

Задача 2.

Показания цифрового омметра с пределом шкалы 1000 Ом — $R = 910$ Ом. Из паспортных данных прибора известно, что систематическая погрешность составляет $\pm (0,2\% + \text{стоимость } 1 \text{ единицы младшего разряда кода } R)$, дополнительная температурная погрешность $\Delta R_t = \pm 1$ Ом, среднеквадратическое отклонение случайной погрешности $S = 0,7$ Ом. Записать результат измерения.

При показании омметра $R = 910$ Ом и пределом измерения 1000 Ом

Систематическая погрешность $\pm(0,2 \% + 1) = \pm 3$ Ом

Дополнительная температурная погрешность $\Delta R_t = \pm 1$ Ом

Полная инструментальная погрешность в этом случае равна:

$$Q(P)=\kappa = 1,1 \cdot \sqrt{3^2 + 1^2 + 0,7^2} = 3,6 \text{ Ом}$$

Результат измерения $R = 910$ Ом; $\Delta = \pm 3,6$ Ом

Задача 3.

Вольтметр имеет предел измерения $U_{\text{шк}1} = 1$ В, класс точности $\gamma_1 = 1.0$, входное сопротивление $R_v = 1$ кОм.

Рассчитать величину и допустимую относительную погрешность добавочного сопротивления, необходимого для изменения предела измерения до $U_{\text{шк}2} = 10$ В и достижения общего класса точности $\gamma_2 = 0.5$.

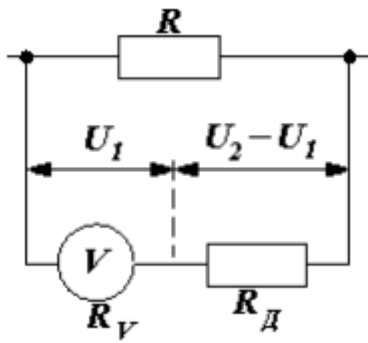
Любой измерительный прибор характеризуется пределом измерений, ценой деления и чувствительностью. Пределом измерения называется наибольшее значение измеряемой данным прибором величины. Значение измеряемой величины у ряда приборов регистрируется по положению стрелочного или иного вида указателя относительно измерительной шкалы. Измерительная шкала делится на определённое количество делений. Ценой деления прибора называется значение измеряемой величины,

соответствующее наименьшему делению шкалы прибора. Цена деления определяется как отношение предела измерения прибора к полному числу делений его шкалы. Чувствительность прибора – величина, обратная цене деления. Она характеризуется числом делений шкалы, соответствующим единице измеряемой величины и определяется как отношение полного числа делений шкалы прибора к его пределу измерения. При пользовании электроизмерительными приборами особенно важно в первую очередь установить его предел измерения и цену деления. Попытка измерения электрической величины прибором с меньшим по сравнению с измеряемой величиной пределом измерения приведёт к порче прибора, а неправильное определение цены деления прибора приведет к ошибочному результату измерения. Практическим требованием к вольтметру является условие значительного преобладания его внутреннего сопротивления над сопротивлением исследуемого участка цепи.

При расширении пределов измерения амперметров и вольтметров используются законы последовательно и параллельного соединения проводников.

Пусть имеется вольтметр с внутренним сопротивлением R_V и пределом измерения U_1 . Необходимо расширить предел измерения до U_2 , т.е. в n_2 раз, где $n_2 = U_2 / U_1$. Выполним это с помощью дополнительного сопротивления R_d , подключив его последовательно с вольтметром. Для нахождения R_d воспользуемся законами последовательного соединения для случая измерения предельного напряжения U_2 и учитывая, что к вольтметру не может быть приложено напряжение больше U_1 . Ток, текущий через вольтметр и добавочное сопротивление одинаков, поэтому

$IR_V + IR_d = U_2 = n_2 U_1 = n_2 IR_V$, откуда $R_d = R_V (n_2 - 1)$. Таким образом, величина дополнительного сопротивления должна быть в $(n_2 - 1)$ раз больше внутреннего сопротивления прибора.



Подставим наши значения

$$n_2 = U_2 / U_1 = 10 / 1 = 10$$

$$R_D = R_V (n_2 - 1) = 9 \text{ кОм}$$

Для данного вольтметра наибольшая абсолютная погрешность определяется умножением верхнего предела измерений на класс точности, делённый на 100. То есть

$$10 \cdot 0.5 / 100 = 0.05 \text{ В.}$$

Действительное значение тока в цепи

$$I = E / (r_0 + r) = 10 / (1000 + 9000) = 0,0010 \text{ А.}$$

Значение тока без учета внутреннего сопротивления

$$I = E / r = 10 / 9000 = 0,0011 \text{ А.}$$

Относительная погрешность

$$\gamma_I = (0,0011 - 0,0010) / 0,0010 \cdot 100 = 11,1 \text{ \%}.$$

Задача 4.

При многократных измерениях ёмкости получены следующие результаты:

$$40; 40.4; 40.8; 39.2; 39.6; 40; 39.6; 40.4; 36.8; 40 \text{ пФ .}$$

Записать результат измерения при доверительной вероятности $P_D = 0.95$

Вычислим сумму результатов измерений

$$\Sigma C_i = 396,8 \text{ пФ}$$

Среднее значение

$$\bar{C}_{\square} = 396.8/10 = 39,68 \text{ пФ}$$

Вычисляем оценку СКО результатов измерения

Величина	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_i	40,0	40,4	40,8	39,2	39,6	40,0	39,6	40,4	36,8	40,0
$C_i - \bar{C}$	0,32	0,72	1,12	-0,48	-0,08	0,32	-0,08	0,72	-2,88	0,32
$(C_i - \bar{C})^2$	0,10	0,52	1,25	0,23	0,01	0,10	0,01	0,52	8,34	0,10

$$\Sigma(C_i - \bar{C})^2 = 11,18 \text{ пФ}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{11,18}{10-1}} = \sqrt{1,24} = 1.11 \text{ пФ}$$

$$\text{СКО } S_{\text{ср.}} = \frac{1,11}{\sqrt{10}} = 0,35 \text{ пФ}$$

По таблице коэффициентов Стьюдента найдем значение t для доверительной вероятности $P = 0,95$ и числа наблюдений $n = 10$.

$$t = 2,26$$

Найдем границы доверительного интервала случайной составляющей погрешности измерения: $\Delta = 2,26 \cdot 0,35 = 0,791 \approx 0,8 \text{ пФ}$

Результат измерения емкости:

$$C = 39,7 \text{ пФ}; \Delta = \pm 0,8 \text{ пФ}; P = 0,95$$