

Практическая работа № 3

Элементы систем автоматики

В данной практической работе необходимо ознакомиться с примерами решения аналогичных задач и решить 4 задачи. Перед решением необходимо привести условия задачи с параметрами, выбранными из таблиц согласно варианту. Номер варианта определяется последней цифрой вашего логина

Цели работы:

Научиться рассчитывать параметры потенциометрического, индуктивного, термоэлектрического и пьезоэлектрического датчиков.

Задача №1. Рассчитать параметры потенциометрического датчика

Пояснения к работе:

Потенциометрический датчик представляет собой реостат, включенный по схеме потенциометра. Потенциометрический датчик преобразует механические перемещения в изменения сопротивления реостата. Расчет потенциометра сводится к расчету сопротивлений: определяются размеры каркаса для намотки, диаметр провода обмотки, количество витков, шаг намотки.

Основные формулы и пример решения:

1) рабочая длина каркаса: $L = \alpha D \pi / 360$ (мм), (1)

где L - рабочая длина каркаса; α - угол поворота; D - средний диаметр каркаса.

2) минимальное число витков: $n = 100 / \delta_p$ (витков), (2)

где n - минимальное число витков; δ_p - разрешающая способность (%).

3) шаг намотки: $\tau = L / n$ (мм), (3)

где τ – шаг намотки.

4) диаметр провода с изоляцией: $d_n = \tau - 0,015$ (мм), (4)

где d_n – диаметр провода с изоляцией.

$$5) \text{ коэффициент нагрузки: } \beta = \frac{R_n}{R} = \frac{1 - \delta_{\max}}{4\delta_{\max}}, \quad (5)$$

где β - коэффициент нагрузки; δ_{\max} - максимальная погрешность.

$$6) \text{ сопротивление потенциометра: } R = R_n / \beta \text{ (Ом)}, \quad (6)$$

где R - сопротивление потенциометра.

$$7) \text{ высота каркаса: } H = \frac{\pi R d^2}{8\rho n} - b, \text{ (мм)}, \quad (7)$$

где H - высота каркаса, ρ - удельное сопротивление, b - толщина каркаса.

Пример расчета:

Исходные данные:

$R_n = 4400 \text{ Ом}$, $\delta_{\max} = 2,5 \%$, $U = 26 \text{ В}$, $D = 45 \text{ мм}$, $\alpha = 330$, $b = 2 \text{ мм}$, $\delta_p = 0,25 \%$, $\rho = 0,49 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Решение:

$$1) L = 330 \cdot 45 \cdot 3,14 / 360 = 129,5 \text{ (мм)};$$

$$2) n = 100 / 0,25 = 400 \text{ (витков)};$$

$$3) \tau = 129,5 / 400 = 0,324 \text{ (мм)};$$

$$4) d_{\text{и}} = 0,324 - 0,015 = 0,309 \text{ (мм) (с учетом изоляции)};$$

$$5) \text{ Выбираем } d \approx 0,3 \text{ (мм)} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ (м)};$$

$$6) \beta = (1 - 0,025) / (4 \cdot 0,025) = 9,75;$$

$$7) R = 4400 / 9,75 = 451,3 \text{ (Ом)};$$

$$8) H = \{ [3,14 \cdot 451,3 \cdot (0,3 \cdot 10^{-3})^2] / (8 \cdot 0,49 \cdot 10^{-6} \cdot 400) \} - 0,002 = 0,0793 \text{ (м)} = 79,3 \text{ (мм)}.$$

Задача для самостоятельного решения №1:

Рассчитать параметры потенциометрического датчика. Исходные данные для расчета взять из таблицы 1, согласно варианту.

Таблица 1

№ варианта	R_n (Ом)	δ_{\max} (%)	U (В)	D (мм)	α град.	B (мм)	δ_p (%)	$\rho \cdot 10^{-6}$ (Ом·м)
1	4400	2,1	26	49	330	2,0	0,21	0,42
2	4400	2,0	24	50	300	1,8	0,2	0,49
3	2200	3,0	24	55	300	2,5	0,2	0,42
4	2200	2,7	24	47	300	1,5	0,23	0,49
5	2200	2,7	26	47	330	1,5	0,23	0,49
6	2200	2,3	26	52	330	2,3	0,25	0,42
7	2200	2,0	26	50	330	1,8	0,2	0,49
8	4400	3,0	26	55	330	2,5	0,2	0,42
9	4400	2,3	24	52	300	2,3	0,25	0,42
10	4400	2,1	24	49	300	2,0	0,21	0,42

Результаты расчета свести в таблицу 2.

Таблица 2

L (мм)	n (вит)	τ (мм)	$d_{\text{и}}$ (мм)	β	R (Ом)	H (мм)

Задача №2: Определить параметры термоэлектрического датчика.

Пояснения к работе:

Термоэлектрический датчик – датчик генераторного типа. Термоэлектрический датчик представляет собой цепь, состоящую из двух разнородных металлов. Проводники называются термоэлектродами, стыки – спаями, а возникающая при нагреве спая ЭДС – термо-ЭДС. Спай, температура которого поддерживается постоянной, называется холодным, а спай, соприкасающийся с измеряемой средой, – горячим. По величине термо-ЭДС можно судить о разности температур горячего и холодного спаев, и если известна температура холодного спая, то можно определить температуру горячего спая.

1) величина термо-ЭДС: $E_{mn} = U_m \frac{R_m + R_{вн}}{R_m}$ (мВ), (8)

где $E_{тп}$ – термо-ЭДС,

2) перепад температуры: $t_{пер} = E_{тп} 100 / E_{таб.}$ (град.), (9)

где $t_{пер}$ - перепад температуры.

3) температура горячего конца термопары: $t_1 = t_{пер} + t_0$ (град.), (10)

где t_0 - температура холодного конца термопары.

4) при точном расчете термо-ЭДС вводится поправка на температуру холодного конца термопары: $E_n = \frac{E_{таб.} t_0}{100}$ (мВ) (11)

5) расчетная термо-ЭДС: $E_p = E_{тп} + E_n$ (мВ). (12)

Пример расчета:

Исходные данные:

$R_m = 130 \text{ Ом}; R_{вн} = 10 \text{ Ом}; t = 15^\circ\text{C}; U_m = 24 \text{ мВ}; E_{табл.} = 6,95 \text{ мВ};$

Решение:

1) $E_{тп} = 24(130+10) / 130 = 26 \text{ мВ};$

2) $t_{пер} = 26 \cdot 100 / 6,95 = 374 \text{ }^\circ\text{C};$

3) $t_1 = 374 + 15 = 389^\circ\text{C};$

4) $E_{\text{н}} = 6,95 * 15 / 100 = 1,04 \text{ мВ};$

5) $E_{\text{р}} = 26 + 1,04 = 27,04 \text{ мВ}.$

Задача для самостоятельного решения №2:

Определить параметры термоэлектрического датчика. Исходные данные для расчета взять из таблицы 1, согласно варианту.

Таблица 1

№ варианта	R_m (Ом)	$R_{вн}$ (Ом)	t (град)	U_m (мВ)	$E_{табл.}$ (мВ)
1	160	10	25	24	6,95
2	120	10	5	24	6,95
3	130	10	10	24	6,95
4	140	9	15	24	6,95
5	130	10	10	24	6,95
6	140	9	15	24	6,95
7	150	8	20	24	6,95
8	120	10	5	24	6,95
9	160	10	25	24	6,95
10	150	8	20	24	6,95

Результаты расчета свести в таблицу 2.

Таблица 2

$E_{тп}$ (В)	$t_{пер}$ (град)	t_1 (град)	$E_{п}$ (В)	$E_{р}$ (В)

Задача 3. Определение основных параметров индуктивного датчика

Рассчитать индуктивность индуктивного датчика при различных воздушных зазорах сердечника.

Пояснения к работе

Индуктивные датчики преобразуют механическое перемещение в изменение параметров магнитной и электрической цепей. Принцип действия индуктивных датчиков основан на изменении индуктивности L или взаимоиנדуктивности M обмотки с сердечником вследствие изменения магнитного сопротивления R_m магнитной цепи, в которую входит сердечник.

1) последовательность преобразований:

$$F \rightarrow \delta_v \rightarrow R_m \rightarrow L \rightarrow X_L \rightarrow Z \rightarrow I,$$

где F - усилие; δ_v - длина воздушного зазора; R_m - магнитное сопротивление; L - индуктивность; X_L - индуктивное сопротивление; Z - полное сопротивление; I - ток.

2) индуктивность датчика:
$$L = \frac{2}{\delta_g} \pi \cdot n^2 \cdot S_m \cdot 10^7, \text{ (Гн)}$$

где L - индуктивность датчика, δ_v - длина воздушного зазора; n - число витков; S_m - площадь поперечного сечения магнитопровода.

Пример расчета

Исходные данные:

$$\delta_{B1} = 0,4 \text{ мм} = 0,0004 \text{ м} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}; \delta_{B2} = 0,6 \text{ мм} = 0,0006 \text{ м} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м};$$

$$\delta_{B3} = 0,8 \text{ мм} = 0,0008 \text{ м} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}; S_m = 40 \text{ мм}^2 = 0,00004 \text{ м}^2; n = 16000$$

ВИТКОВ.

Решение:

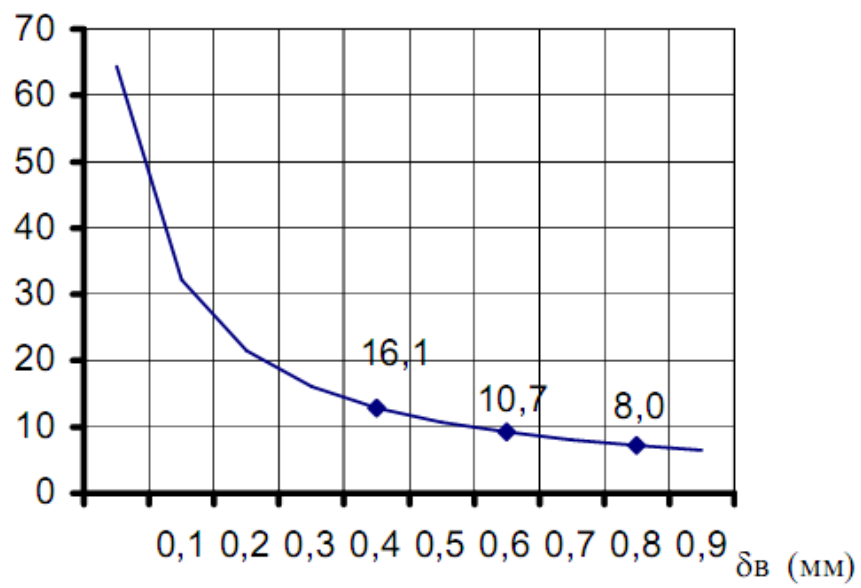
$$L_1 = (2 / 0,0004) \cdot 3,14 \cdot 16000^2 \cdot 0,00004 \cdot 10^7 = 16,1 \text{ (Гн)}$$

$$L_2 = (2 / 0,0006) \cdot 3,14 \cdot 16000^2 \cdot 0,00004 \cdot 10^7 = 10,7 \text{ (Гн)}$$

$$L_3 = (2 / 0,0008) \cdot 3,14 \cdot 16000^2 \cdot 0,00004 \cdot 10^7 = 8 \text{ (Гн)}$$

Построить график $L = f(\delta_B)$

$L(\Gamma_n)$



Задача для самостоятельной работы №3:

Определить индуктивность датчика в зависимости от длины воздушного зазора. Исходные данные для расчета взять из таблицы 1, согласно варианту.

Таблица 1

№ варианта	δ_{B1} , (мм)	δ_{B2} , (мм)	δ_{B3} , (мм)	S_m , (мм ²)	n
1	0,5	0,7	0,9	30	16500
2	0,3	0,5	0,7	40	12000
3	0,4	0,6	0,8	50	12000
4	0,4	0,6	0,8	50	16000
5	0,3	0,5	0,7	60	15500
6	0,3	0,5	0,7	60	12000
7	0,4	0,6	0,8	30	12000
8	0,3	0,5	0,7	40	16000
9	0,4	0,6	0,8	30	16500
10	0,5	0,7	0,9	30	12000

Результаты расчета свести в таблицу 2.

Таблица 2

L_1 (Гн)	L_2 (Гн)	L_3 (Гн)

Построить график $L = f(\delta_s)$

Задача №4. Определить параметры обмотки индуктивного датчика.

Пояснения к работе

1. Угловая частота переменного тока: $\omega = 2\pi f$, (1/сек) (2)

где f - частота.

2. Индуктивность датчика: $L = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim} \cdot \omega}$, (Гн) (3)

где U_{\sim} - переменное напряжение, I_{\sim} - переменный ток, ω - угловая частота.

3. Число витков: $n = \sqrt{\frac{L \delta_v \cdot 10^7}{2\pi S_m}}$, (ВИТКОВ) (4)

где S_m - площадь поперечного сечения магнитопровода, δ_v - длина воздушного зазора.

4. Диаметр провода: $d = \sqrt{\frac{4I_{\sim}}{\pi \cdot \Delta_{доп}}}$, мм (5)

где $\Delta_{доп}$ - допустимая плотность тока

Пример расчета

Исходные данные:

$S_m = 200 \text{ мм}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $\delta_v = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $I = 10 \text{ мА} = 0,01 \text{ А}$, $\Delta_{доп} = 3 \text{ А/мм}^2$, $U = 220 \text{ В}$, $f = 400 \text{ Гц}$

Решение:

1. $\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 400 = 2512 \text{ (1/сек)}$

2. $L = 220 / 0,01 \cdot 2512 = 8,75 \text{ (Гн)}$

3. $n = \sqrt{\frac{8,75 \cdot 0,2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^7}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}} = 11800 \text{ (ВИТКОВ)}$

4. $d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,01}{\pi \cdot 3}} = 0,065 \text{ (мм)}$

Задача для самостоятельного решения №4:

Определить параметры обмотки датчика. Исходные данные для расчета взять из таблицы 1, согласно варианту.

Таблица 1

№ варианта	S_m (мм ²)	δ_b (мм)	I (мА)	$\Delta_{доп}$ (А/мм ²)	U (В)	f (Гц)
1	550	9	15	3.5	220	400
2	550	7	25	4	220	400
3	500	3	10	4	220	500
4	300	3	10	3.5	220	500
5	400	3	20	3.5	220	500
6	550	9	15	3.5	220	500
7	300	3	10	3.5	220	400
8	400	3	20	3.5	220	400
9	500	3	10	4	220	400
10	550	7	25	4	220	500

Результаты расчета свести в таблицу 2

Таблица 2

W (1/сек)	L (Гн)	n (ВИТКОВ)	d (мм)

Список литературы

1. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления.
- М.: «Форум - Инфра - М», 2002 г., -383с.