

Лабораторная работа № 1.

Расчет погрешностей емкости с помощью коэффициента Стьюдента.

Расчет погрешности измерения мощности и сопротивления

Цели занятия:

1. **Общеобразовательная** – Умение решать задачи по теме погрешности.
2. **Развивающая** - Углубление знаний .
3. **Воспитательная** – Проверить сформированность качеств знаний.

Теоретическая часть

Отклонение результата измерения от истинного измеряемой величины называют **погрешностью** измерения.

Абсолютная погрешность измерения ΔA равна разности между результатом измерения A_x и истинным значением измеренной величины A :

$$\Delta A = A_x - A \quad (1)$$

Действительная относительная погрешность δ_d представляет собой отношение абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины, выраженное в процентах:

$$\delta_d = \frac{\Delta A}{A_d} \cdot 100\% \quad (2)$$

Номинальная относительная погрешность, равная отношению абсолютной погрешности к измеренному значению исследуемой величины, т.е. к показанию прибора

$$\delta_n = \frac{\Delta A}{A_{изм}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Приведенная относительная погрешность измерения представляет собой отношение абсолютной погрешности измерения к максимальному значению измерительного прибора

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_{макс}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Для приборов с двухсторонней шкалой $A_{макс}$ определяется как сумма абсолютных величин положительного и отрицательного пределов измерения.

Если шкала начинается не с нуля, а с какого-то минимального значения, то $A_{макс}$ равно разности между конечным и начальным значениями шкалы.

Случайными называются погрешности, изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Случайные погрешности нельзя исключить

опытным путем, т. к. они возникают случайно. Для того, чтобы исключить случайные погрешности производят неоднократные измерения и определяют среднее арифметическое из полученных значений, определяемое как

$$A_{cp} = \frac{(a_1 + a_2 + \dots + a_n)}{n},$$

где a_1, a_2, \dots, a_n – результаты отдельных измерений;

n – число измерений.

Для оценки точности результата измерений необходимо знать закон распределения случайных погрешностей, таким законом является нормальный закон Гаусса. Среднее квадратическое отклонение может быть выражено через случайные отклонения результатов наблюдения P :

$$\delta = \sqrt{(P_1^2 + P_2^2 + P_n^2)/(n-1)}$$

где $P_1 = a_1 - A_{cp}$; $P_2 = a_2 - A_{cp}$; $P_n = a_n - A_{cp}$.

Этот способ определения доверительных интервалов справедлив только для больших количеств измерений (>20-30). Для небольшого количества измерений для определения доверительного интервала нужно пользоваться коэффициентами Стьюдента t_n , которые зависят от задаваемой доверительной вероятности P и количества измерений n .

Для определения доверительного интервала среднюю квадратическую погрешность δ_A надо умножить на коэффициент Стьюдента. Окончательный результат измерения можно записать так:

$$A = A_{cp} \pm t_n \delta_A$$

Контрольное задание

Задача 1. Для уменьшения влияния случайных погрешностей на результат измерения, емкость конденсатора C измерялась многократно в одинаковых условиях (таблица 1). Считая, что случайные погрешности имеют нормальный закон распределения, определить на основании заданного количества измерения (табл. 1, табл. 2):

- Действительное значение измеряемой емкости;
- Среднюю квадратическую и максимальную погрешности однократного измерения;
- Доверительный интервал для результата измерения при доверительной вероятности P_d (табл.3).
- Имеется ли систематическая составляющая в погрешности измерения емкости и с какой доверительной вероятностью ее можно оценить, если принять в качестве действительного значения емкости значения C_{cp} (таб.1, таб.2).

Таблица 1

№№из мере ния	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
С, пФ	2430	2440	2435	2438	2439	2441	2438	2440	2441	2439
№№из мере ния	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
С, пФ	2500	2564	2550	2480	2450	2528	2440	2556	2562	2550

Таблица 2

№ вари анта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№№из мере ния	1-3	6-10	2-6	1-4	2-8	2-4	7-9	4-7	3-5	5-7
С ₀ , пФ	2428	2429	2430	2432	2436	2424	2440	2441	2440	2442
Р _д	0,89	0,9	0,99	0,95	0,85	0,94	0,97	0,9	0,96	0,98
№ вари анта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
№№из мере ния	11-14	12-15	16-19	13-16	14-17	17-20	15-18	11-13	12-16	15-20

Примечание. Количество и номера наблюдений значений емкости для каждого варианта определяются данными таблицы 1 и 2, например для варианта 1 следует взять результаты измерений 1-3 табл.2.

Указания к решению

1. Для удобства выполнения и проверки расчетов по заданию целесообразно представить промежуточное вычисление в виде таблицы

Таблица 3

№№ пп	№№ наблюдения	С _і , пФ	С _і – С _{ср} , пФ	(С _і – С _{ср}) ² , пФ
1				
2				
3				
4				
		Сумма С _і , пФ	Сумма С _і – С _{ср} , пФ	Сумма (С _і – С _{ср}) ² , пФ

2. Далее определить среднеквадратическую погрешность :

$$\delta = \sqrt{(P_1^2 + P_2^2 + P_n^2)/(n-1)}$$

3. По таблице (4) определить коэффициент Стьюдента.
4. В конце решения следует записать окончательный (с учетом округления) результат измерения в требуемой форме, например: $C = 1231 \pm 12$ пФ, Р

Задание 2. Используя формулы (1-7 примера) произвести расчет абсолютной и относительной погрешностей измерения мощности и сопротивления. Расчет выполняется в соответствии с вариантами указанными в задании.

Задача 1. Для определения сопротивления резистора и мощности, выделяемой на этом сопротивлении, измерены напряжение и ток. Зная основные параметры измерительных приборов (амперметра и вольтметра), определить ошибку косвенных измерений мощности и сопротивления.

Пример. Определить абсолютную и относительную погрешности измерения мощности, выделяемой на резисторе, если известны показания вольтметра класс точности $K_v = 2,5$, номинальное значение $U_{max} = 150$ В, показание 120 В и амперметра – класс точности $K_A = 1,0$, номинальное значение шкалы 10 мА, показания 6 мА.

Решение:

1. Определяем мощность $P = U \cdot I$ (Вт)

2. Абсолютная ошибка измерения напряжения, В

$$\Delta U_{max} = K_v \cdot U_{max} / 100 = 2,5 \cdot 150 / 100 = 3,75 \text{ В}$$

3. Абсолютная ошибка измерения тока, мА

$$\Delta I = K_A \cdot I_{max} / 100 = 1,0 \cdot 10 / 100 = 0,1 \text{ мА}$$

4. В соответствии с таблицей абсолютная ошибка измерения мощности, Вт

$$\Delta P = \pm [U^2 (\Delta I)^2 + I^2 (\Delta U)^2]^{1/2} = \pm [I^2 (\Delta U)^2 + U^2 (\Delta I)^2]^{1/2} = 25,5 \text{ Вт}$$

$$\text{Относительная ошибка } \delta_P = [(\Delta I / I)^2 + (\Delta U / U)^2]^{1/2} = 0,036$$

5. Формула для сопротивления $R = U / I$

$$\Delta R = \pm [(U^2 (\Delta I)^2 + I^2 (\Delta U)^2) / U^4]^{1/2} \text{ Ом}$$

7. Относительная погрешность

$$\delta_R = \pm [(\Delta I / I)^2 + (\Delta U / U)^2]^{1/2}$$

Примечание:

1. Для вычисления погрешностей измерения мощности используются формулы 1,2,3,4,

2. Для вычисления погрешностей измерения сопротивления используются формулы 2,3,5,6,7.

Формулы для выполнения контрольной работы и письменного экзамена по предмету «Электрические измерения»

1. Абсолютная погрешность измерения

$$\Delta A = A_x - A$$

2. Действительная относительная погрешность

$$\delta_H = \frac{\Delta A}{A_D} \cdot 100\%$$

3 Номинальная относительная погрешность

$$\delta_H = \frac{\Delta A}{A_{изм}} \cdot 100\%$$

4. Приведенная относительная погрешность

$$Y = \frac{\Delta A}{A_{макс}} \cdot 100\%$$

5. Сопротивление шунта

$$R_{ш} = R_A / P - 1 \text{ (Ом)}$$

6. Добавочное сопротивление

$$R_{доб} = R_V * (P - 1) \text{ (Ом)}$$

7 Коэффициент трансформации по току:

$$K_i = I_1 / I_2$$

8 Коэффициент трансформации по напряжению:

$$K_U = U_1 / U_2$$

9. Ток сети:

$$I_C = K_i * I \text{ (А)}$$

10 Напряжение сети:

$$U_C = K_U * U \text{ (В)}$$

11 Активная мощность сети:

$$P_C = K_i * K_U * P \text{ (Вт)}$$

12 Реактивная мощность сети :

$$Q = U * I * \sin \varphi \text{ (Вар)}$$

13 Полная мощность сети:

$$S = U * I \text{ (ВА)}$$

14. Полное сопротивление сети :

$$Z_C = U_C / I_C \text{ (Ом)}$$

15 Коэффициент мощности:

$$\cos\varphi = P_C / S_C$$

16 Номинальная постоянная счетчика:

$$C_{НОМ} = W_{НОМ} / N_{НОМ} \text{ (Вт*с/об)}$$

17 Действительная постоянная счетчика:

$$C = (U * I * t / N) \text{ (Вт*с/об)}$$

18 Поправочный коэффициент:

$$K = C / C_{НОМ}$$

18 Относительная погрешность счетчика

$$B = [(C_{НОМ} - C) / C_{НОМ}] * 100\%$$