

Условие

Задание 9-2. «Горячий резистор»

Приборы и материалы: исследуемый маломощный резистор (примерно 1,0 Ом); эталонный резистор 0,51 Ом (считайте, что это значение точное); проволочный реостат примерно 50,0 Ом; полосковый переменный резистор примерно 22,0 кОм; лампочка накаливания, цифровой мультиметр; источник постоянного напряжения примерно 4,5 В; соединительные провода, кусочек пластилина.

Внимание!

1. В данной работе используются токи, сила которых достигает 1 А. При таких значениях силы тока, батарейки достаточно быстро разряжаются. Поэтому тщательно продумайте методику проведения всех необходимых измерений: подключайте источник к цепи только во время проведения измерений. При проведении измерений одной зависимости (п. 1.6 и п. 2.2) отключать источник не следует.

На корпусе блока питания имеется выключатель. Используйте его в своей работе.

Повторно источники тока выдаваться не будут!

2. С другой стороны, при изменении силы тока при протекании его через лампочку накаливания через маломощный резистор требуется некоторое время (порядка 20 - 30 секунд) для установления теплового равновесия. Учитывайте это обстоятельство при проведении измерений. При большом времени ожидания изменения показаний могут быть связаны с разрядкой батарейки.

3. Убедитесь, что ЭДС выданного источника (до начала работы) превышает 4,0 В, в противном случае, требуйте его замены.

4. Для изменения точек подключения мультиметра в ходе измерений используйте зажимы «крокодил».

5. Концы соединительных проводов зачищены – используйте их для соединения методом скручивания. Старайтесь использовать минимальное количество проводов, т.к. они вносят небольшие дополнительные сопротивления, что в данной работе может повлиять на результаты измерений.

6. Скользящие контакты проволочного резистора могут немного отходить от проволочной обмотки – в этом случае прижмите их рукой.

7. Ползунковый реостат имеет три вывода. Самостоятельно разберитесь со схемой их подключения, используя для этого мультиметр в режиме измерения сопротивления.

8. Оценка погрешностей в данной работе не требуется.

Каждый резистор промышленного производства рассчитан на определенную мощность протекающего тока. При превышении этой номинальной мощности резистор начинает разогре-

ваться, при этом его сопротивление изменяется. В данном задании Вам необходимо исследовать характеристики маломощного резистора при превышении допустимой мощности протекающего тока. Для того, чтобы освоить методику проведения эксперимента в первой части работы исследуется изменение сопротивления лампочки накаливания, для которой этот эффект более заметен.

Часть 1. Изучение лампочки накаливания

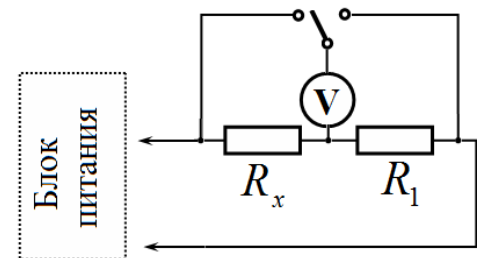
Сначала, используя предоставленное оборудование, измерьте с максимальной точностью сопротивление маломощного резистора R_1 (примерно 1 Ом) при минимальной силе тока через нее. Отметим, что точности мультиметра в данном случае недостаточно.

1. Нарисуйте схему, использованную Вами для проведения измерений. 2. Укажите, какие величины Вы измеряли, приведите формулу для расчета сопротивления.

1.3 Приведите результаты измерений и значение сопротивление маломощного резистора R_1

1.4 Используя мультиметр в режиме омметра, измерьте сопротивление «холодной» лампочки R_{x0}

Соберите схему, показанную на рисунке. Здесь R_x - лампочка накаливания, R_1 - постоянный «эталонный» резистор. В этой части в качестве «эталонного» резистора используйте маломощный резистор R_1 . В этой цепи его сопротивление можно считать постоянным и равным измеренному Вами пп. 1.1 – 1.3 значению. Эта схема позволяет измерять с помощью переключателя напряжения на исследуемом резисторе U_x и эталонном резисторе U_1 . Предложите схему блока питания, содержащую источник тока и переменный резистор 50 Ом, позволяющую регулировать силу тока в исследуемой цепи в максимальных пределах.



1.5 Нарисуйте схему блока питания.

1.6 Измерьте значения напряжений на эталонном резисторе U_1 и лампочке накаливания U_x при различных значениях силы тока в цепи.

1.7 Рассчитайте и постройте график зависимости силы тока I через исследуемую лампочку накаливания от напряжения на ней U_x (ВАХ). Приведите формулы, по которым был проведен расчет.

1.8 Рассчитайте и постройте график зависимости изменения сопротивления исследуемой лампочки накаливания $\Delta R_x = R_x - R_{x0}$ от мощности тока P , протекающего через неё.

1.9 Используя полученный график, обоснованно ответьте на вопрос: «Можно ли считать, что сопротивление лампочки линейно зависит от его температуры, а мощность теплоты, уходящей от лампочки в окружающую, среду пропорциональна разности температур резистора и окружающей среды?»

Часть 2. Изучение маломощного резистора

В данной части работы Вам необходимо исследовать изменение сопротивления маломощного резистора R_1 при протекании электрического тока.

В этой части работы исследуемый резистор сильно разогревается – будьте аккуратны, не обожгитесь. При проведении измерений резистор не должен касаться стола, закрепите его над столом, используя кусочек пластилина так, чтобы резистор не касался пластилина.

Для точного измерения малых изменений сопротивления этого резистора используется мостиковая схема, показанная на этом рисунке.

В качестве реостата $\tilde{R}$ используется полосковый резистор 22 кОм. Используйте схему блока питания, предложенную Вами в п. 1.4. В качестве эталонного резистора используйте резистор $R_0 = 0,51$ Ом, сопротивление которого можно считать постоянным, не зависящим от силы протекающего тока.

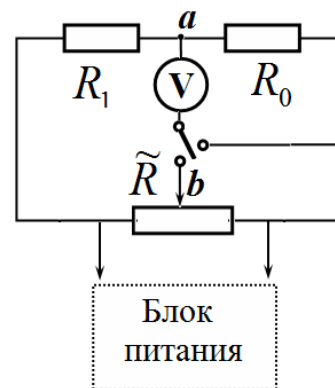
Данная схема позволяет измерять напряжение U_0 на эталонном резисторе R_0 и малое напряжение между средними точками моста a и b , которое далее обозначается ΔU . Для измерения этих напряжений можно использовать диапазон мультиметра 200 мВ.

Для измерения с помощью этой схемы необходимо сначала добиться, так называемой, балансировки моста.

Для этого:

- задайте с помощью регулировки блока питания минимальный ток;
- изменяя положение движка реостата, добейтесь, чтобы напряжение между точками a и b равнялось нулю $\Delta U = 0$. Далее это положение движка не изменяйте.

После этого можно проводить измерения изменения сопротивления маломощного резистора ΔR_1 .



2.1 Покажите, что напряжение между точками a и b ΔU связано с изменением сопротивления резистора ΔR_1 простым соотношением

$$\Delta U = \frac{U_0}{R_0} \Delta R_1 \quad (1)$$

Формула (1) является приближенной, ее можно использовать, если относительное изменение сопротивления не превышает 20%.

Добрый совет: Не тратьте слишком много времени на вывод этой формулы. Если Вам не удастся ее получить быстро, лучше приступайте к измерениям, и пользуйтесь этой формулой для обработки результатов.

2.2 Проведите измерения значений напряжений U_0 и ΔU при различных значениях силы тока в цепи блока питания (измерять значение силы этого тока не требуется).

2.3 Рассчитайте по полученным данным и постройте график зависимости изменения сопротивления резистора ΔR_1 от мощности P выделяющейся на нем.

2.4 Используя полученный график, обоснованно ответьте на вопрос: «Можно ли считать, что сопротивление маломощного резистора линейно зависит от его температуры, а мощность теплоты, уходящей от резистора в окружающую, среду пропорциональна разности температур резистора и окружающей среды?»

Решение

Задание 9-2. «Горячий резистор» Решение.

Часть 1. Изучение лампочки накаливания

1. Схема, использованная при измерении сопротивления резистора

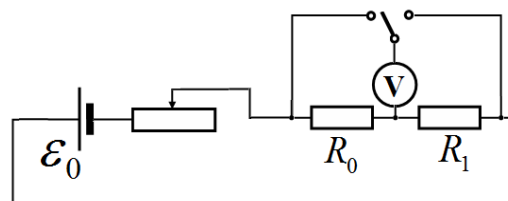


Схема показана на рисунке

1. Измеряемые величины и расчетные формулы

Измерены напряжения на эталонном U_0 и исследуемом резисторе U_1 . Измерения проводятся при максимальном сопротивлении переменного резистора.

Искомое сопротивление рассчитывается по формуле

$$R_1 = R_0 \frac{U_1}{U_0}$$

1.3 Результаты измерений и полученные значения сопротивления резистора R_1

$$U_1 = 349 \text{ мВ}$$

$$U_0 = 257 \text{ мВ}$$

Сопротивление

$$R_1 = 0,69 \text{ Ом}$$

1.4 Сопротивление «холодной» лампочки

$$R_x = 4,30 \text{ Ом}$$

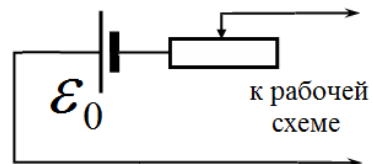
1.5 Схема источника питания.

К источнику последовательно подключается переменный резистор.

При параллельном подключении максимальная сила тока в цепи будет меньше.

Расчетные формулы

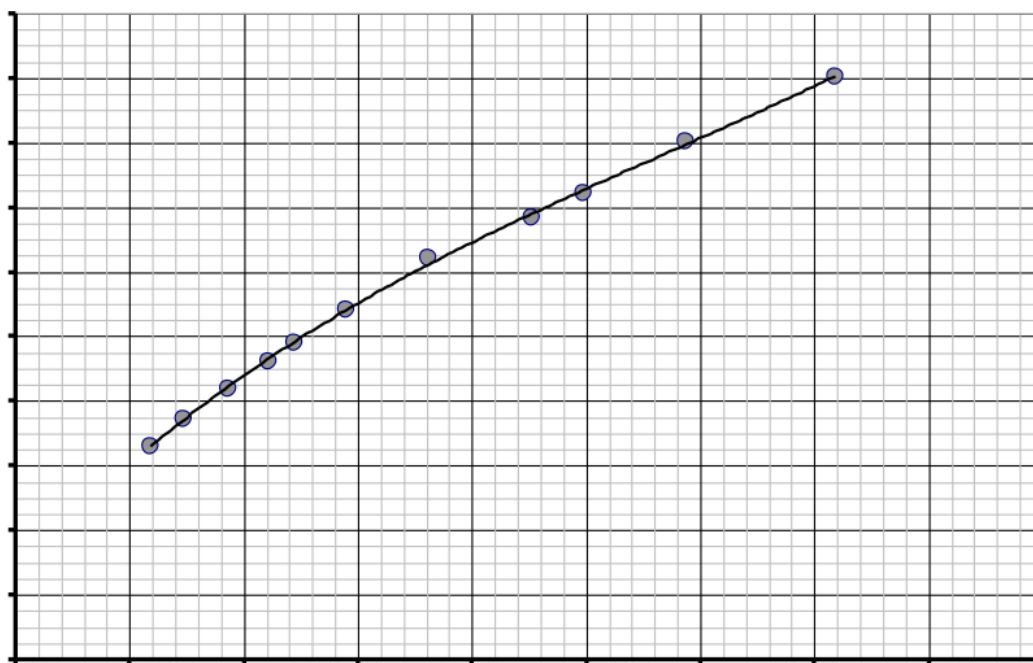
$$I_x = \frac{U_1}{R_1}; R_x = \frac{U_x}{I_x}; P_x = U_x I_x$$



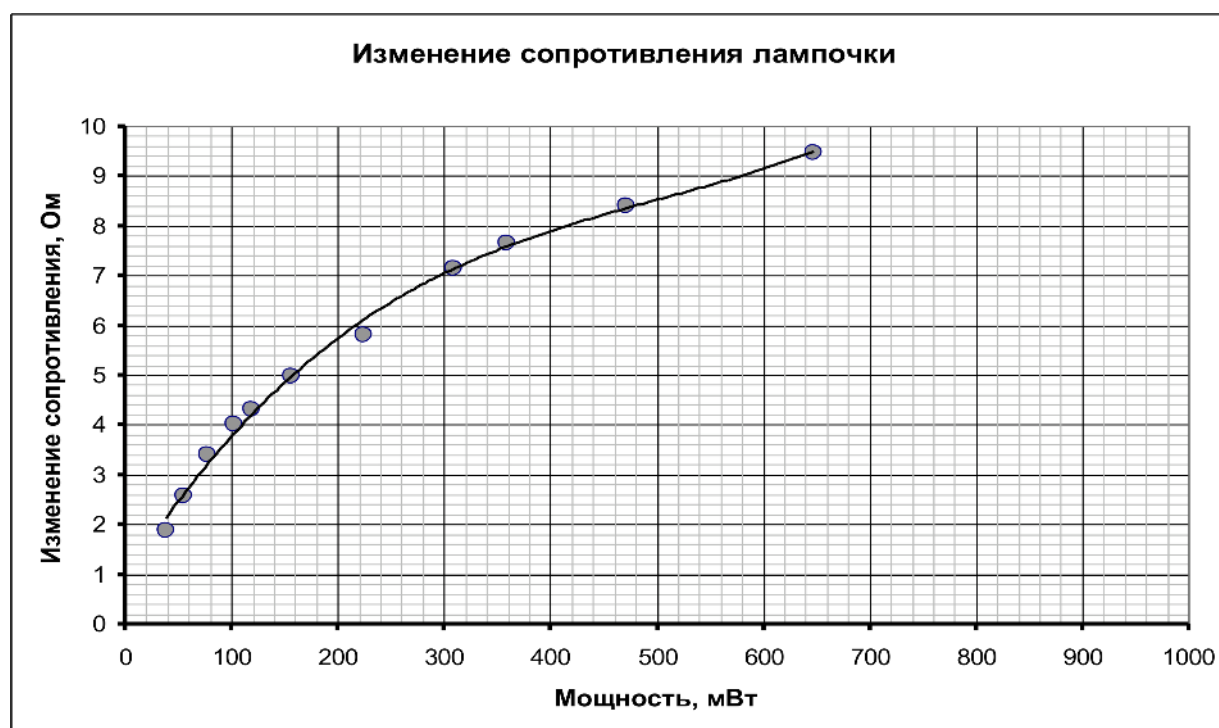
1.6 Таблица результатов и расчетов характеристик лампочки накаливания

U_1 , мВ	U_x , В	I_x , мА	R_x , Ом	ΔR_x , Ом	P_x , мВт
45,8	0,59	66,13	6,18	1,88	39,017
51,6	0,74	74,51	6,88	2,58	55,134
58	0,93	83,75	7,69	3,39	77,884
64	1,11	92,41	8,32	4,02	102,575
68	1,22	98,19	8,61	4,31	119,786
75	1,45	108,29	9,27	4,97	157,024
86	1,81	124,18	10,09	5,79	224,758
94,8	2,26	136,88	11,43	7,13	309,353
100	2,49	144,39	11,94	7,64	359,531
111	2,94	160,27	12,70	8,40	471,203
125	3,59	180,49	13,78	9,48	647,951
45,8	0,59	66,13	6,18	1,88	39,017
51,6	0,74	74,51	6,88	2,58	55,134
58	0,93	83,75	7,69	3,39	77,884
64	1,11	92,41	8,32	4,02	102,575
68	1,22	98,19	8,61	4,31	119,786
75	1,45	108,29	9,27	4,97	157,024
86	1,81	124,18	10,09	5,79	224,758
94,8	2,26	136,88	11,43	7,13	309,353

1.7 График ВАХ лампочки



1.8 График зависимость изменения сопротивления лампочки от мощности тока



1.9 Вывод, ответ на поставленный вопрос

Если сопротивление лампочки линейно зависит от температуры, а мощность пропорциональна разности температур нити накала и комнатной, то зависимость изменения сопротивления от мощности – линейна!

Получена нелинейная зависимость, поэтому высказанные предположения не оправдались.

Часть 2. Изучение маломощного резистора

2.1 Вывод формулы (1)

Из правил Кирхгофа следует:

потенциал в точке a равен $\phi_a = U \frac{R_{01} + \Delta R_1}{R_{01} + R_0}$

a в точке b $\phi_a = U \frac{kR_{01}}{kR_{01} + kR_0}$

Разность этих формул приводит к формуле $\Delta U = \phi_a - \phi_b = U \frac{R_{01}}{R_{01} + R_0}$.

Напряжение на эталонном резисторе равно $U_0 = U \frac{R_0}{R_{01} + R_0}$.

Из отношения этих напряжений следует приведенная формула

$$\Delta U = \frac{U_0}{R_0} \Delta R_1.$$

2.2 Результаты измерений характеристик маломощного резистора

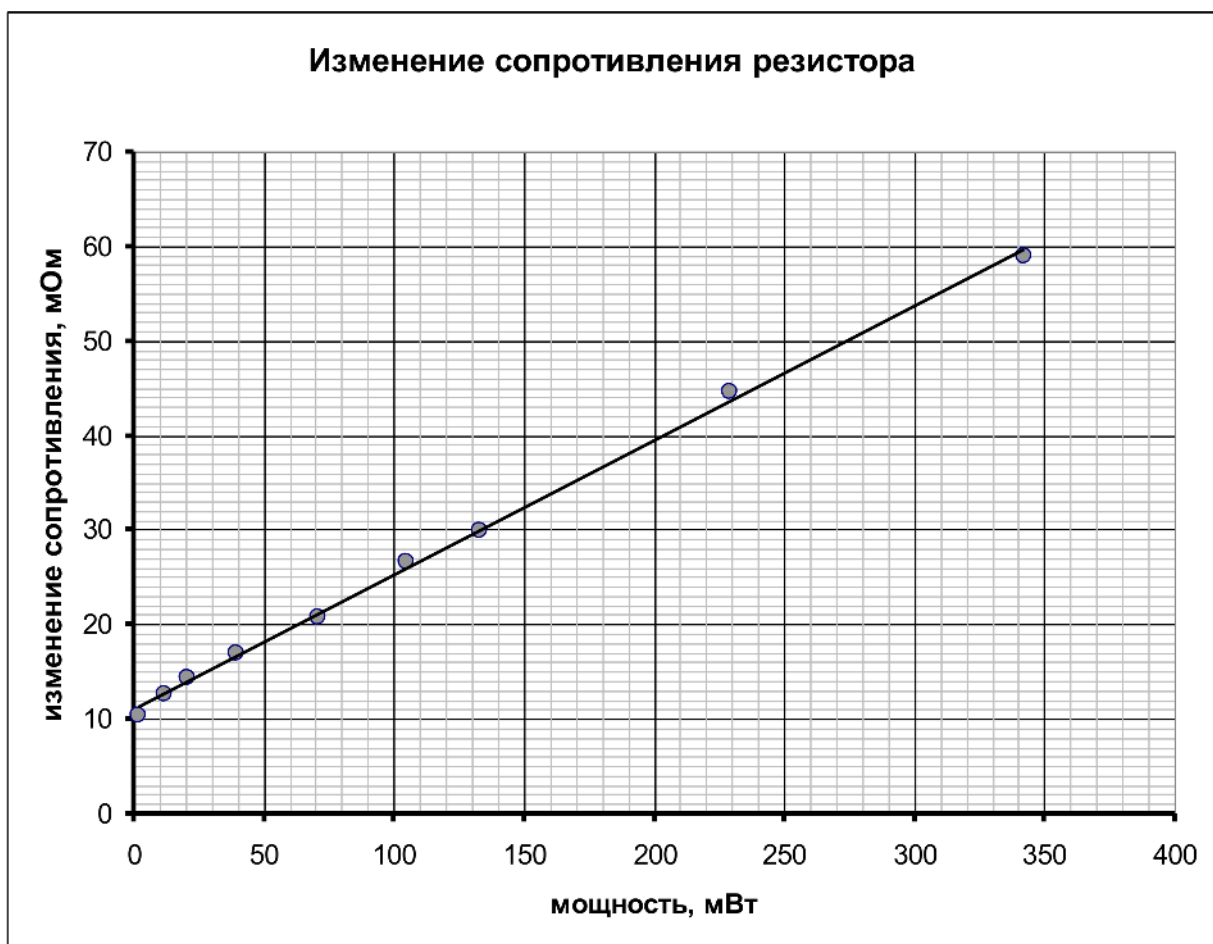
Таблица 2.

U_0 , мВ	ΔU , мВ	ΔR_1 , Ом	P , мВт
49	1,0	10,4	1,69
129	3,2	12,7	11,7
170	4,8	14,4	20,4
236	7,8	16,9	39,5
316	12,8	20,7	71,2
382	20,0	26,7	105,0
429	25,2	30,0	133,0
558	48,7	44,5	229,5
675	78,0	58,9	342,4

Формула для расчета мощности на исследуемом маломощном резисторе

$$P = \left(\frac{U_0}{R_0} \right)^2 (R_1 + \Delta R_1)$$

2.3 График зависимости изменения сопротивления резистора от мощности тока (мостиковая схема)



2.4 Вывод, ответ на поставленный вопрос

Так как полученная здесь зависимость линейная, то следует считать, что сопротивление резистора возрастает с ростом температуры, а мощность потерь в окружающую среду пропорциональна разности температур резистора и воздуха.