

Лабораторная работа № 306

РЕОСТАТ И ДЕЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

Приборы и принадлежности: источник тока, два вольтметра, два миллиамперметра, реостат, нагрузочные резисторы.

Введение. Реостат – устройство для регулирования тока или напряжения в электрических цепях путем изменения его сопротивления. У различных реостатов сопротивление можно изменять или плавно, или ступенчато.

Существует две схемы включения реостатов.

1. Последовательное соединение (рис.1) реостата и нагрузки (собственно реостат) применяют для регулирования тока в нагрузке R_H (и напряжения на

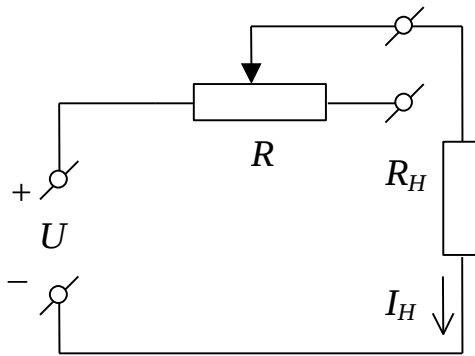


Рис.1

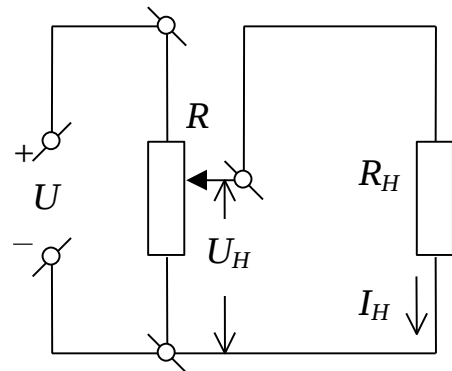


Рис.2

ней) в ограниченных пределах, но при сравнительно большой мощности.

2. Параллельное соединение – делитель напряжения (рис.2) – применяют для регулирования напряжения на нагрузке U_H в широких пределах (от нуля до

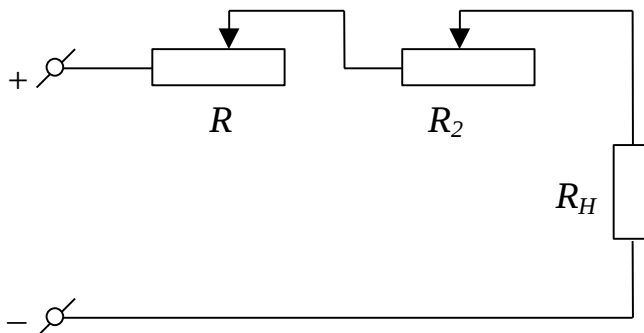


Рис.3

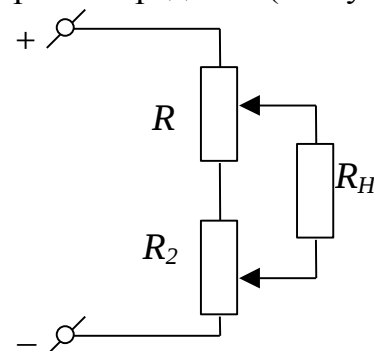


Рис.4

напряжения источника питания U), но при сравнительно малой мощности.

Сопротивление ползунковых реостатов изменяется скачкообразно, а не абсолютно плавно. Величина скачка сопротивления равна сопротивлению одного витка проволоки, которой выполнена обмотка реостата. Если требуется *более плавное* регулирование тока (напряжения), в цепь включается второй реостат R_2 , сопротивление которого в 10...20 раз меньше R . Схема *тонкой* регулировки тока приведена на рис.3, схема *тонкого* регулирования напряжения – на рис.4.

Упражнение 1. Реостат

Рассмотрим электрическую цепь (рис.5), в которой реостат работает как регулятор тока (собственно реостат). В этом случае реостат включается в цепь *последовательно*. Если внутреннее сопротивление вольтметра очень велико, а амперметра мало по сравнению с сопротивлением нагрузки, ток в цепи будет таким:

$$I = \frac{E}{R_l + R_H + r}, \quad (1)$$

где R – сопротивление всего реостата,

R_l – сопротивление действующего участка AD реостата длиной l ,

R_H – сопротивление нагрузки,

r – внутреннее сопротивление источника тока, E – ЭДС источника тока.

При перемещении движка реостата D от A к B сопротивление R_l будет изменяться от нуля до наибольшего R , а ток в цепи –

от наибольшего $I_{нб} = \frac{E}{R_H + r}$ до наименьшего $I_{нм} = \frac{E}{R + R_H + r}$ значения.

Найдем так называемую *кратность регулирования* тока K , которая, по определению, есть отношение наибольшего тока к наименьшему из их диапазона его изменения:

$$K = \frac{I_{нб}}{I_{нм}} = 1 + \frac{R}{R_H + r}. \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что пределы регулирования тока реостата тем больше, чем больше отношение $R/(R_H + r)$, т.е. чем больше сопротивление реостата по сравнению с сопротивлением нагрузки (внутреннее сопротивление источника тока r , как правило, значительно меньше R_H).

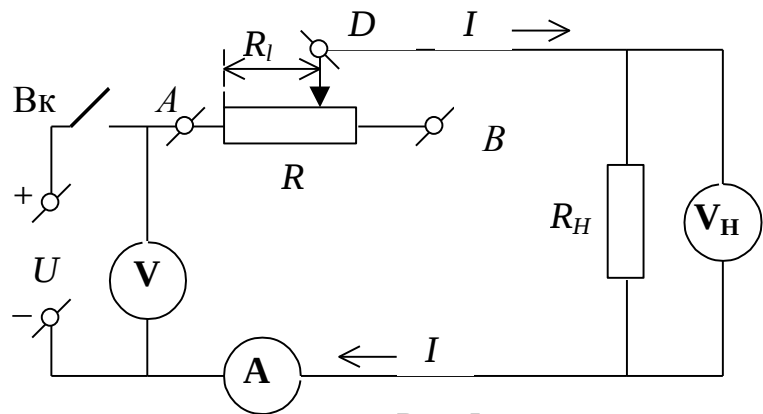


Рис.5

Если в электрическую цепь включен регулирующий элемент (реостат), то хочется, чтобы пределы регулирования тока были как можно больше. Однако возможность получения больших K для реостата ограничена. Чем больше сопротивление реостата, тем меньше его допустимый (номинальный) рабочий ток. Включив такой реостат в цепь с мощным источником тока, можно сжечь обмотку реостата. В самом деле, если его движок D находится вблизи клеммы A , сила тока в цепи определяется, в основном, величиной сопротивления нагрузки и если этот ток окажется больше номинального тока реостата, то последний будет испорчен. Кроме того, в случае $R \gg R_H$ при приближении движка D к клемме A скачки изменения тока становятся всё большими. Итак, при выборе реостата приходится учитывать и выполнять два условия: 1) сопротивление реостата должно быть больше сопротивления нагрузки $R > R_H$, 2) наибольший ток нагрузки не должен превышать номинальный (допустимый для нормальной работы) ток реостата $I_{нб} \leq I_{ном}$.

Описание установки. Все приборы, необходимые для проведения измерений, размещены на лабораторной панели: 1) реостат с линейкой (сопротивление $R=1200$ Ом, номинальный ток $0,5$ А), 2) два вольтметра с пределами измерения 15 В, 3) два миллиамперметра с пределами 75 мА и $1,5$ мА. Два резистора, выполняющие роль нагрузки, размещены в подвале панели.

Измерения. Работа реостата в качестве регулятора тока изучается при двух нагрузках: 1) $R_{H1}=120$ Ом (условие $R_H < R$), 2) $R_{H2}=12000$ Ом ($R_H > R$).

В первом случае последовательно с нагрузкой включается миллиамперметр на 75 мА, во втором – на $1,5$ мА.

1. Соберите цепь с нагрузкой $R_{H1}=120$ Ом согласно схеме (рис.5). Тумблер **Вк** во время сборки должен быть в разомкнутом положении. Постоянное напряжение от лабораторной сети подведено к клеммам с обозначением ± 6 В.

2. Предложите преподавателю проверить правильность сборки цепи.

3. **Внимание!** Прежде чем включить тумблер **Вк**, установите на реостате *наибольшее* сопротивление (движок D перемещен к клемме B).

4. Включите напряжение питания тумблером **Вк**. Перемещая движок реостата в сторону **уменьшения** сопротивления, снимите зависимость напряжения на входе U , напряжения на нагрузке U_H и тока в цепи I (он же ток нагрузки) от расстояния l между движком реостата D и клеммой A , отсчитывая его по линейке. Такие измерения следует провести от 42 см до нуля примерно через равные промежутки $4 \dots 5$ см. Результаты запишите в табл.1.

5. Проведите такие же измерения со второй нагрузкой $R_{H2}=12000$ Ом.

Таблица 1

Нагрузка 120 Ом				Нагрузка 12000 Ом			
l	I	U_H	U	l	I	U_H	U

Обработка результатов. 1. По данным табл.1 постройте отдельно для каждой нагрузки графики зависимости тока I и обоих напряжений U и U_H от длины рабочего участка реостата l .

2. Вычислите коэффициент кратности регулирования тока для той и другой нагрузки, беря наибольшее и наименьшее значение тока из табл.1. Сопоставьте результаты с формулой (2).

Упражнение 2

Потенциометр (делитель напряжения)

Использование реостата в качестве регулятора тока в цепи, как было в упр.1, имеет существенный *недостаток*: невозможно изменять ток от наибольшего значения до *нуля*, в то время как в этом часто возникает необходимость. От указанного недостатка можно избавиться путем включения реостата не последовательно, а *параллельно* нагрузке. Такой способ включения называется *потенциометрическим*, за что тот же реостат, но в ином качестве, получил название *потенциометра*. Следует подчеркнуть, что потенциометр используется, скорее, не как регулятор тока, а как *регулятор напряжения* на нагрузке, причем в широких пределах.

Рассмотрим схему электрической цепи (рис.6), в которой реостат работает как потенциометр (его также называют также делителем напряжения).

Как и в упр.1 предполагаем, что сопротивление вольтметров *велико*, а сопротивление амперметра *мало*, по сравнению с прочими сопротивлениями цепи). В соответствии с правилами Кирхгофа можно составить следующие уравнения для приведенной цепи:

$$I - I_H - I_R = 0 \quad \text{— для узла } A,$$

$$I_H R_H - I_R R_l = 0 \quad \text{— контур } AR_H DR_l A,$$

$$I_R R_l + I(R - R_l) + Ir = E \quad \text{— для контура } ARBEA.$$

Решив эту систему уравнений, получим ток нагрузки.

$$I_H = \frac{ER_l}{R_H(R+r) + R_l(R-R_l+r)}. \quad (3)$$

Зная ток, можно вычислить напряжение по закону Ома

$$U_H = I_H R_H.$$

Проанализируем полученный результат (3). При перемещении движка D от клеммы A до клеммы B сопротивление R_l увеличивается от нуля до

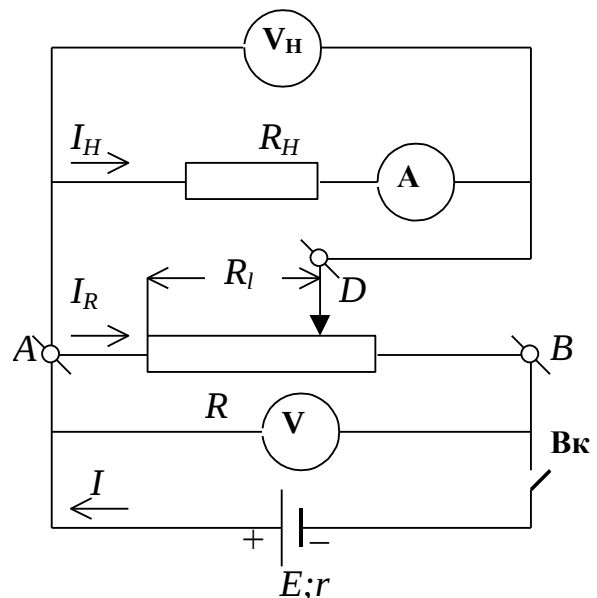


Рис.6

наибольшего – R , следовательно ток I_H и напряжение U_H увеличиваются практически прямо пропорционально перемещению движка *от нуля* до некоторого наибольшего значения $I_{H\text{ нб}}$, которое можно найти, положив $R_l=R$ в выражении (3).

$$I_{H\text{ нб}} = \frac{ER}{R_H(R+r) + Rr},$$

напряжение

$$U_{H\text{ нб}} = \frac{ERR_H}{RR_H + rR_H + rR}.$$

Посмотрим, какую часть ЭДС источника составляет это напряжение.

$$\frac{U_{H\text{ нб}}}{E} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R_H} + \frac{r}{R}}. \quad (4)$$

Как видно из полученного выражения (4), напряжение на нагрузке меньше ЭДС источника. Но во сколько раз? Это зависит от отношений r/R_H и r/R .

1. Обычно сопротивление нагрузки должно быть существенно больше внутреннего сопротивления источника тока, $R_H > r$. К выполнению этого условия надо стремиться, чтобы источник работал с возможно бóльшим КПД.

2. Сопротивление потенциометра не должно быть слишком малым, иначе он будет потреблять от источника слишком большой ток. Поэтому возникает второе условие: $R > r$.

Таким образом получается, что с помощью потенциометра на нагрузке можно установить *любое напряжение* в диапазоне от нуля почти до ЭДС источника тока: $0 \leq U_{H\text{ нб}} < E$. Напряжение $U_{H\text{ нб}}$ тем ближе к ЭДС источника, чем сильнее неравенство $R > r$.

3. Итак, мы приходим к выводу, что при выборе реостата для работы в качестве потенциометра должны быть соблюдены *оба* условия: $R_H > r$ и $R > r$.

4. А каково соотношение между сопротивлением нагрузки R_H и сопротивлением потенциометра R ? Если выбрать потенциометр с большим сопротивлением, так что $R \gg R_H$, то такое решение является ошибочным, и вот почему. Действительно, пусть движок потенциометра находится вблизи клеммы B (рис.6). Тогда большой ток нагрузки пройдет через участок DB потенциометра, имеющий малое сопротивление, в результате источник тока окажется замкнутым на малое суммарное сопротивление, что повлечет протекание по указанному участку значительного тока, который может оказаться выше номинального и привести к перегоранию этого фрагмента обмотки потенциометра.

Следовательно, для *нормальной* работы реостата в качестве потенциометра должны быть *выполнены* следующие *непрерывные* условия:

$$R_H > R > r. \quad (5)$$

Из этих неравенств вытекает возможность применения потенциометров только в маломощных цепях, о чем упоминалось на с.1. Мощность,

потребляемая от источника тока, распределяется между нагрузкой и потенциометром обратно пропорционально их сопротивлениям, $P=U^2/R$. Желая передать нагрузке большúю мощность, еще большúю мощность мы вынуждены расходовать на потенциометр, так как его сопротивление меньше. Поэтому такой способ регулирования применяется в слаботочных цепях, например в радиоэлектронике.

Измерения. 1.Соберите электрическую цепь согласно схеме (рис.6), используя в качестве потенциометра тот же реостат с линейкой и нагрузку R_{H1} .

Внимание! Перед началом измерений движок реостата должен находиться около клеммы A !

2.После проверки цепи преподавателем включите тумблер **Вк**.

3.Снимите зависимость тока нагрузки I_H , напряжения нагрузки U_H и входного напряжения U от положения движка l , перемещая его от клеммы A к клемме B от 0 до 42 см примерно через равные интервалы 4...5 см. Результаты измерений запишите в табл.2.

Таблица 2

ЭДС источника тока $E=$							
Нагрузка 120 Ом				Нагрузка 12000 Ом			
l	I_H	U_H	U	l	I_H	U_H	U

4.Измерения п.3 выполните также для нагрузки R_{H2} .

5.Измерьте и запишите в табл.2 выходное напряжение источника тока при разомкнутой внешней цепи. Его величина близка к ЭДС источника E .

Обработка результатов. 1.По данным табл.2 постройте графики зависимости измеренных величин I_H , U_H и U от положения движка l (отдельно для каждой нагрузки).

2.Вычислите внутреннее сопротивление источника по формуле (4) для R_{H1} .

3.Посмотрите в таблице измерений, какой наибольший ток протекал по нагрузке и при каких условиях? Не опасно ли это для используемого реостата? Сравните его с номинальным током реостата. Дайте письменное заключение по этим вопросам.

Список рекомендуемой литературы

- 1.Физический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1965. Т.4, с.435–437.
- 2.Джанколи Д. Физика. М.: Мир, 1989. Т.2, гл. 27.