

Задача 24 ЕГЭ -2015

Если нужен только ответ – правильный ответ 24

А вот размышления.

Это задача на закон Ома для полной цепи. Закон Ома формулируется так:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (1)$$

сила тока I в цепи прямо пропорциональна э.д.с. (электродвижущей силе) источника энергии ε и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешней цепи R и внутреннего сопротивления источника энергии r .

Это закон проще осмыслить, если вообразить его как закон сохранения энергии. Источник откуда берёт энергию? Его или крутит дизель (если это генератор), или идут химические реакции (если это аккумулятор), или освещает Солнце (если это фотоэлемент) и прочее. То есть источнику передают энергию какие-то «сторонние силы», говорят, что энергия источника равна работе сторонних сил $A_{\text{стор}}$. Куда девается эта энергия? Уходит на нагрев проводов во внешней цепи $Q_{\text{внеш}}$ (Q - это количество теплоты). Плюс нагрев внутри самого источника $Q_{\text{внутр}}$. Тогда по закону сохранения энергии

$$A_{\text{стор}} = Q_{\text{внеш}} + Q_{\text{внутр}} \quad (2)$$

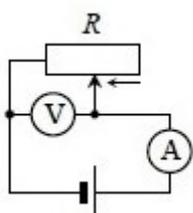
А если в формуле (1) сделать математические преобразования (избавиться от знаменателя) то получим

$$\varepsilon = IR + Ir \quad (3)$$

Неправда ли, похоже? Из закона Ома для участка цепи мы помним, что $IR=U$. Можно сказать так: ЭДС источника тратится на напряжение внешней цепи U и на падение напряжения внутри источника Ir .

$$\varepsilon = U + Ir$$

Рассмотрим цепь, которая дана в задаче. У источника длинная палочка обозначает плюс (+), короткая минус (-). Ток течет от плюса к минусу, по крайней мере, так принято считать в электротехнике.

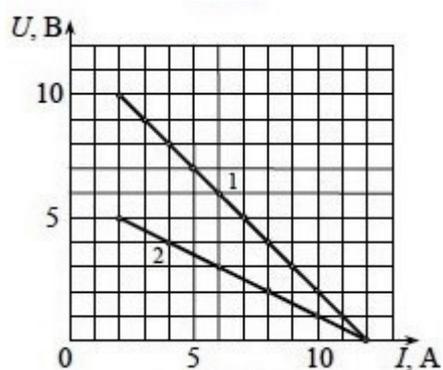


Буквой R обозначен реостат. Если вдруг кто никогда не видел реостат – то он выглядит так. Реостат – это переменное сопротивление. Когда



двигок реостата стоит в правом по рисунку положении - ток идёт по довольно длинному проводу, намотанному на цилиндр реостата, сопротивление велико. По мере сдвигания движка влево длина провода и его сопротивление уменьшается. И в крайнем левом положении реостат может быть полностью выведен, его сопротивление станет равным нулю. Вольтметр V измеряет напряжение на реостате $U = IR$. Амперметр измеряет силу тока, который протекает по всей этой цепи от плюса к минусу, а внутри источника от минуса к плюсу. Все прочие провода, хотя на картинке и нарисованы, считают не имеющими никакого сопротивления.

Итак, делаем опыт. Поставили реостат в некоторое положение вправо, замерили силу тока и напряжение. Отметили на графике. Сдвинули его на сантиметр левее, опять замерили, опять отметили на графике. Так выполнили несколько измерений, получили несколько точек, по ним построили прямую 1. При первом замере U было 10 вольт, сила тока I была



2 ампера. Затем, при уменьшении сопротивления реостата сила тока I увеличивалась, а напряжение U уменьшалось. Почему сила тока увеличивалась? Потому что из формулы (1) видно, что сопротивление R стоит в знаменателе, если его уменьшать, а другие члены не изменяются, то сила тока будет увеличиваться.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

Почему уменьшается напряжение, которое $U = IR$? Хотя сопротивление и уменьшается, но ток ведь увеличивается? Здесь дело в соотношении величин, сопротивление уменьшается быстрее, чем увеличивается ток, поэтому напряжение U падает. Когда реостат доведён до крайнего левого положения – сопротивление $R = 0$. Поэтому $U = IR = 0$. Зато сила тока из

формулы (1) определяется только внутренним сопротивлением источника, эта сила тока максимальна, она равна 12 А.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{\mathcal{E}}{0+r} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

Такой режим, когда полюса источника замкнуты накоротко, без какого либо сопротивления между ними, называют режимом короткого замыкания.

Обсудим некоторые предложенные варианты ответа.

- 1) При силе тока 12 А вольтметр показывает значение ЭДС источника. Нет, это не так, при силе тока 12 А вольтметр показывает 0 Вольт, ЭДС источника не равна нулю. Вольтметр показывает напряжение на реостате, которое равно нулю из-за того, что сопротивление реостата равно нулю. Вот если бы внешняя цепь была разомкнута (что соответствует бесконечно большому сопротивлению реостата) тогда бы вольтметр показал ЭДС (если бы он, конечно, был присоединён к полюсам источника).
- 2) Ток короткого замыкания равен 12 А. Да, это справедливое утверждение, мы с этим выше вполне согласились.
- 3) Во втором опыте сопротивление резистора уменьшалось с большей скоростью. Про второй опыт мы выше не говорили, но мы делаем его так. Заменяем источник тока (типа, ставим другую батарейку, постарее, которая уже некоторое время поработала). А дальше делаем всё то же самое. Реостат ставим на те же самые положения, измеряем так же значения напряжения и тока, отмечаем точки на графике. Поэтому, неправда, что сопротивление резистора уменьшалось быстрее – оно уменьшалось с той же самой скоростью, вернее, мы сами, своими руками, его так уменьшали.
- 4) Во втором опыте ЭДС источника в 2 раза меньше, чем в первом. Посмотрим...

$$\mathcal{E} = U + Ir$$

В положении полного сопротивления реостата, когда ток минимален (по графикам он равен 2 ампера), второе слагаемое Ir так мало, что им можно пренебречь. Внутреннее сопротивление источника r всегда очень мало, тысячные доли Ома и меньше. Поэтому с некоторой натяжкой можно считать, что при $I = 2\text{А}$

$$\mathcal{E} = U$$

Это утверждение было бы абсолютно верным, при $I = 0$ (то есть при бесконечно большом сопротивлении реостата, или при разомкнутой цепи). Ну, а дальше по графику напряжение 1 (10 вольт)

действительно больше, чем напряжение 2 (5 вольт) в два раза, поэтому и ЭДС 1 больше, чем ЭДС2 в два раза. Утверждение 4 справедливое.

- 5) В первом опыте ЭДС источника равна 5 В. Это нет. Даже, если принять вышесказанную натяжку, то в первом опыте ЭДС равно 10, а 5 – это во втором опыте.

Ответ 24