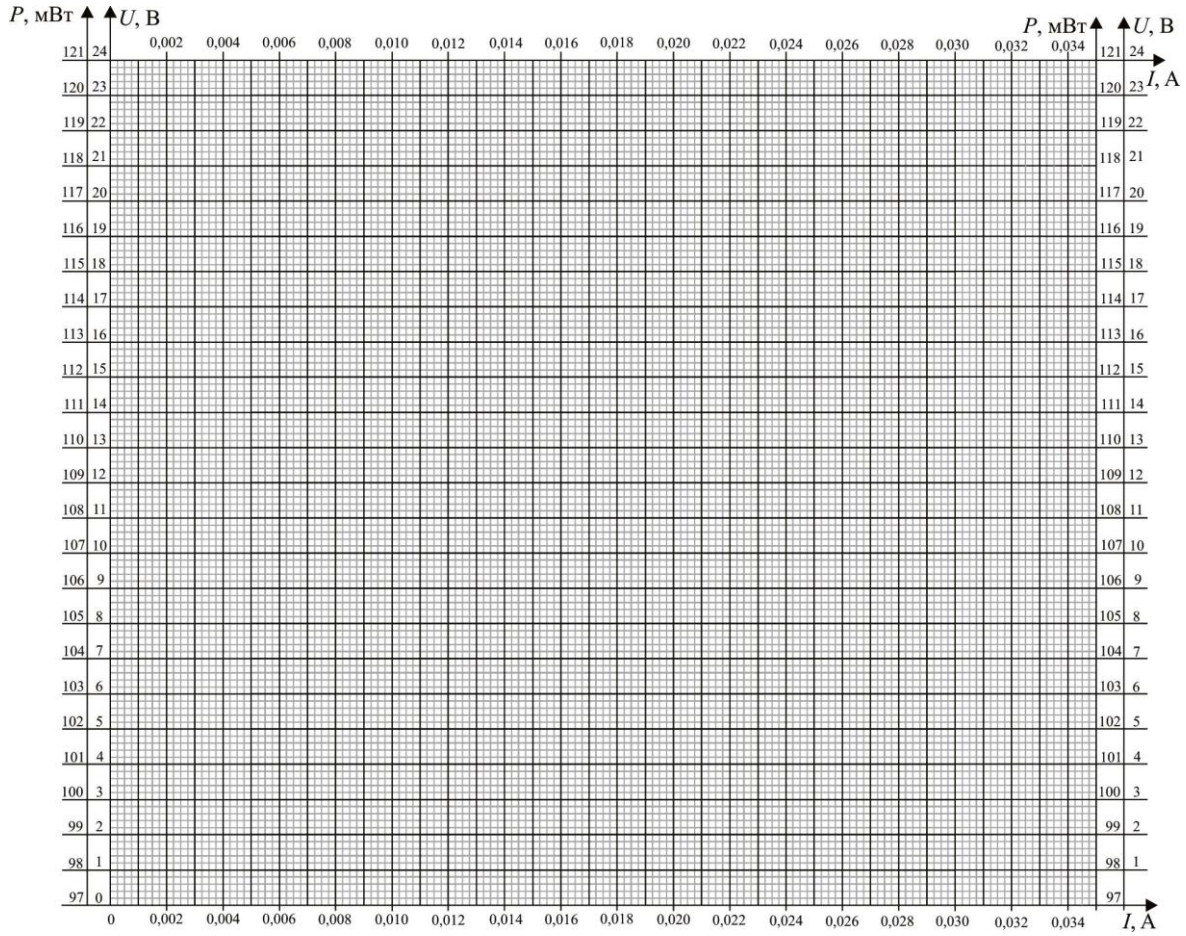


Рис. 8. Заготовка для построения характеристик источника *E*

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.

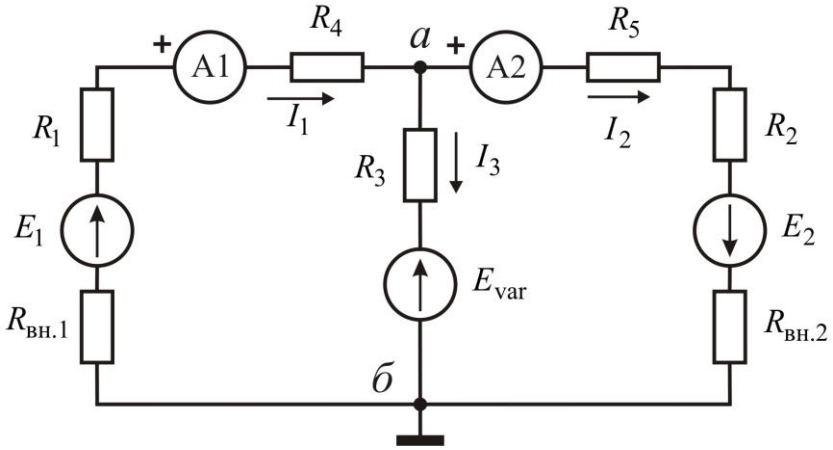


Рис. 9. Электрическая схема (задание 2)

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

Внутренние сопротивления источников $R_{\text{вн1}}$ и $R_{\text{вн2}}$ 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.

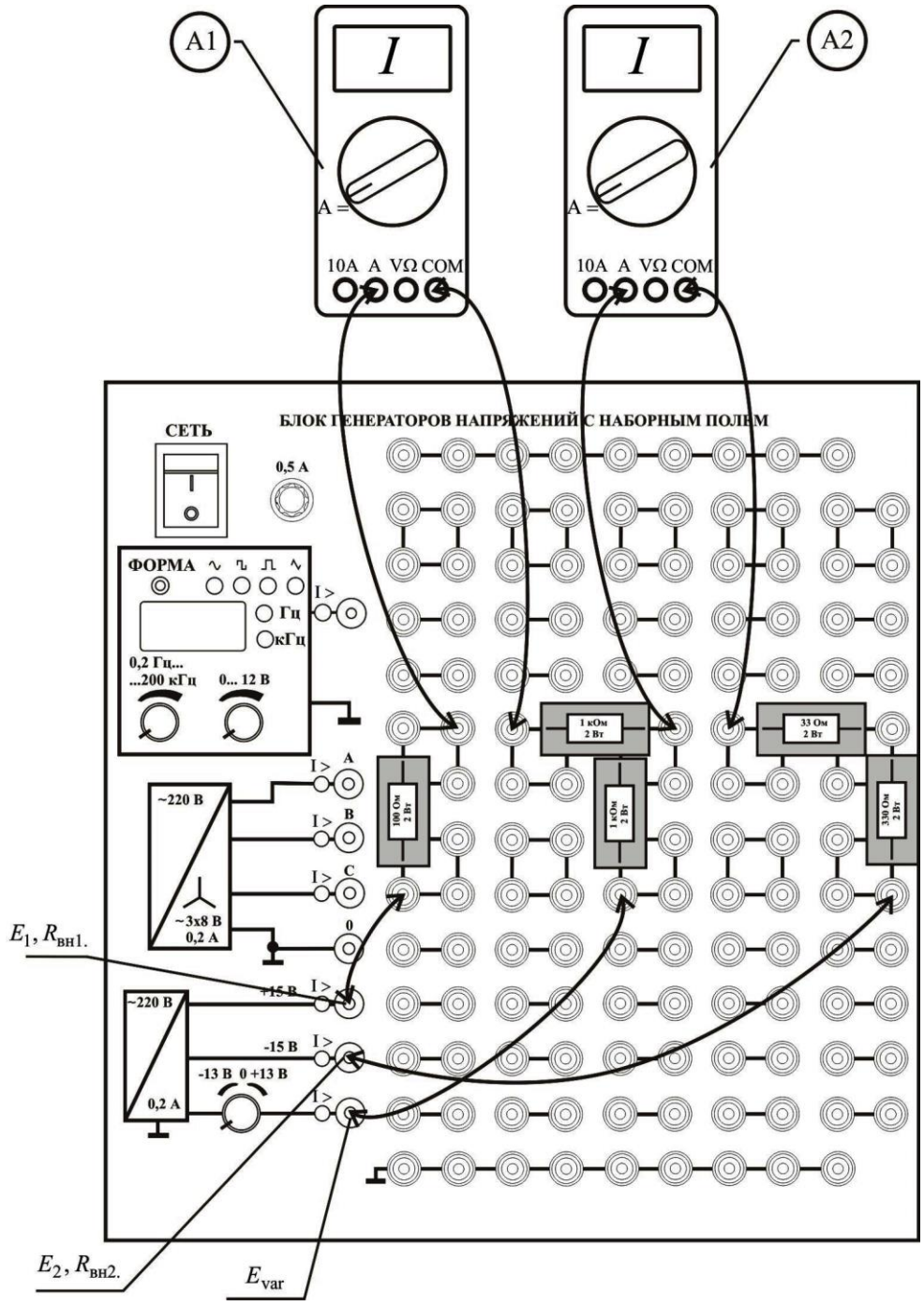


Рис. 10. Монтажная схема (задание 2)

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.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Форма отчета или предоставляется студентам в электронном виде лектором потока, или копируется и распечатывается с сайта кафедры http://fn.bmstu.ru/learning-work-fs-7/laboratory-works-fs-7.

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?

ЛИТЕРАТУРА

Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 551 с.

Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: учебник для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 544 с.