

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
Высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)  
Кафедра автотранспортной и техносферной безопасности

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

По дисциплине

Автоматическое управление, датчики и приборы

Составитель  
к.т.н., доц. Сабуров П.С.

Владимир 2016

## Практическая работа № 1

### Определение основных параметров потенциметрического и термоэлектрического датчиков

#### Цель работы:

- 1.1. Научиться рассчитывать параметры потенциметрического датчика;
- 1.2. Научиться рассчитывать параметры термоэлектрического датчиков.

#### Задача № 1. Рассчитать параметры потенциметрического датчика

##### Краткие теоретические сведения

Потенциметрический датчик представляет собой реостат, включенный по схеме потенциометра. Потенциметрический 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.

##### 1) Рабочая длина каркаса

$$L = \alpha D \pi / 360 \text{ (мм)}$$

L - рабочая длина каскада;

$\alpha$  - угол поворота

D - средний диаметр каркаса.

##### 2) Минимальное число витков

$$n = 100 / \delta p \text{ (\%)} \text{ (витков)}$$

n - минимальное число витков %;

$\delta p$  - разрешающая способность

##### 3) Шаг намотки

$$\tau = L n \text{ (мм)},$$

$\tau$  – шаг намотки

##### 4) Диаметр провода с изоляцией

$$d_n = \tau - 0,015 \text{ (мм)},$$

$d_n$  - диаметр провода с изоляцией.

### 5) Коэффициент нагрузки

$$\beta = R_H / R = \frac{1 - \delta_{\max}}{4\delta_{\max}}$$

$\beta$  - коэффициент нагрузки

$\delta_{\max}$  - максимальная погрешность

### 6) Сопротивление потенциометра

$$R = R_H / \beta \text{ (Ом)}$$

R - сопротивление потенциометра;

### 7) Высота каркаса

$$H = \left( \frac{\pi R d^2}{8 \rho n} \right) - b \text{ (мм)}$$

H - высота каркаса;

P - удельное сопротивление;

b - толщина каркаса.

### Исходные данные:

$$R_H = 4400 \text{ Ом,}$$

$$\delta_{\max} = 4,5 \%,$$

$$U = 26 \text{ В,}$$

$$D = 60 \text{ мм,}$$

$$\alpha = 330,$$

$$b = 2 \text{ мм,}$$

$$\delta_p = 0,3 \%,$$

$$\rho = 0,49 * 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{ м}$$

### Расчет:

$$1) L = 330 * 60 * 3,14 / 360 = 172,7 \text{ (мм);}$$

$$2) n = 100 / 0,3 = 333 \text{ (витков);}$$

$$3) \tau = 172,7 / 333 = 0,519 \text{ (мм);}$$

$$4) d_{и} = 0,519 - 0,015 = 0,504 \text{ (мм) (с учетом изоляции);}$$

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

$$5) \beta = (1 - 0,045) / (4 * 0,045) = 5,31;$$

$$6) R = 4400 / 5,31 = 828,6 \text{ (Ом);}$$

$$7) H = \{ [3,14 * 828,6 * (0,5 * 10^{-3})^2] / (8 * 0,49 * 10^{-6} * 333) \} - 0,002 = 0,4963 \text{ (м)} = 496,3 \text{ (мм)}$$

L (мм)	n (вит)	$\tau$ (мм)	$d_{и}$ (мм)	$\beta$	R (Ом)	H (мм)
172,7	333	0,519	0,504	5,31	828,6	496,3

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## **Задача № 2. Определить параметры термоэлектрического датчика**

### **Краткие теоретические сведения**

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**

$$E_{ТП} = U_M(R_M + R_{ВН}) / R_M \text{ (мВ)}$$

$E_{ТП}$  – термо-ЭДС;

#### **2) Перепад температуры**

$$t_{ПЕР} = E_{ТП} 100 / E_{ТАБ} \text{ (град)}$$

$t_{ПЕР}$  – перепад температуры.

#### **3) Температура горячего конца термопары**

$$t_1 = t_{ПЕР} + t_0 \text{ (град)}$$

$t_0$  – температура холодного конца термопары

#### **4) При точном расчете термо-ЭДС вводится поправка на температуру холодного конца термопары**

$$E_{П} = E_{ТАБ} * t_0 / 100 \text{ (мВ)}$$

#### **5) Расчетная термо-ЭДС**

$$E_p = E_{ТП} + E_{П} \text{ (мВ)}$$

#### **Исходные данные:**

$$R_M = 260 \text{ Ом};$$

$$R_{ВН} = 15 \text{ Ом};$$

$$t = 30 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$U_M = 24 \text{ мВ};$$

$$E_{табл.} = 6,95 \text{ мВ};$$

#### **Расчет:**

$$1) E_{ТП} = 24(260 + 15) / 260 = 25,3 \text{ мВ};$$

$$2) t_{\text{ПЕР}} = 25,3 \cdot 100 / 6,95 = 364 \text{ }^{\circ}\text{C} ;$$

$$3) t_1 = 364 + 30 = 394 \text{ }^{\circ}\text{C} ;$$

$$4) E_{\text{П}} = 6,95 \cdot 30 / 100 = 2,08 \text{ мВ} ;$$

$$5) E_{\text{Р}} = 25,3 + 2,08 = 27,38 \text{ мВ} .$$

$E_{\text{П}}$ (В)	$t_{\text{ПЕР}}$ (град)	$t_1$ (град)	$E_{\text{П}}$ (В)	$E_{\text{Р}}$ (В)
0,0253	364	394	0,00208	0,02738

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Практическая работа № 2

### Определение основных параметров индуктивного датчика

#### Цель работы:

1.1 Научиться рассчитывать индуктивность индуктивного датчика.

1.2 Научиться рассчитывать параметры обмотки индуктивного датчика.

#### Задача №1. Рассчитать индуктивность индуктивного датчика

#### Краткие теоретические сведения

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

#### 1) Последовательность преобразований:

$$F \rightarrow \delta_{\text{в}} \rightarrow R_m \rightarrow L \rightarrow X_L \rightarrow Z \rightarrow I$$

Где

$F$  - усилие;

$\delta_{\text{в}}$  - длина воздушного зазора;

$R_m$  - магнитное сопротивление;

$L$  - индуктивность;

$X_L$  - индуктивное сопротивление;

$Z$  - полное сопротивление;

$I$  – ток

**2) Индуктивность датчика вычислителя по формуле:**

$$L = \left( \frac{2}{\delta_B} \right) * \pi * n^2 * S_M * 10^7 \text{ (Гн)}$$

L - индуктивность датчика,

$\delta_B$  - длина воздушного зазора;

n - число витков;

$S_M$  - площадь поперечного сечения магнитопровода

**Исходные данные:**

$$\delta_{B1} = 0,7 \text{ мм} = 0,0007 \text{ м} = 7 * 10^{-4} \text{ м};$$

$$\delta_{B2} = 0,9 \text{ мм} = 0,0009 \text{ м} = 9 * 10^{-4} \text{ м};$$

$$\delta_{B3} = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м} = 1 * 10^{-3} \text{ м};$$

$$S_M = 100 \text{ мм}^2 = 0,0001 \text{ м}^2 = 1 * 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$n = 17500 \text{ витков.}$$

**Расчет:**

$$L_1 = \left( \frac{2}{0,0007} \right) * 3,14 * 17500^2 * 0,0001 * 10^7 = 3,85 \text{ (Гн)}$$

$$L_2 = \left( \frac{2}{0,0009} \right) * 3,14 * 17500^2 * 0,0001 * 10^7 = 2,14 \text{ (Гн)}$$

$$L_3 = \left( \frac{2}{0,001} \right) * 3,14 * 17500^2 * 0,0001 * 10^7 = 1,92 \text{ (Гн)}$$

$L_1$ (Гн)	$L_2$ (Гн)	$L_3$ (Гн)
3,85	2,14	1,92

Построить график  $L = f(\delta_B)$

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

**Задача №2 Определить параметры обмотки индуктивного датчика**

**Краткие теоретические сведения:**

**1) Угловая частота переменного тока определяется по формуле:**

$$W = 2\pi f \text{ (1/сек)}$$

где  $f$  - частота.

**2) Индуктивность датчика:**

$$L = U_{\sim} / (I_{\sim} * w)$$

где

$U_{\sim}$  - переменное напряжение,

$I_{\sim}$  - переменный ток,

$w$  - угловая частота.

**3) Число витков:**

$$n = \sqrt{\frac{L * \delta_B * 10^7}{2 * \pi * S_M}} \text{ (ВИТКОВ)}$$

где

$S_M$  - площадь поперечного сечения магнитопровода,

$\delta_B$  - длина воздушного зазора.

**4) Диаметр провода:**

$$d = \sqrt{\frac{4 * I_{\sim}}{\pi * \Delta_{\text{доп}}}}$$

где

доп - допустимая плотность тока

**Исходные данные:**

$$S_M = 750 \text{ мм}^2 = 7,5 * 10^{-4} \text{ м}^2,$$

$$\delta_B = 5 \text{ мм} = 5 * 10^{-2} \text{ м},$$

$$I_{\sim} = 18 \text{ мА} = 0,018 \text{ А},$$

$$\Delta_{\text{доп}} = 3 \text{ А/мм},$$

$$U_{\sim} = 220 \text{ В},$$

$$f = 400 \text{ Гц}$$

**Расчет:**

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

$$2. L = \frac{220}{(0,018 * 2512)} = 4,86 \text{ (Гн)}$$

$$3. n = \sqrt{\frac{4,86 * 5 * 10^{-2} * 10^7}{2 * 3,14 * 7,5 * 10^{-4}}} = 62 \text{ 204 (ВИТКОВ)}$$

$$4. d = \sqrt{4 * 0,018 / (3,14 * 3)} = 0,087 \text{ (мм)}$$

W (1/сек)	L (Гн)	n (ВИТКОВ)	d (мм)
2512	4,86	62 204	0,087

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

### Практическая работа №3

#### Определение основных параметров пьезоэлектрического и емкостного датчиков

##### Цель работы

- 1.1 Научиться рассчитывать параметры пьезоэлектрического датчика.
- 1.2 Научиться рассчитывать параметры емкостного датчика.

##### Задача №1 Рассчитать параметры пьезоэлектрического датчика

##### Краткие теоретические сведения:

Пьезоэлектрические датчики относятся к датчикам генераторного типа, в которых входной величиной является сила, а выходной – количество электричества. Работа пьезоэлектрического датчика основана на пьезоэффекте, сущность которого заключается в том, что на гранях некоторых кристаллов при их сжатии или растяжении появляются электрические заряды.

##### 1) величина заряда:

$$q_x = K_0 F_x \text{ (К/Н)},$$

где  $K_0$  – пьезоэлектрическая постоянная (модуль),;

$F_x$  – усилие, направленное вдоль электрической оси.

##### 2) Емкость одной пластины

$$C_0 = 0,89 \frac{\epsilon_r * S_x}{d} = 0,89 \frac{\epsilon_r * D^2}{4d} = 0,89 \frac{\epsilon_r * \pi * a * b}{4d}$$

где

$C_0$  - емкость одной пластины,;

$\epsilon_r$  - относительная диэлектрическая проницаемость;

$D$  - диаметр пластины (диска);

$a$  и  $b$  - стороны пластины (прямоугольника);

$d$  - толщина пластины.

##### 3) Напряжение между обкладками



$$U = \frac{10^{12} * n * q_x}{C_{BX} + nC_0} = \frac{10^{12} * q_x}{C_{BX} / n + C_0}$$

Где  $C_{BX}$  - емкость измеряемой цепи,  
 $n$  - количество пластин.

#### 4) Чувствительность датчика:

$$S_d = \frac{U}{F_x}$$

где  $S_d$  – чувствительность датчика,.

#### Исходные данные:

Материал – Кварц,

$$\epsilon_r = 4,5 * 10^{-11},$$

$$K_0 = 2,5 * 10^{-12} \text{ К/Н};$$

$$n = 3$$

$$D = 3 \text{ см} = 3 * 10^{-2} \text{ м};$$

$$d = 1 \text{ мм} = 1 * 10^{-3} \text{ м};$$

$$F_x = 20 \text{ Н};$$

$$C_{BX} = 18 \text{ пФ}.$$

#### Расчет:

$$1) q_x = 2,5 * 10^{-12} * 20 = 50 * 10^{-12} \text{ (К/Н)},$$

$$2) C_0 = 0,89 \frac{4,5 * 10^{-11} * 9^{-4}}{4 * 10^{-3}} = 9,02 \text{ (пФ)}$$

$$3) U = \frac{10^{12} * 50 * 10^{-12}}{18/3 + 9,02} = 3,3 \text{ (В)}$$

$$4) S_d = \frac{3,3}{20} = 0,17 \text{ (В/Н)}$$

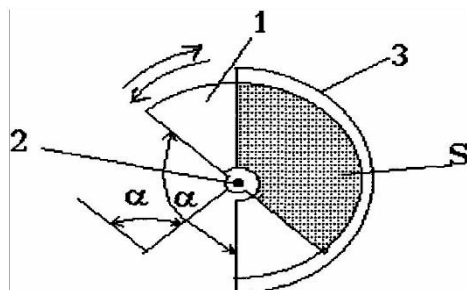
$q_x, \text{ (К/Н)}$	$C_0, \text{ (пФ)}$	$U, \text{ (В)}$	$S_d, \text{ (В/Н)}$
$50 * 10^{-12}$	9,02	3,3	0,17

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Задача №2. Рассчитать основные параметры емкостного датчика угловых перемещений

### Краткие теоретические сведения

Емкостной датчик угловых перемещений имеет вид:



- 1-подвижная пластина;
- 2-вал;
- 3-неподвижная пластина.

**1) максимальная емкость датчика при  $\alpha = 180$  равна:**

$$C_{\max} = \frac{0,89 * S_{\max} (n-1) * 180}{d * 180} = \frac{0,89 * S_{\max} (n-1)}{d} (\Phi)$$

где

$S_{\max}$  - площадь взаимодействия между подвижной и одной из неподвижных пластин,

$C_{\max}$  - максимальная емкость,

$d$ -расстояние между пластинами,

$\epsilon_r=1$  (диэлектрик-воздух).

отсюда общее количество подвижных и неподвижных пластин

$$n = \frac{C_{\max} * d}{0,89 * S_{\max} + 1} (\text{штук})$$

полученное количество округляем до целого числа.

**2) чувствительность датчика определяем по формуле:**

$$S_d = \frac{0,89 * S_{\max} (n-1)}{d * 180}$$

**Исходные данные:**

$$S_{\max} = 15 \text{ см}^2$$

$$C_{\max} = 200 \text{ пФ}$$

$$d = 0,4 \text{ мм}$$

$$\epsilon_r = 1$$

**Расчет:**

$$1) n = \frac{200 \cdot 0,4}{0,89 \cdot 15 + 1} = 6 \text{ штук}$$

$$2) S_{\delta} = \frac{0,89 \cdot 15 (6-1)}{0,4 \cdot 180} = 1$$

n (шт)	S <sub>д</sub>
6	1

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Практическая работа № 4

### Определение основных параметров электромагнитного реле постоянного тока

#### Цель работы

- 1.1 Научиться рассчитывать параметры электромагнитного реле.
- 1.2 Научиться рассчитывать параметры обмотки электромагнитного реле.

#### Задача №1. Рассчитать параметры электромагнитного реле

#### Краткие теоретические сведения:

Реле – это устройство, которое автоматически осуществляет скачкообразное переключение выходного сигнала под воздействием управляющего сигнала, изменяющегося непрерывно в определенных пределах. Электромагнитные реле по роду используемого тока делятся на реле постоянного и переменного тока. Реле постоянного тока делятся на нейтральные и поляризованные. Рассмотрим основные параметры, характеризующие работу, нейтрального электромагнитного реле постоянного тока.

#### 1) Площадь воздушного зазора:

$$S_{\delta} = \pi \frac{D^2}{4} \text{ (мм}^2\text{)}$$

где  $S_{\delta}$  - площадь воздушного зазора, (мм<sup>2</sup>);

D - диаметр катушки.

#### 2) Величина магнитного потока

$$\Phi_{\delta} = \sqrt{\frac{F_k S_{\delta}}{4 \cdot 10^5}} \text{ (Вб)}$$

F<sub>к</sub> – намагничивающая сила

### 3) Магнитная индукция:

$$B_{\delta} = \frac{\Phi_{\delta}}{S_{\delta}} \text{ (Тл)}$$

### 4) Магнитное напряжение, приходящееся на воздушный зазор:

$$I \cdot \varpi_{\delta} = \frac{B_{\delta}}{\mu_0} \delta \text{ (А)}$$

где  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  – магнитная проницаемость

**Исходные данные:**

$$F_K = 150 \text{ Н}$$

$$D = 120 \text{ мм} = 0,12 \text{ м}$$

$$\delta = 1,2 \text{ мм} = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

**Расчет:**

$$1) S_{\delta} = 3,14 \frac{0,12^2}{4} = 0,011 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$2) \Phi_{\delta} = \sqrt{\frac{150 \cdot 0,011}{4 \cdot 10^5}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (Вб)}$$

$$3) B_{\delta} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1,1 \cdot 10^{-2}} = 1,82 \text{ (Тл)}$$

$$4) I \cdot \varpi_{\delta} = \frac{1,82}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7}} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} = 1738,85 \text{ (А)}$$

$S_{\delta}$ (мм <sup>2</sup> )	$\Phi_{\delta}$ (Вб)	$B_{\delta}$ (Тл)	$I \cdot \varpi_{\delta}$ (А)
11	$10^{-3}$	1,82	1738,85

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Задача № 2. Определить параметры обмотки электромагнитного реле

### 1) длина окна катушки:

$$L_K = b - a' - b' \text{ (мм)},$$

где  $L_K$  – длина окна катушки;

$b$  – наружный размер катушки;

$a'$  и  $b'$  – толщина щек катушки.

### 2) внутренний диаметр катушки:

$$D_{ВН} = d_C + 2 \cdot h \text{ (мм)},$$

где  $D_{ВН}$  – внутренний диаметр катушки;

$d_C$  – диаметр сердечника;

$h$  – высота окна.

### 3) Наружный диаметр

$$D_{НАР} = D_{ВН} + 2 \cdot d_C \text{ (мм)},$$

где  $D_{НАР}$  – наружный диаметр,

$$4) Q_0 = d_C \cdot L_K \text{ (мм}^2\text{)},$$

где  $Q_0$  - площадь окна,

### 5) Средняя длина витка

$$L_{cp} = \frac{\pi(D_{HAP} + D_{BH})}{2} \text{ (мм)}$$

$L_{cp}$  – средняя длина витка

### 6) Диаметр обмотки провода

$$d = \sqrt{\frac{F \cdot 4 \rho \cdot L_{cp}}{U \cdot \pi}} \text{ (мм)}$$

$d$  - диаметр обмотки провода,;

$\rho$  - удельное сопротивление материала провода;

$F$  - намагничивающая сила;

$U$  - напряжение в обмотке

### Исходные данные:

$$b = 110 \text{ мм}$$

$$dc = 60 \text{ мм}$$

$$U = 30 \text{ В}$$

$$a' = 21 \text{ мм}$$

$$b' = 23 \text{ мм}$$

$$\rho = 0,0775 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$F = 900,152 \text{ Н}$$

$$h = 0,95 \text{ мм}$$

### Решение:

$$1) L_K = 110 - 21 - 23 = 66 \text{ (мм)},$$

$$2) D_{BH} = 60 + 2 \cdot 0,95 = 61,9 \text{ (мм)},$$

$$3) D_{HAP} = 61,9 + 2 \cdot 60 = 181,9 \text{ (мм)},$$

$$4) Q_0 = 60 \cdot 66 = 3960 \text{ (мм}^2\text{)}$$

$$5) L_{cp} = \frac{3,14(61,9 + 181,9)}{2} = 382,766 \text{ (мм)} = 3,82766 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$$

$$6) d = \sqrt{\frac{900,152 \cdot 4 \cdot 0,0775 \cdot 3,82766 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 3,14}} = 1,065 \text{ (мм)}$$

$L_K$ (мм)	$D_{BH}$ (мм)	$D_H$ (мм)	$Q_0$ (мм <sup>2</sup> )	$L_{cp}$ (м)	$d$ (мм)
66	61,9	181,9	3960	$3,82766 \cdot 10^{-3}$	1,065

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Практическая работа №5

### Определение основных параметров исполнительного электромагнитного устройства автоматики и магнитного усилителя

#### Цель работы

- 1.1 Научиться рассчитывать параметры клапанного электромагнита.
- 1.2 Научиться рассчитывать параметры магнитного усилителя с внешней обратной связью.

#### Задача №1. Определить основные параметры клапанного электромагнита

##### Краткие теоретические сведения

Электромагниты бывают:

по виду тока в обмотке - постоянного и переменного токов; по скорости срабатывания – быстродействующие, нормальные и замедленного действия; по назначению - приводные и удерживающие;

по конструктивному исполнению - клапанные (поворотные), прямоходные и с поперечным движением якоря.

Клапанные электромагниты имеют небольшое перемещение якоря (несколько мм) и развивают большое тяговое усилие.

##### 1) Конструктивный фактор

$$A = \sqrt{F_{\text{я}} \varepsilon} / \delta \text{ (Н/Ом)},$$

где  $F_{\text{я}}$  – тяговое усилие,

$\delta$  – ход якоря

##### 2) Индукция в зазоре

$$B_{\delta} \text{ (Тл)}$$

(выбирается по зависимости  $B_{\delta} = f(A)$ )

##### 3) Площадь сечения полюсного наконечника

$$S = F_{\text{я}} / 4 * B_{\delta}^2 * 10^5 \text{ (мм}^2\text{)},$$

(получено из формулы  $F_{\text{я}} = 4 * B_{\delta}^2 * S * 10^5$ )

##### 4) Сечения сердечника магнитопровода

$$S_{\text{с}} = S_{\text{я}} = \sigma * B_{\delta} * S / B_{\text{ст}} \text{ (мм}^2\text{)},$$

где  $B_{\text{ст}}$  – индукция в стали

где  $\sigma$  – коэффициент рассеяния магнитной системы

##### 5) Сечение ярма магнитопровода

$$S_{\text{я}} = S_{\text{яр}} \text{ (мм}^2\text{)},$$

**б) Сечение якоря магнитопровода**

$$S_{\text{як}} = S_c / \sigma \text{ (мм}^2\text{)},$$

**7) Полная МДС катушки**

$$I * w = B_{\delta} * \delta / \mu_0 (1 - \alpha) \text{ (A)}$$

**Исходные данные:**

$$F_{\text{э}} = 300 \text{ Н}$$

$$\delta = 20 \text{ мм} = 2 * 10^{-2} \text{ м}$$

$$B_{\text{ст}} = 1,5 \text{ Тл}$$

$$\sigma = 2$$

$$\alpha = 0,5$$

$$\mu_0 = 4 * 3,14 * 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

$$B_{\delta} = 1,1 \text{ Тл}$$

**Решение :**

$$1) A = 300 / (2 * 10^{-2}) = 866 \text{ (Н/Ом)},$$

$$2) S = 300 / 4 * 1,1^2 * 10^5 = 9075000 \text{ (мм}^2\text{)}$$

$$3) S_c = 2 * 1,1 * 9075000 / 1,5 = 13310000 \text{ (мм}^2\text{)}$$

$$4) S_{\text{я}} = S_{\text{яп}} = 13310000 \text{ (мм}^2\text{)}$$

$$5) S_{\text{як}} = 13310000 / 2 = 6655000 \text{ (мм}^2\text{)},$$

$$6) I * w = 1,1 * 2 * 10^{-2} / 4 * 3,14 * 10^{-7} (1 - 0,5) = 35 * 10^3 \text{ (A)}$$

A (Н/Ом)	B <sub>δ</sub> (Тл)	S (мм <sup>2</sup> )	S <sub>c</sub> (мм <sup>2</sup> )	S <sub>я</sub> (мм <sup>2</sup> )	S <sub>як</sub> (мм <sup>2</sup> )	I*w (A)
866	1,1	9075000	13310000	13310000	6655000	35* 10 <sup>3</sup>

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Задача №2: Определить основные параметры магнитного усилителя с внешней ОС

### Краткие теоретические сведения:

Магнитный усилитель (МУ) – это статическое электромагнитное устройство, состоящее из сердечника и наложенных на него обмоток. Принцип действия МУ основан на использовании зависимости индуктивности катушки с ферромагнитным сердечником от величины подмагничивающего тока, создаваемого управляющим входным сигналом.

Для повышения коэффициента усиления и быстродействия в МУ вводится обратная связь (ОС). ОС может быть внешней и внутренней.

#### 1) Мощность нагрузки

$$P_H = I^2 H \cdot R_H \text{ (Вт)}$$

#### 2) Мощность управления

$$P_Y = I^2 Y \cdot R_Y \text{ (Вт)},$$

где

$I_H, I_Y$  - токи на входе и на выходе;

$R_H, R_Y$  - сопротивления нагрузки и цепи управления

#### 3) Коэффициент усиления по мощности

$$K_p = \frac{P_H}{P_Y}$$

#### 4) Величина напряжения питания схемы

$$U_C = (1,2 \div 2,0) \cdot I_H \cdot R_H \text{ (В)}.$$

#### 5) Удельное количество витков рабочей обмотки

$$\frac{H \sim \text{MAX}}{I_H} = \frac{\omega_p}{L_{cp}}$$

где  $H_{\sim \text{max}}$  - максимальная напряженность поля;

$I_H$  - максимальный ток нагрузки

#### б) Основной размер сердечника:

$$a = \sqrt[3]{\frac{U_C \cdot 10^4}{\left(\frac{\omega_p}{L_{cp}}\right) f \cdot K_B \cdot K_{cp} \cdot B^2 \cdot 4,44}}$$

$f$  - частота переменного тока;

$K_B, K_{cp}$  - постоянные для данного сердечника;

$B$  - индукция.



### Исходные данные

$$I_H = 5 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$I_Y = 2 \cdot 10^{-4} \text{ А}$$

$$R_H = 640 \text{ Ом}$$

$$R_Y = 630 \text{ Ом}$$

$$f = 50 \text{ Гц}$$

$$K_{B=1}$$

$$H_{\sim \max} = 0,75$$

$$K_{cp} = 20$$

$$B_{ст} = 0,45 \text{ Тл}$$

### Решение

$$1) P_H = 5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 640 = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ (Вт)}$$

$$2) P_Y = (2 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 630 = 2,52 \cdot 10^{-5} \text{ (Вт)}$$

$$3) K_p = \frac{3,2 \cdot 10^{-2}}{2,52 \cdot 10^{-5}} = 1269,84$$

$$4) U_C = (1,2 \div 2,0) \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 640 = 1,92 \text{ (В)}$$

$$5) \frac{H_{\sim \max}}{I_H} = \frac{\omega_p}{L_{cp}} = \frac{0,75}{5 \cdot 10^{-3}} = 150$$

$$6) a = \sqrt[3]{\frac{1,92 \cdot 10^4}{150 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 0,45 \cdot 2 \cdot 4,44}} = 0,015$$

$P_H$ (Вт)	$P_Y$ (Вт)	$K_p$	$U_C$ (В)	$\omega_p/L_{cp}$	$a$
$3,2 \cdot 10^{-2}$	$2,52 \cdot 10^{-5}$	1269,84	1,92	150	0,015

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Практическая работа №6.

**Определение основных параметров магнитного усилителя с внешней и внутренней обратными связями.**

### Цель работы

1.1 Научиться рассчитывать параметры обмотки смещения магнитного усилителя с внешней обратной связью.

1.2 Научиться рассчитывать параметры магнитного усилителя с внутренней обратной связью.

## **Задача №1. Определить параметры обмотки смещения магнитного усилителя с внешней обратной связью**

### **Краткие теоретические сведения:**

МУ для осуществления внешней обратной связи предусматривается специальная обмотка обратной связи, которая располагается на сердечниках так же как и обмотка управления. В МУ с внутренней ОС постоянное магнитное поле создается за счет постоянной оставляющей тока нагрузки, протекающей по рабочим обмоткам усилителя, т.е., нет необходимости в специальных обмотках ОС. Другое название МУ с внутренней ОС - МУ с самоподмагничиванием или с самонасыщением.

#### **1) длина обмотки:**

$$l = k * a \text{ (м)},$$

где  $k$  - коэффициент кратности;

#### **2) сила смещения:**

$$F_{см} = H_y * l \text{ (Н)},$$

#### **3) число витков обмотки смещения**

$$\omega_{см} = \frac{F_{см}}{I_{см}}$$

где  $I_{см}$  - ток смещения

#### **4) сопротивление провода обмотки смещения**

$$R_{см} = \frac{\omega_{см} * I_{см} * \rho}{q_{см}} \text{ (Ом)}$$

#### **5) добавочное регулировочное сопротивление в цепи смещения**

$$R_{рег} = \frac{U_c}{I_{см} * 1,11} - R_{см} \text{ (Ом)}$$

### **Исходные данные**

$$k = 20$$

$$a = 0,9$$

$$H_y = 0,08 \text{ А/м}$$

$$I_{см} = 0,006 \text{ А}$$

$$\rho = 1/57$$

$$q_{см} = 0,0113 \text{ К}$$

$$I_{см} = 0,005 \text{ мм}$$

$$U_c = 140 \text{ В}$$

### **Решение**

$$1) l = 20 * 0,9 = 18 \text{ (м)},$$

$$2) F_{\text{см}} = 0,08 * 18 = 1,44 \text{ (Н)},$$

$$3) \omega_{\text{см}} = \frac{1,44}{0,006} = 240 \text{ (ВИТКОВ)}$$

$$4) R_{\text{см}} = \frac{240 * 0,005}{0,0113} * 1/57 = 1,86 \text{ (Ом)}$$

$$5) R_{\text{рег}} = \frac{140}{0,006 * 1,11} - 1,86 = 21019,2 \text{ (Ом)}$$

l (М)	F <sub>см</sub> (Н)	ω (см)	R <sub>см</sub> (Ом)	R <sub>рег</sub> (Ом)
18	1,44	240	1,86	21019,2

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Задача №2 Определить параметры МУ с внутренней ОС

### 1) Коэффициент запаса

$$K_z = \Delta B_{\text{уmax}} / \Delta B_{\text{ун}}$$

ΔB – приращение индукции

### 2) Напряжение, питающее схему

$$U_c = 1,11 * (1,2 \div 2,0) * I_{\text{max}} * R_H \text{ (В)}$$

### 3) Максимальная напряженность

$$H_{\text{max}} = 2H_c K_{\text{кр}} \text{ (А/см)}$$

K<sub>кр</sub> – коэффициент кратности

### 4) Индукция

$$B_{\text{ст}} = \Delta B_{\text{уmax}} / 2 \text{ (Тл)}$$

### 5) Объем сердечника

$$V = U_c * I_{\text{нmax}} * 10^4 / 4,44 * f * H_{\text{max}} * B_{\text{ст}} \text{ (см}^3\text{)}$$

### 6) Масса сердечника

$$G = \gamma * V \text{ (Г)},$$

где γ – удельная масса магнитного материала

### 7) Сечение провода

$$q = I_{\text{нmax}} / j \text{ (мм}^2\text{)},$$

где j – допустимая плотность тока

### 8) Число витков рабочей обмотки

$$W_p = U_c * 10^4 / 4,44 * f * S * B_{\text{ст}},$$

где S - сечение сердечника

### 9) Площадь окна

$$Q_p = q * W_p / K_{\text{зап}} \text{ (см}^2\text{)},$$

где  $K_{\text{зап}}$  – коэффициент заполнения

### Исходные данные

$$R_H = 160 \text{ Ом},$$

$$I_{H\text{max}} = 0,6 \text{ А},$$

$$K_{\text{кр}} = 52,$$

$$\Delta B_{y\text{max}} = 3,2 \text{ Тл},$$

$$\Delta B_{yH} = 1,6 \text{ Тл},$$

$$H_c = 0,48 \text{ А/см},$$

$$\gamma = 7,8 \text{ Г/см}^2,$$

$$j = 4,0 \text{ А/мм},$$

$$S = 0,49 \text{ см}^2,$$

$$f = 400 \text{ Гц},$$

$$K_{\text{зап}} = 0,325$$

### Расчет

$$1) K_3 = 3,2 / 1,6 = 2$$

$$2) U_c = 1,11 * (1,2 \div 2,0) * 0,6 * 160 = 64 \text{ (В)}$$

$$3) H_{\text{max}} = 2 * 0,48 * 52 = 50 \text{ (А/см)}$$

$$4) B_{\text{ст}} = 3,2 / 2 = 1,6 \text{ (Тл)}$$

$$5) V = 64 * 0,6 * 10^4 / (4,44 * 400 * 50 * 1,6) = 2,4 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$6) G = 7,8 * 2,4 = 18,72 \text{ (Г)},$$

$$7) q = 0,6 / 4 = 0,15 \text{ (мм}^2\text{)},$$

$$8) W_p = (64 * 10^4) / (4,44 * 400 * 0,49 * 1,6) = 460$$

$$9) Q_p = (0,15 * 460) / 0,325 = 212 \text{ (мм}^2\text{)},$$

$K_3$	$U_c$ (В)	$H_{\text{max}}$ (А/см)	$B_{\text{ст}}$ (Тл)	G (Г)	q (мм <sup>2</sup> )	$W_p$	$Q_p$ (мм <sup>2</sup> )
2	64	50	1,6	18,72	0,15	460	212

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Практическая работа №7

### Определение основных параметров многокаскадного и реверсивного магнитных усилителей

#### Цель работы

1.1 Научиться рассчитывать параметры многокаскадного магнитного усилителя.

1.2 Научиться рассчитывать параметры реверсивного магнитного усилителя.

### Задача №1: Сравнить постоянные времени однокаскадного и многокаскадного магнитных усилителей (ОМУ и ММУ)

#### Краткие теоретические сведения:

Коэффициент усиления ММУ равен произведению коэффициентов усиления отдельных каскадов. Постоянная времени ММУ равна сумме постоянных времени отдельных каскадов. Инерционность ММУ определяется, в основном, инерционностью первого каскада, поэтому его выбирают с небольшим коэффициентом усиления, а необходимый коэффициент усиления набирается за счет остальных каскадов. Обычно ММУ включает пять, шесть каскадов

#### 1) Коэффициент усиления мощности по ММУ

$$K_{рмму} = K_{р1мму} * K_{р2мму}$$

где  $K_{р1мму}$  - коэффициент усиления по мощности первого каскада,  
 $K_{р2мму}$  – коэффициент усиления по мощности второго каскада

#### 2) Постоянные времени ОМУ и первого и второго каскадов ММУ

$$T_{ому} = K_{рому} * (1 - K_{ос}) / 4 * f * n (с),$$

$$T_{1мму} = K_{р1мму} * (1 - K_{ос}) / 4 * f * n (с),$$

$$T_{2мму} = K_{р2мму} * (1 - K_{ос}) / 4 * f * n (с),$$

где

$K_{рому}$ ,  $K_{р1мму}$ ,  $K_{р2мму}$  – коэффициенты усиления по мощности однокаскадного, первого и второго каскадов магнитных усилителей;

$T_{1мму}$  и  $T_{2мму}$  - постоянные времени отдельных каскадов многокаскадного магнитного усилителя;

$f$  – частота;

$\eta = R_n / R$  – КПД рабочей цепи

$K_{ос}$  – коэффициент ОС

### 3) Постоянная времени ММУ (двухкаскадного МУ)

$$T_{\text{ММУ}} = T_{1\text{ММУ}} + T_{2\text{ММУ}} \text{ (с)},$$

#### Исходные данные

$$K_{\text{ос}} = 0,99$$

$$K_{\text{рому}} = 3600$$

$$K_{\text{р1ММУ}} = 50$$

$$K_{\text{р2ММУ}} = 140$$

$$f = 50 \text{ Гц}$$

$$\eta = 1$$

#### Расчет

$$1) K_{\text{рММУ}} = K_{\text{р1ММУ}} * K_{\text{р2ММУ}} = 50 * 140 = 7000$$

$$2) T_{\text{ому}} = 3600 * (1 - 0,99) / 4 * 50 * 1 = 0,18 \text{ (с)},$$

$$T_{1\text{ММУ}} = 50 * (1 - 0,99) / 4 * 50 * 1 = 0,0025 \text{ (с)},$$

$$T_{2\text{ММУ}} = 140 * (1 - 0,99) / 4 * 50 * 1 = 0,007 \text{ (с)},$$

$$3) T_{\text{ММУ}} = 0,0025 + 0,007 = 0,0095 \text{ (с)},$$

$$4) T_{\text{ому}} / T_{\text{ММУ}} = 0,18 / 0,0095 = 19$$

$$5) K_{\text{рому}} / K_{\text{рММУ}} = 3600 / 7000 = 0,5$$

**Вывод:** Коэффициент усиления однокаскадного МУ меньше двухкаскадного МУ в 2,8 раза; инерционность двухкаскадного МУ в 19 раз меньше, чем у однокаскадного

$K_{\text{рММУ}}$	$T_{\text{ому}} \text{ (С)}$	$T_{\text{ММУ}} \text{ (С)}$	$T_{\text{ому}} / T_{\text{ММУ}}$
7000	0,18	0,0095	19

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

**Задача №2: Определить основные параметры реверсивного МУ с балластными сопротивлениями и выходом на постоянном токе**

#### Краткие теоретические сведения:

Реверсивные МУ – это усилители, в которых при изменении полярности управляющего сигнала изменяется полярность тока нагрузки. Если на выходе реверсивного МУ включается одно сопротивление нагрузки, в котором ток нагрузки может менять полярность при изменении полярности тока управления, применяются схемы с балластными сопротивлениями.

При максимальном токе управления один из МУ, входящих в реверсивный МУ, в котором напряженности смещения и управления вычитаются, работает в режиме близком к холостому ходу, поэтому током на выходе другого МУ можно пренебречь. При этом схему реверсивного МУ можно привести к схеме замещения, в которой сопротивления обмоток  $W_{\text{пос}}$  и сопротивления вентиляей можно считать включенными в сопротивление  $R_{\text{б}}$ , а расчет параметров реверсивного МУ - вести по эквивалентной схеме.

**1) Балластное сопротивление**

$$R_{\text{б}} = \sqrt{2}R_{\text{н}} \text{ (Ом)}$$

**2) Ток нагрузки**

$$I_{\text{н}} = I_1 * R_{\text{б}} / (R_{\text{н}} + R_{\text{б}}) \text{ (А)}$$

**3) Эквивалентное сопротивление**

$$R_{\text{э}} = 2R_{\text{б}}(R_{\text{н}} + R_{\text{б}}^2) / (R_{\text{б}} + R_{\text{н}}) = 2 \sqrt{2} * R_{\text{н}}^2 + 2R_{\text{н}} / \sqrt{2} (R_{\text{н}} + R_{\text{н}}) = 2R_{\text{н}}$$

**4) Ток  $I_1$**

$$I_1 = I_{\text{н}}(R_{\text{н}} + \sqrt{2} * R_{\text{н}}) / \sqrt{2} R_{\text{н}} = I_{\text{н}}(1 + \sqrt{2}) / \sqrt{2} \sim 1,700 I_{\text{н}} \text{ (А)}$$

**5) Мощность, выделяемая в нагрузке**

$$P_{\text{н}} = I_{\text{н}}^2 * R_{\text{н}} \text{ (Вт)}$$

**6) Выходные мощность**

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{н}} / 0,175 \text{ (Вт)} \text{ (получено из } P_{\text{н}} = 0,175 * I_1^2 * R_{\text{э}} = 0,175 * P_1)$$

**7) Мощность, выделяемая на балластном сопротивлении**

$$P_{\text{б}} = P_{\text{н}} - P_1 \text{ (Вт)}$$

**8) Мощность, выделяемая в обмотке управления**

$$P_{\text{у}} = I_{\text{у}}^2 * R_{\text{у}} \text{ (Вт)}$$

**Исходные данные**

$$R_{\text{н}} = 5600 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{н}} = 6 \text{ мА}$$

$$I_{\text{у}} = 0,3 \text{ мА}$$

$$R_{\text{у}} = 1400 \text{ Ом}$$

**Расчет**

$$1) R_{\text{б}} = \sqrt{2} * 5600 = 7919 \text{ (Ом)}$$

$$2) R_{\text{э}} = 2 * 5600 = 11200 \text{ (Ом)}$$

$$3) I_1 = 1,7 * 6 = 10,2 \text{ (А)}$$

$$4) P_H = 6 * 10^{-3})^2 * 5600 = 0,2 \text{ (Вт)}$$

$$5) P_{\text{ВЫХ}} = 0,2 / 0,175 = 1,143 \text{ (Вт)}$$

$$6) P_{\delta} = 1,143 - 0,2 = 0,943 \text{ (Вт)}$$

7)  $P_y = (3 * 10^{-4})^2 * 0,126 * 10^{-3} = (3 * 1400 = 0,126 * 10^{-3} \text{ (Вт)})$

$R_{\delta}$ (Ом)	$R_{\delta}$ (Ом)	$I_1$ (А)	$P_H$ (Вт)	$P_{\text{ВЫХ.}}$ (Вт)	$P_{\delta}$ (Вт)	$P_y$ (Вт)
7919	11200	10,2	0,2	1,143	0,943	$0,126 * 10^{-3}$

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Практическая работа № 8

### Определение основных параметров феррорезонансного стабилизатора напряжения

#### Цель работы

Научиться рассчитывать параметры феррорезонансного стабилизатора напряжения

#### Краткие теоретические сведения

Феррорезонансный стабилизатор напряжения служит для стабилизации переменного напряжения. Исследование стабилизатора основано на следующих допущениях: искажение кривой напряжения и фазовый сдвиг напряжений на ненасыщенном и насыщенном стержнях не учитываются; расчет производится по приближенным формулам для заданного среднего значения входного напряжения.

#### 1) Активное сечение стали ненасыщенного стержня

$$S_{\text{ст1}} = 1,11 * \sqrt{P_H} \text{ (см}^2\text{)}$$

#### 2) Активное сечение стали насыщенного сечения

$$S_{\text{ст2}} = 0,6 * S_{\text{ст1}} \text{ (см}^2\text{)}$$

#### 3) Число вольт на один виток первичной обмотки

$$e_0 = S_{\text{ст1}} * 0,022 \text{ (В)}$$

#### 4) Напряжение на конденсаторе

$$U_c \sim 0,65 * U_p \text{ (В)}$$

$U_p$  – допустимое рабочее напряжение



### 5) Емкость конденсатора

$$C = 13000 * P_H / U_c^2 \text{ (Ф)}$$

### 6) Число витков обмоток стабилизатора

а) первичная обмотка  $W_1 = U_{вх}/e_o$

б) вторичная обмотка  $W_2 = 1,43U_H/e_o$

в) компенсационная обмотка  $W_k = 0,25*W_2$

г) обмотка  $W_3 = U_c/e_o - W_2$

### 7) Ток в обмотках

а)  $I_1 = 2*P_H/U_{вх}$  (А)

б)  $I_3 = 1,5*P_H/U_H$  (А)

в)  $I_k = I_H = P_H/U_H$  (А)

г)  $I_2 = \sqrt{I_3^2 + I_k^2}$  (А)

### 8) Диаметр провода обмоток

$$d_1 = 4*I_1/3,14*J \text{ (мм)}$$

$$d_3 = 4*I_3/3,1$$

$$d_k = 4*I_k/3,14*J \text{ (мм)}$$

$$d_2 = 4*I_2/3,14*J \text{ (мм)}$$

где J – допустимая плотность тока

### Исходные данные

$$P_H = 100 \text{ Вт}$$

$$U_H = 200 \text{ В}$$

$$U_{вх} = 150 \text{ В}$$

$$U_p = 500 \text{ В}$$

$$J = 1,6 \text{ А/мм}$$

### Расчет

$$1) S_{ст1} = 1,11 * \sqrt{100} = 11,1 \text{ (см}^2\text{)}$$

$$2) S_{ст2} = 0,6 * 11,1 = 6,66 \text{ (см}^2\text{)}$$

$$3) e_o = 11,1 / 0,022 = 0,2 \text{ (В)}$$

$$4) U_c \sim 0,65 * 500 = 325 \text{ (В)}$$

$$5) C = 13000 * 100 / 325^2 = 12,3 \text{ (Ф)}$$

б) а) первичная обмотка  $W_1 = 150/0,2 = 750$

б) вторичная обмотка  $W_2 = 1,43*200/0,2 = 1430$

в) компенсационная обмотка  $W_k = 0,25 \cdot 1489 = 357$

г) обмотка  $W_3 = 325/0,2 = 1430 = 195$

7) а)  $I_1 = 2 \cdot 100/150 = 1,3$  (А)

б)  $I_3 = 1,5 \cdot 100/200 = 0,75$  (А)

в)  $I_k = I_H = 100/200 = 0,5$  (А)

г)  $I_2 = \sqrt{0,75^2 + 0,5^2} = 0,91$  (А)

8)  $d_1 = 4 \cdot 1,3/3,14 \cdot 1,6 = 1,04$  (мм)

$d_3 = 4 \cdot 0,75/3,14 = 0,96$  (мм)

$d_k = 4 \cdot 0,5/3,14 \cdot 1,6 = 0,4$  (мм)

$d_2 = 4 \cdot 0,91/3,14 \cdot 1,6 = 0,72$  (мм)

$S_1$ ( $\text{см}^2$ )	$S_2$ ( $\text{см}^2$ )	$\epsilon_0$ (В)	$U_c$ (В)	$C$ (Ф)	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_k$
11,1	6,66	0,2	325	12,3	750	1430	195	357

$I_1$ (А)	$I_2$ (А)	$I_3$ (А)	$I_k$ (А)	$d_1$ (мм)	$d_2$ (мм)	$d_3$ (мм)	$d_k$ (мм)
1,3	0,91	0,75	0,5	1,04	0,72	0,96	0,4

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.

## Практическая работа № 9

### Определение основных параметров следящего провода

#### Цель работы

Научиться рассчитывать параметры исполнительного устройства и коэффициента усиления системы для следящего провода

#### Краткие теоретические сведения

Системы автоматики делятся на системы стабилизации, системы программного управления и следящие системы. Следящие системы – это такие системы, которые с той или иной степенью точности воспроизводят изменения входных величин, происходящие по произвольному закону.

По назначению следящие системы делятся на следящие электроприводы, системы дистанционного управления, измерительные системы.

**1) Передаточное число редуктора**

$$i_m = n_{max} / n_n$$

$n_{max}$ - максимальная скорость загрузки

$n_n$ - число оборотов двигателя

**2) момент сопротивления, приведенный к валу**

$$M_{с.пр} = \frac{M_c i_m}{\eta} \text{ (Н/м)}$$

$M_c$ - момент сопротивления нагрузки

$\eta$ - КПД механическая передача

**3) мощность двигателя**

$$P_M = \frac{M_{с.пр} n_n}{9,75} \text{ (Вт)}$$

**4) коэффициент усиления двигателя по скорости относительно напряжения управления**

$$K_d = \frac{n_n}{U_{y.max}}$$

**5) коэффициент усиления усилителя по напряжению**

$$K_y = \frac{U_{y.max}}{\Delta_d * i * K}$$

$\Delta_d$ - допустимое значение динамической ошибки;

$i$ - передаточное число между сельсинами точного и грубого отчетов.

**6) общий коэффициент усиления системы**

$$K_0 = K * K_y * K_d * K_m$$

где  $K_m = i_m * i$ -коэффициент механической передачи к сельсину точного отчета

**Исходные данные**

$$M_c = 60 \text{ Н*м}$$

$$n_{max} = 3,3 \text{ об/мин}$$

$$\Delta_d \leq 0,1^\circ$$

$$i = 35$$

$$K = 0,5 \text{ В/град}$$

$$U_{y.max} = 240 \text{ В}$$

$$n_n = 6600 \text{ об/мин}$$

$$\eta = 0,62$$

**Расчет**

$$1) i_m = 333/6600 = 111/2200$$

$$2) M_{с.пр} = \frac{60 * 111}{0,62 * 2200} = 4,88 \text{ (Н/м)}$$

$$3) P_M = \frac{4,88 * 6600}{9,75} = 3,034 \text{ (кВт)}$$

$$4) K_d = \frac{6600}{240} = 27,5 \text{ (град/(В*сек))}$$

$$5) K_y = \frac{240}{0,1*35*0,5} = 137$$

$$6) K_0 = K * K_y * K_d * K_M = 0,5 * 137 * 27,5 * 1,7 = 3202,375 \text{ (1/сек)}$$

$$K_M = i_M * i = 111/2200 * 35 = 1,7$$

$i_m$	$M_{c.пр}$ (Н/м)	$P_M$ (кВт)	$K_d$ (град/(В*сек))	$K_y$	$K_M$	$K_0$ (1/сек)
111/2200	4,88	3,034	27,5	137	1,7	3202,375

Исходные данные для расчета по вариантам задаются преподавателем.