

Условие

Задача 3. Систематические погрешности электрических схем

При проведении измерений вольтамперных характеристик (ВАХ – зависимость силы тока через исследуемый элемент от напряжения на нем) используют различные электрические цепи. Одной из самых популярных схем является схема, показанная на рис. 1.

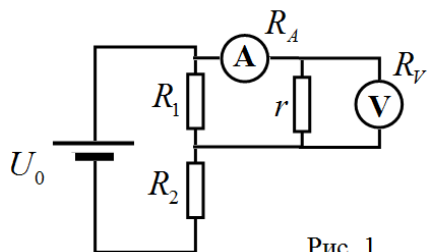


Рис. 1

При расчетах таких цепей часто используют различные приближения (считают, что сопротивление амперметра равно нулю, сопротивление вольтметра бесконечно большим и т.д.).

Такие приближения вносят систематические погрешности в проводимые расчеты и анализ полученных экспериментальных результатов.

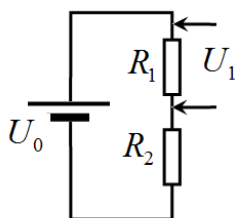
В данной задаче вам необходимо построить разумные оценки погрешностей, вносимых тем обстоятельством, что приборы являются не идеальными.

При расчетах рекомендуем использовать приближенную формулу, справедливую при малых x :

$$\frac{1}{1+x} \approx 1-x. \quad (1)$$

Часть 1. Погрешность делителя напряжения.

а)



б)

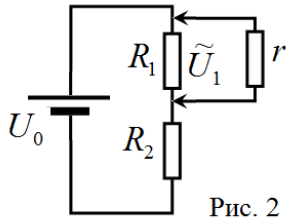


Рис. 2

На рис. 2а показана схема делителя напряжения на двух резисторах, сопротивления которых равны R_1, R_2 . Изменяя сопротивления этих резисторов, можно изменять напряжение U_1 на резисторе R_1 . При подключении к этому резистору исследуемой схемы с общим сопротивлением r (Рис. 2б), напряжение на резисторе R_1 изменяется и принимает некоторое значение $\tilde{U}_1$. Однако, в некоторых случаях различием между U_1 и $\tilde{U}_1$ пренебрегают.

1.1 Рассчитайте значения напряжений U_1 и $\tilde{U}_1$.

1.2 Рассчитайте, при каком значении сопротивления исследуемой цепи r относительное изменение напряжения $\varepsilon_V = \left| \frac{U_1 - \tilde{U}_1}{U_1} \right|$ не превышает 1%. Получите формулу в общем виде и проведите численный расчет при $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$.

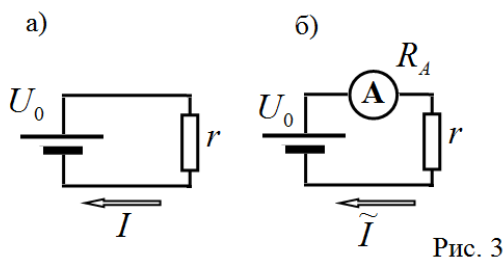


Рис. 3

Часть 2. Погрешность, вносимая амперметром В цепи, показанной на рис. 3а, обозначим силу тока в цепи I . При подключении амперметра сила тока в цепи изменяется и становится равной $\tilde{I}$.

2.1 Рассчитайте, при каком значении сопротивления амперметра R_A относительное изменение силы тока в цепи $\varepsilon_A = \left| \frac{I - \tilde{I}}{I} \right|$ не превышает 1%. Получите формулу в общем виде и проведите численный расчет при $r = 10$ Ом.

Часть 3. Погрешность, вносимая вольтметром. Для измерения напряжения используется схема, показанная на рис. 4б. При отсутствии вольтметра напряжение на резисторе R_1 равно U_1 , при подключении вольтметра с сопротивлением R_V , напряжение на этом резисторе становится равным $\tilde{U}_1$.

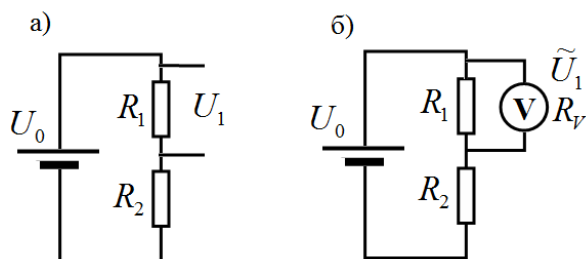


Рис. 4

3.1 Рассчитайте, при каком значении сопротивления исследуемой цепи r относительное изменение напряжения $\varepsilon_V = \left| \frac{U_1 - \tilde{U}_1}{U_1} \right|$ не превышает 1%. Получите формулу в общем виде и проведите численный расчет при $R_1 = R_2 = 10$ Ом.

Часть 4. Корректировка измеренной ВАХ С помощью схемы, приведенной на рис. 1, проведено измерение зависимости силы тока, которое показывает амперметр $\tilde{I}$, от показаний вольтметра $\tilde{U}$ для некоторого нелинейного элемента r (его сопротивление не постоянно, а изменяется при изменении напряжения). Сопротивление вольтметра $R_V = 2,0$ кОм, сопротивление амперметра $R_A = 2,0$ Ом. На отдельном бланке (на следующей странице) приведен график измеренной зависимости. Для вашего удобства в Таблице 1 приведены численные значения этих величин, по которым построен график. **4.1** На этом же бланке постройте скорректированный график ВАХ исследуемого элемента (зависимость силы тока через этот элемент I от напряжения на этом элементе U).

На этом же листе приведите расчетные формулы, по которым Вы провели корректировку графика, необходимые расчеты можете провести в свободных графах Таблицы 1. Не забудьте сдать этот Бланк!

Бланк к задаче 3 (Часть 4)

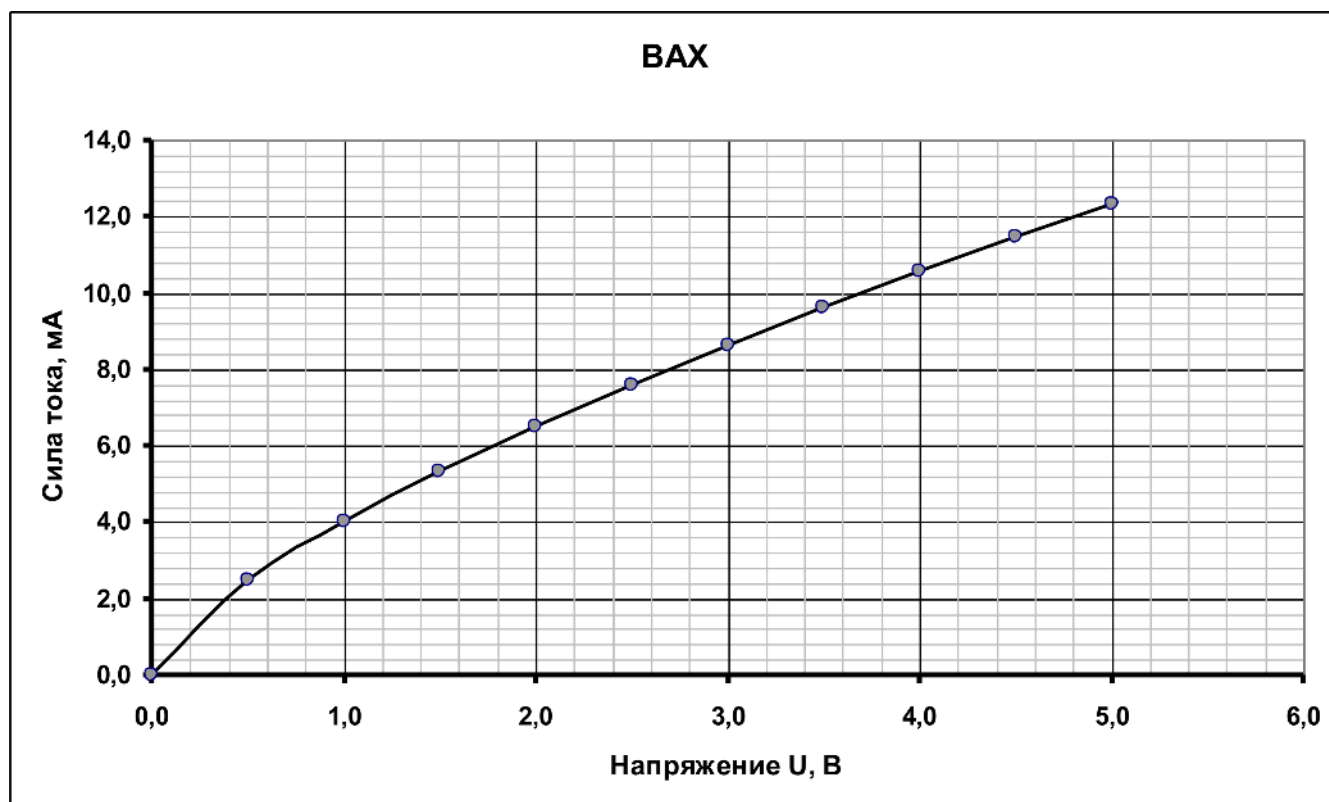


Таблица 1.

$\tilde{U}$, В	$\tilde{I}$, мА				
0,00	0,00				
0,50	2,46				
1,00	4,00				
1,50	5,31				
2,00	6,50				
2,50	7,60				
3,00	8,63				
3,50	9,61				
4,00	10,56				
4,50	11,46				
5,00	12,34				

Расчетные формулы:

Республиканская физическая олимпиада

2021 год

(Заключительный этап)

Теоретический тур