

Физика

Условие

Заключительный этап республиканской олимпиады по учебному предмету «Физика» 2020-2021 учебный год

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.

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.

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 $R_1 = R_2 = 10$ Ом.

4

Заключительный этап республиканской олимпиады по учебному предмету «Физика» 2020-2021 учебный год

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 $\tilde{U}_1$.

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!

5

Заключительный этап республиканской олимпиады по учебному предмету «Физика» 2020-2021 учебный год

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:

6