

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»
(КГУ)

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ

Методические указания и задания к контрольной работе
по дисциплине «Устройства автоматики»
для студентов направления
15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств»

Курган 2020

Кафедра автоматизации производственных процессов

Дисциплина: «Устройства автоматики»

Составил: канд. техн. наук, доцент Н. Б. Сбродов

Утверждены на заседании кафедры

«12» декабря 2019 г

Рекомендованы методическим советом университета «14» марта 2019 г.

ВВЕДЕНИЕ

Электромагнитные исполнительные устройства являются одним из самых распространенных типов устройств в электроавтоматике. Основой электромагнитных исполнительных устройств являются электромагниты. Электромагниты – это электротехнические устройства, предназначенные для преобразования электрической энергии в механическое усилие или перемещение.

Электромагниты входят в состав многих устройств электроавтоматики, выполняя в них функцию электромагнитного привода. Например, электромагниты выполняют замыкание и размыкание электрических контактов в электромагнитных реле, магнитных пускателях, контакторах, автоматических выключателях и др. Они могут быть и самостоятельными устройствами, производящими коммутацию механической нагрузки, например, электромагнитные муфты, электромагнитные закрепляющие устройства, тормозные электромагниты. Электромагниты выполняют перемещение золотников в гидрораспределителях и пневмораспределителях, различных механических элементов в автоматизированном оборудовании, в периферийных устройствах компьютерной и оргтехники и т.д.

Контрольная работа по дисциплине «Устройства автоматики» заключается в выполнении расчетов магнитной цепи электромагнитного исполнительного устройства и его обмотки, теплового расчета обмотки электромагнита.

1 ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1.1 Содержание задания

В контрольной работе необходимо выполнить следующие расчеты:

1. Расчет магнитной цепи электромагнита
2. Расчет обмотки электромагнита
3. Тепловой расчет электромагнита.

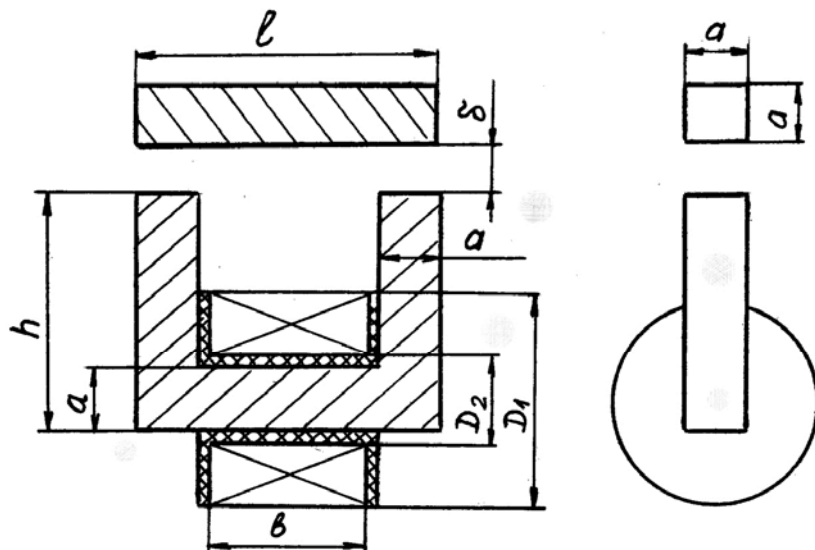
1.2 Выбор задания

При выполнении контрольной работы, студент должен из таблицы 1 выбрать исходные данные в соответствии с номером варианта, указанным преподавателем. Эскизы электромагнитов приведены на рисунках 1 и 2.

Таблица 1 – Исходные данные для контрольной работы

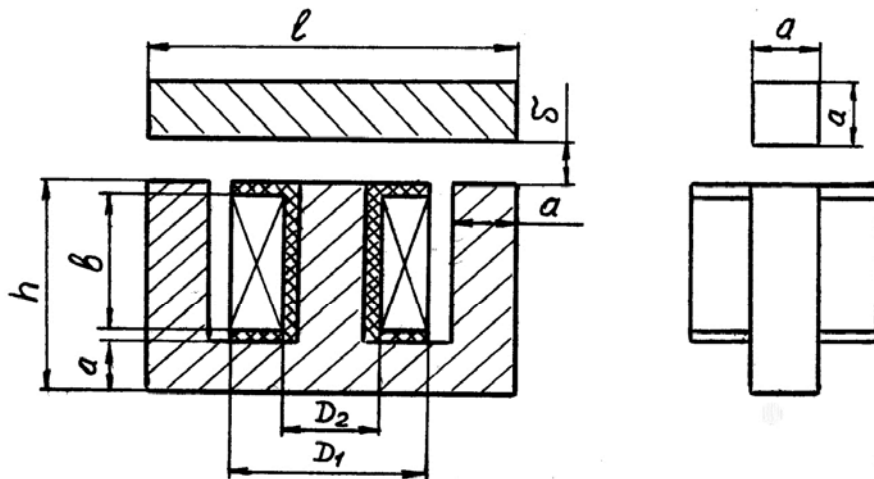
№ варианта	№ эскиза электромагнита	Размер l , мм	Тяговая сила электромагнита, Н	Напряжение питания обмотки, В
1	1	60	1	24
2	1	70	2	110

3	1	50	3	220
4	1	60	4	110
5	1	70	5	24
6	1	50	6	110
7	1	60	7	220
8	1	70	8	110
9	1	50	9	24
10	1	60	10	110
11	1	40	11	110
12	1	45	12	220
13	1	55	13	110
14	1	65	14	24
15	1	75	15	110
16	2	60	1	24
17	2	70	2	110
18	2	50	3	220
19	2	60	4	110
20	2	70	5	24
21	2	50	6	110
22	2	60	7	220
23	2	70	8	110
24	2	50	9	24
25	2	60	10	110
26	2	40	11	110
27	2	45	12	220
28	2	55	13	110
29	2	65	14	24



$$\begin{array}{lll}
 h = 0,8\ell & a = 0,2\ell & D_1 = 0,7\ell \\
 \delta = 0,1\ell & b = 0,6\ell - 4 & D_2 = 0,2\ell + 4
 \end{array}$$

Рисунок 1 – Эскиз электромагнита №1



$$\begin{array}{lll}
 h = 0,7\ell & a = 0,15\ell & D_1 = 0,7\ell - 4 \\
 \delta = 0,1\ell & b = 0,55\ell - 4 & D_2 = 0,2\ell + 4
 \end{array}$$

Рисунок 2 – Эскиз электромагнита №2

2 УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1 Расчет магнитных цепей и обмоток электромагнитов постоянного тока

При расчете магнитной цепи электромагнита по заданной тяговой силе F_3 необходимо определить м.д.с. (магнитодвижущую силу) обмотки Iw .

Магнитная цепь электромагнита разбивается на несколько участков (рисунок 3) и составляется схема её замещения (рисунок 4).

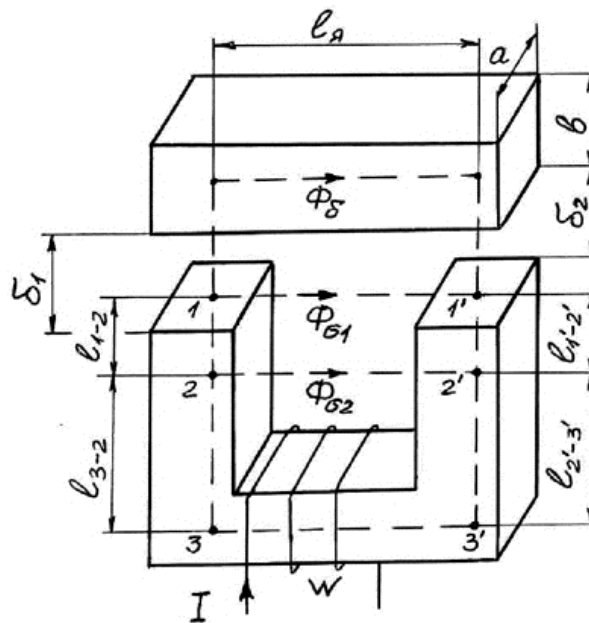


Рисунок 3 – Расчетная схема магнитной цепи электромагнита

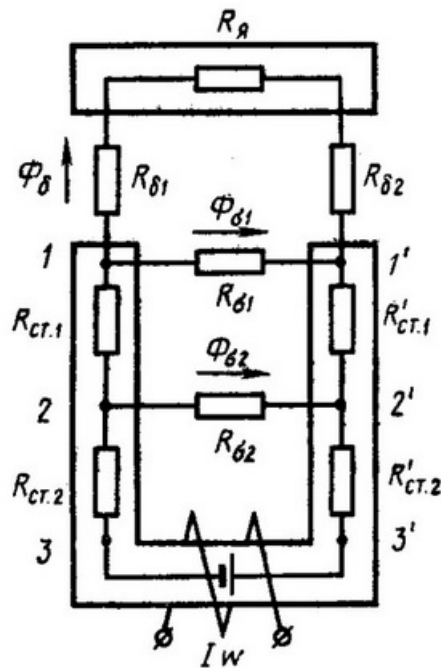


Рисунок 4 – Схема замещения магнитной цепи

Методика расчета магнитных цепей электромагнитов и их обмоток, теплового расчета обмоток подробно освещена в учебной и методической литературе [1, 2].

2.2 Пример расчета электромагнита

Задана тяговая сила электромагнита:

$$F_s = 6,25 \text{ Н}$$

Геометрические размеры магнитопровода (рисунок 1) приняты следующие:

$$\delta_1 = \delta_2 = 7 \text{ мм}; l_{\text{я}} = 70 \text{ мм}; l_{1-1'} = 42 \text{ мм}; l_{1-2} = l_{2-2'} = 21 \text{ мм}; \\ \alpha = b = 14 \text{ мм}.$$

Материала магнитопровода - электротехническая сталь Э330.

Порядок расчета следующий:

1 Определяем рабочий магнитный поток Φ_{δ} :

$$\Phi_{\delta} = \sqrt{2F_2 \mu_0 S_{\delta}} = \sqrt{2 \cdot 6,25 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot (14 \cdot 10^{-2})^2} = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}$$

2 Определяем магнитные сопротивления рабочих воздушных зазоров $R_{\delta 1}$ и $R_{\delta 2}$:

$$R_{\delta 1} = R_{\delta 2} = \frac{\delta}{\mu_0 S_{\delta}} = \frac{7 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot (14 \cdot 10^{-2})^2} = 2,8 \cdot 10^7 \text{ Гн}^{-1}$$

3 Определяем магнитные сопротивления рассеяния по воздуху $R_{\sigma 1}$ и $R_{\sigma 2}$:

$$R_{\sigma 1} = R_{\sigma 2} = \frac{l_{1-1'}}{\mu_0 S_{1-2}} = \frac{42 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 21 \cdot 14 \cdot 10^{-6}} = 1,1 \cdot 10^8 \text{ Гн}^{-1}$$

4 Определяем индукцию в якоре $B_{\text{я}}$:

$$B_{\text{я}} = \frac{\Phi_{\delta}}{S_{\text{я}}} = \frac{5,6 \cdot 10^{-5}}{(14 \cdot 10^{-2})^2} = 0,29 \text{ Тл}$$

5 Пользуясь графиком кривой намагничивания материала магнитопровода (электротехническая сталь Э330), определяем напряженность поля в якоре $H_{\text{я}}[3]$:

$$H_{\text{я}} = 500 \text{ А/м}$$

6 Определяем магнитную проницаемость якоря $\mu_{\text{я}}$:

$$\mu_{\text{я}} = \frac{B_{\text{я}}}{H_{\text{я}}} = \frac{0,29}{500} = 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ Гн/м}$$

7 Определяем магнитное сопротивление якоря $R_{\text{я}}$:

$$R_{\text{я}} = \frac{l_{\text{я}}}{\mu_{\text{я}} S_{\text{я}}} = \frac{70 \cdot 10^{-3}}{5,8 \cdot 10^{-4} \cdot (14 \cdot 10^{-2})^2} = 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ Гн/м}$$

8 Определяем падение магнитного потенциала между точками 1-1' и 1-1':

$$u_{1-1'} = \Phi_{\delta} (R_{\delta 1} + R_{\text{я}} + R_{\delta 2}) = 5,6 \cdot 10^{-5} (2,8 \cdot 10^7 + 6,2 \cdot 10^5 + 2,8 \cdot 10^7) = \\ = 3190 \text{ А}$$

9 Находим поток рассеяния $\Phi_{\sigma 1}$:

$$\Phi_{\sigma 1} = \frac{u_{1-1'}}{R_{\sigma 1}} = \frac{3190}{1,1 \cdot 10^9} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}$$

10 Определяем индукцию на участках $1 - 2$ и $1' - 2'$:

$$B_{1-2} = B_{1'-2'} = \frac{\Phi_{\delta} + \Phi_{\sigma 1}}{S_1} = \frac{5,6 \cdot 10^{-5} + 2,9 \cdot 10^{-5}}{(14 \cdot 10^{-3})^2} = 0,43 \text{ Тл}$$

11 По кривой намагничивания определяем напряженность магнитного поля:

$$H_{1-2} = H_{1'-2'} = 700 \text{ А/м}$$

12 Определяем магнитную проницаемость материала магнитопровода на участках $1 - 2$ и $1' - 2'$:

$$\mu_{1-2} = \mu_{1'-2'} = \frac{B_{1-2}}{H_{1-2}} = \frac{0,43}{700} = 6,1 \cdot 10^{-4} \text{ Гн/м}$$

13 Определяем магнитные сопротивления участков $1 - 2$ и $1' - 2'$ магнитопровода:

$$R_{\sigma 1} = R'_{\sigma 1} = \frac{l_{1-2}}{\mu_{1-2} S_1} = \frac{21 \cdot 10^{-3}}{6,1 \cdot 10^{-4} \cdot (14 \cdot 10^{-3})^2} = 1,8 \cdot 10^5 \text{ Гн}^{-1}$$

14 Определяем падение магнитного потенциала между точками $2 - 2'$:

$$u_{2-2'} = u_{1-1'} + (\Phi_{\delta} + \Phi_{\sigma 1})(R_{\sigma 1} + R'_{\sigma 1}) = 3190 + (5,6 \cdot 10^{-5} + 2,9 \cdot 10^{-5}) \cdot (1,8 \cdot 10^5 + 1,8 \cdot 10^5) = 3221 \text{ А}$$

15 Определяем поток рассеяния $\Phi_{\sigma 2}$:

$$\Phi_{\sigma 2} = \frac{u_{2-2'}}{R_{\sigma 2}} = \frac{3221}{1,1 \cdot 10^9} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}$$

16 Определяем индукцию на участках $1 - 2$ и $1' - 2'$:

$$B_{2-3} = B_{2'-3'} = \frac{\Phi_{\delta} + \Phi_{\sigma 1} + \Phi_{\sigma 2}}{S_2} = \frac{5,6 \cdot 10^{-5} + 2,9 \cdot 10^{-5} + 2,9 \cdot 10^{-5}}{(14 \cdot 10^{-3})^2} = 0,58 \text{ Тл}$$

17 По кривой намагничивания определяем напряженность магнитного поля:

$$H_{2-3} = H_{2'-3'} = 1000 \text{ А/м}$$

18 Определяем магнитную проницаемость материала магнитопровода на участках 2 - 3 и 2' - 3':

$$\mu_{2-3} = \mu_{2'-3'} = \frac{B_{2-3}}{H_{2-3}} = \frac{0,58}{1000} = 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ Гн/м}$$

19 Определяем магнитные сопротивления стали на участках 2 - 3 и 2' - 3':

$$R_{\sigma T2} = R'_{\sigma T2} = \frac{l_{2-3}}{\mu_{2-3} S_2} = \frac{21 \cdot 10^{-3}}{5,8 \cdot 10^{-4} \cdot (14 \cdot 10^{-3})^2} = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Гн}^{-1}$$

20 Определяем падение магнитного потенциала между точками 3 - 3', равное искомой м.д.с. обмотки:

$$\begin{aligned} Iw = u_{3-3'} &= u_{2-2'} + (\Phi_{\delta} + \Phi_{\sigma 1} + \Phi_{\sigma 2})(R_{\sigma T2} + R'_{\sigma T2}) = \\ &= 3221 + (5,6 \cdot 10^{-5} + 2,9 \cdot 10^{-5} + 2,9 \cdot 10^{-5})(1,7 \cdot 10^5 + 1,7 \cdot 10^5) = 3260 \text{ А} \end{aligned}$$

Выполняем расчет обмотки:

1 Определяем диаметр обмоточного провода при условии, что напряжение питания $U = 24 \text{ В}$:

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{2Iw(D_1 + D_2)\rho}{U}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3260(50 \cdot 10^{-3} + 18 \cdot 10^{-3}) \cdot 2,2 \cdot 10^{-8}}{24}} = \\ &= 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ м} \end{aligned}$$

2 Выбираем провод марки ПЭЛ с $d = 0,65 \text{ мм}$. Коэффициент заполнения $K_3 = 0,75$ [3].

3 Определяем число витков обмотки:

$$w = K_3 \frac{4S_{\sigma \text{дм}}}{\pi d^2} = 0,75 \cdot \frac{4 \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 38 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (6,5 \cdot 10^{-4})^2} = 1370 \text{ ВИТКОВ.}$$

3 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сбродов Н.Б. Проектирование и расчет устройств электроавтоматики: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Устройства автоматики» для студентов направления 15.03.04. – Курган: КГУ, 2017.

2 Чунихин А.А. Электрические аппараты: Общий курс. – Москва : Энергия, 1988. – 720 с.

3 Электротехнический справочник : в 4 т. – Т. 1: Электротехнические материалы/ под общ. ред. В.Г.Герасимова и др. – Москва : Издательство МЭИ, 2003. – 440 с.

Сбродов Николай Борисович

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА
ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ**

Методические указания и задания к контрольной работе
по дисциплине «Устройства автоматики»
для студентов направления

15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств»

Авторская редакция

Подписано в печать 21.01.20	Формат 60x84 1/16	Бумага 80 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 0,75	Уч. изд. л. 0,75
Заказ 4	Тираж 25	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.