

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ**

**Методические указания**  
к практическим занятиям  
по дисциплине «Устройства автоматики»  
для студентов направления  
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Курган 2017

Кафедра автоматизации производственных процессов.

Дисциплина: «Устройства автоматики».

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

Утверждены на заседании кафедры 29 августа 2017 г.

Рекомендованы методическим советом университета 12 декабря 2016 г.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью данных практических занятий по дисциплине «Устройства автоматики» является закрепление знаний, полученных студентами в ходе лекционных и лабораторных занятий, приобретение навыков в решении практических задач по проектированию и расчету основных устройств электроавтоматики.

Настоящие методические указания содержат краткое изложение теоретического материала по методам проектирования и расчета устройств электроавтоматики, примеры решения задач и задания для практических занятий.

### **1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ**

#### **1.1 Общие сведения**

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 [3].

Электромагниты входят в состав многих устройств электроавтоматики, выполняя в них функцию электромагнитного привода [1 – 3]. 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.

По роду тока электромагниты бывают постоянного и переменного тока.

По конструкции электромагниты подразделяются на следующие типы:

- 1) клапанные (прямоходовые);
- 2) поворотные;
- 3) втяжные (соленоидные);
- 4) броневого.

Основными элементами электромагнита клапанного типа, конструктивная схема которого приведена на рисунке 1, являются обмотка 1, магнитопровод 2 и якорь 3.

При проектировании электромагнитных исполнительных устройств решаются следующие основные задачи:

1. Расчет магнитной цепи электромагнита

2. Расчет обмотки электромагнита
3. Тепловой расчет электромагнита.

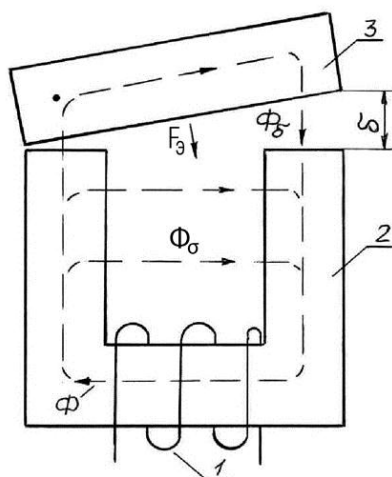


Рисунок 1 – Конструктивная схема электромагнита клапанного типа

## 1.2 Расчет магнитных цепей и обмоток электромагнитов постоянного тока

На стадии проектирования электромагнита расчет магнитных цепей при заданных геометрических размерах сводится к решению прямой задачи [1]. Суть прямой задачи определить м.д.с. (магнитодвижущую силу) обмотки  $Iw$ , если известен рабочий магнитный поток  $\Phi_\delta$  (рисунок 1), создающий тяговую силу  $F_\delta$ .

Магнитные сопротивления на разных участках магнитопровода неодинаковы, так как неодинаковы магнитные потоки, индукции и напряженности магнитного поля. Это существенно усложняет расчет.

Магнитная цепь электромагнита разбивается на несколько участков (рисунок 2) и составляется схема её замещения (рисунок 3).

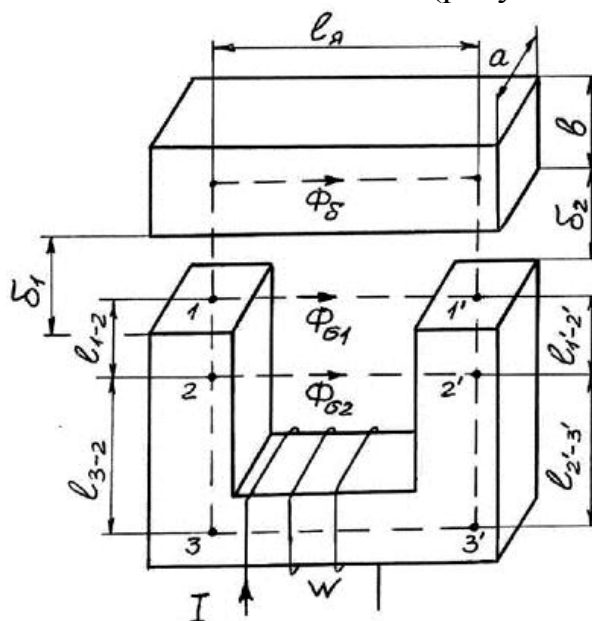


Рисунок 2 – Расчетная схема магнитной цепи электромагнита

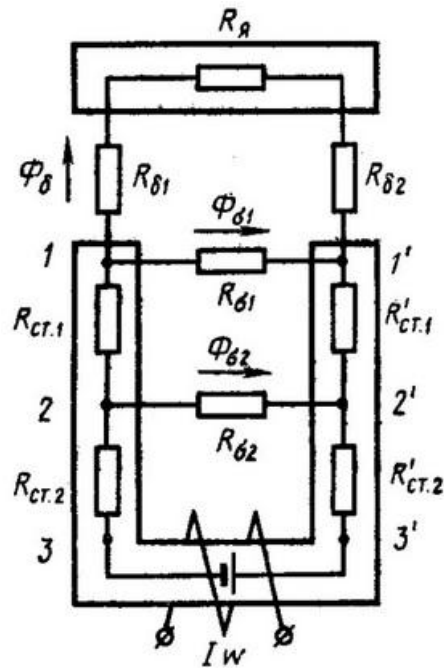


Рисунок 3 – Схема замещения магнитной цепи

Геометрические размеры магнитопровода определяются габаритными размерами устройства электроавтоматики, в котором будет использоваться проектируемый электромагнит.

Вначале определяются магнитные сопротивления  $R_{\sigma 1}$  и  $R_{\sigma 2}$  рассеяния по воздуху [1].

Порядок расчета следующий:

1. Определяется по заданному потоку  $\Phi_{\delta}$ , сечению  $S_{я} = ab$  и длине  $l_{я}$  магнитное сопротивление якоря:

$$R_{я} = l_{я} / (\mu_{я} S_{я}),$$

где

$$\mu_{я} = B_{я} / H_{я}; \quad B_{я} = \Phi_{\delta} / S_{я}.$$

2. По индукции  $B_{я}$  и кривой намагничивания данного материала магнитопровода находится напряженность поля в якоре  $H_{я}$ .

3. Определяется падение магнитного потенциала между точками  $1-1'$ :

$$u_{1-1'} = \Phi_{\delta} (R_{\delta 1} + R_{я} + R_{\delta 2}).$$

4. Находится поток рассеяния:

$$\Phi_{\sigma 1} = u_{1-1'} / R_{\sigma 1}.$$

5. Определяется по суммарному магнитному потоку на участках  $1-2$  и  $1'-2'$  их магнитное сопротивление:

$$R_{с\tau 1} = l_1 / (\mu_{1-2} S_1),$$

где  $S_1$  и  $l_1$  - сечение и длина участка.

6. Индукция на участке

$$B_{1-2} = \Phi_{1-2} / S_1 = (\Phi_\delta + \Phi_{\sigma 1}) / S_1.$$

7. По  $B_{1-2}$  и кривой  $B = f(H)$  находится проницаемость  $\mu_{1-2}$  на участке.

8. Определяется падение магнитного потенциала между точками 2 - 2':

$$u_{2-2'} = u_{1-1'} + (\Phi_\delta + \Phi_{\sigma 1})(R_{с\tau 1} + R'_{с\tau 1}).$$

9. Определяется поток рассеяния:

$$\Phi_{\sigma 2} = u_{2-2'} / R_{\sigma 2}.$$

10. Находится сопротивление стали на участках 2 - 3 и 2' - 3':

$$R_{с\tau 2} = l_2 / (\mu_2 S_2),$$

где  $\mu_2 = B_{2-3} / H_{2-3}$ ;  $B_{2-3} = (\Phi_\delta + \Phi_{\sigma 1} + \Phi_{\sigma 2}) / S_2$ .

11. По  $B_{2-3}$  и кривой  $B = f(H)$  находится напряженность поля  $H_{2-3}$ .

12. Рассчитывается падение магнитного потенциала между точками 3—3', равное искомой намагничивающей силе катушки (м.д.с.):

$$Iw = u_{3-3'} = u_{2-2'} + (\Phi_\delta + \Phi_{\sigma 1} + \Phi_{\sigma 2})(R_{с\tau 2} + R'_{с\tau 2}).$$

По величине рассчитанной м.д.с.  $Iw$  определяется диаметр обмоточного провода  $d$  и число витков  $w$  в обмотке (катушке):

$$d = \sqrt{\frac{2Iw(D_1 + D_2)\rho}{U}},$$

где  $D_1$  - наружный диаметр обмотки;

$D_2$  - внутренний диаметр обмотки;

$\rho$  - удельное сопротивление материала (меди) обмоточного провода;

$U$  - напряжение питания обмотки

$$w = K_3 \frac{4S_{обм}}{\pi d^2},$$

где  $K_3$  - коэффициент заполнения обмотки;

$S_{обм}$  - площадь сечения обмотки.

### 1.3. Тепловой расчет обмоток электромагнитов

Температура нагрева обмотки  $\Theta$ , которая не должна превышать допустимую по теплостойкости изоляции, определяется для установившегося состояния из уравнения баланса подводимой  $P_{подв}$  и отводимой  $P_{отв}$  мощностей:

$$P_{подв} = U^2 / R = P_{отв} = K_T S_{бок} (\Theta - \Theta_{окр}),$$

где  $S_{бок}$  – площадь боковой поверхности катушки;  
 $\Theta_{окр}$  - температура окружающей среды.

Следовательно

$$\Theta = \Theta_{окр} + \pi d^2 U^2 / 4 \rho l_{cp} w K_T S_{бок}.$$

Ориентировочно проверить на нагрев обмотку можно по плотности тока. Плотность тока  $j$  не должна превышать:

для длительного режима работы  $j < 2 - 3 \text{ А/мм}^2$ ;

для повторно-кратковременного режима работы  $j < 10 \text{ А/мм}^2$ ;

для кратковременного режима работы  $j < 20 \text{ А/мм}^2$ .

### 1.4 Пример расчета электромагнита

Задана тяговая сила электромагнита:

$$F_3 = 6,25 \text{ Н}$$

Геометрические размеры магнитопровода (рисунок 2) приняты следующие:

$$\delta_1 = \delta_2 = 7 \text{ мм}; l_{я} = 70 \text{ мм}; l_{1-1} = 42 \text{ мм}; l_{1-2} = l_{2-3} = 21 \text{ мм}; \\ a = b = 14 \text{ мм}.$$

Материала магнитопровода - электротехническая сталь Э330.

#### Порядок расчета следующий:

1. Определяем рабочий магнитный поток  $\Phi_\delta$ :

$$\Phi_\delta = \sqrt{2F_3 \mu_0 S_\delta} = \sqrt{2 \cdot 6,25 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot (14 \cdot 10^{-3})^2} = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}$$

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

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

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  $B_{я}$ :

$$B_{я} = \frac{\Phi_{\delta}}{S_{я}} = \frac{5,6 \cdot 10^{-5}}{(14 \cdot 10^{-3})^2} = 0,29 \text{ Тл}$$

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

$$H_{я} = 500 \text{ А/м}$$

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

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

7. Определяем магнитное сопротивление якоря  $R_{я}$ :

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

8. Определяем падение магнитного потенциала между точками  $I-I'$   $u_{1-1'}$ :

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

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

$$\Phi_{\sigma 1} = \frac{u_{1-1'}}{R_{\sigma 1}} = \frac{3190}{1,1 \cdot 10^8} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}$$

10. Определяем индукцию на участках  $I-2$  и  $I'-2'$ :

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

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  $I-2$  и  $I'-2'$ :

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



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

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

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

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

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

$$\Phi_{\sigma 2} = \frac{u_{2-2'}}{R_{\sigma 2}} = \frac{3221}{1,1 \cdot 10^8} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}$$

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  $2' - 3'$ :

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

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

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

### Выполняем расчет обмотки:

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

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

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

3. Определяем число витков обмотки:

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

## 2. РАСЧЕТ КОНТАКТОВ КОММУТАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА

### 2.1 Общие сведения о контактах

Электрическим контактом называется соединение двух проводников, позволяющее проводить ток между ними [3]. Соприкасающиеся проводники называются контактами или контакт-детальями. Электрический контакт – место перехода тока из одной токоведущей детали в другую.

Конструктивно коммутирующий контакт выполняют в виде контактного узла, состоящего из нескольких контактов-деталей. Обычно контактный узел имеет подвижный и неподвижный контакты, хотя последний также может иметь некоторое перемещение, связанное с упругими и температурными деформациями элементов коммутирующего аппарата.

На рисунке 4а показан мостиковый контактный узел, образующий два стыковых электрических контакта. Он состоит из неподвижных контактов 4, подвижного контакта 3, нажимной пружины 2 и штока 1, который перемещается с помощью электромагнитного привода коммутационного аппарата. Подвижный контакт самоустанавливается относительно неподвижного контакта. Это позволяет компенсировать неточности изготовления и износ деталей. Наименьшее расстояние  $x_0$  между подвижной и неподвижной деталями, образующими контактный узел, называют раствором контактов. При своем движении шток 1 с подвижным контактом 3 перемещается на величину  $x_0$  до соприкосновения контактных поверхностей. Сумма раствора  $x_0$  и провала  $x_{II}$  составляет ход контакта, который определяет полное перемещение приводного механизма.

На рисунке 4б изображен рычажный контактный узел, состоящий из двух плоских пружин, образующих неподвижный 2 и подвижный 3 контакты. Пружины жестко закреплены в основании из изоляционного материала. Неподвижная контактная пружина под действием жесткой пластины 1 находится в изогнутом состоянии, что обеспечивает начальное контактное нажатие. Перемещение контактов происходит под действием упора 4. После того как подвижный контакт 3 переместится на величину раствора контактов  $x_0$  и произойдет касание контактов, обе пружины получают дополнительный прогиб

на величину провала контактов  $x_{\Pi}$ . При этом возникает проскальзывание (притирание) контактов, которое необходимо для удаления пыли и пленки окислов с их поверхности. На этом примере можно убедиться в некоторой условности термина «неподвижный контакт».

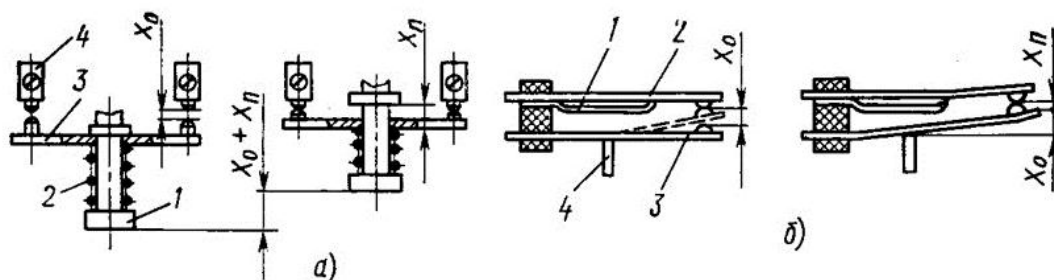


Рисунок 4 – Контактные узлы коммутационных устройств  
а – мостиковый контакт; б – рычажный контакт с плоскими пружинами

## 2.2 Методика расчета контактов

Исходными данными для расчета контактов являются: номинальный ток нагрузки  $I_H$ , ток короткого замыкания (К.З.) -  $I_{КЗ}$  и материал контактов.

Основная задача ориентировочного расчета контактов – определение силы контактного нажатия.

### Порядок расчета следующий:

1. Определяется переходное контактное сопротивление:

$$R_K = \frac{0,5U_p}{I_H},$$

2. Определяется контактное нажатие по величине номинального тока:

$$F_K = \left( \frac{K_1}{R_K} \right)^2,$$

где  $K_1$  - коэффициент, зависящий от материала контактов.

3. Определяется контактное нажатие по величине номинального тока К.З.:

$$F_K = \frac{(2,55 \cdot I_{КЗ})^2}{K_2^2},$$

где  $K_2$  - коэффициент, зависящий от конструкции контактов.

## 2.3 Пример расчета контактов

Задан асинхронный трехфазный электродвигатель, имеющий следующие технические характеристики:

$$P_{\text{ном дв}} = 4,9 \text{ кВт}, \quad U_{\text{ном дв}} = 380 \text{ В}, \quad \cos\varphi = 0,88, \quad \eta = 0,85$$

Контакты коммутационного устройства являются одноточечными. Материал контактов – медь.

### Порядок расчета следующий:

1. Определяем номинальный ток электродвигателя

$$I_{\text{ном дв}} = \frac{P_{\text{ном дв}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном дв}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{4900}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.88 \cdot 0.85} = 10 \text{ А}$$

2. Определяем переходное контактное сопротивление:

$$R_{\text{к}} = \frac{0,5U_{\text{р}}}{I_{\text{ном дв}}} = \frac{0,5 \cdot 0,12}{10} = 0,006 \text{ Ом}$$

где  $U_{\text{р}} = 0,12$  – напряжение рекристаллизации для меди [3].

3. Определяем силу контактного нажатия по номинальному току:

$$F_{\text{к}} = \left(\frac{K_1}{R_{\text{к}}}\right)^2 = \frac{(0,015)^2}{(0,006)^2} = 6,25 \text{ Н,}$$

где  $K_1 = 0,015$  – коэффициент  $K_1$  для меди [3].

4. Определяем силу контактного нажатия по току короткого замыкания:

$$F_{\text{к}} = \frac{(2,55 \cdot I_{\text{кз}})^2}{K_2^2} = \frac{(2,55 \cdot 100)^2}{1300^2} = 0,04 \text{ Н}$$

В данном случае сила контактного нажатия определяется номинальным током и её величина равна 6,25 Н.

## 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

**Задание 1.** Определить величину контактного нажатия для главных (силовых) электрических контактов контактора (магнитного пускателя), обеспечивающего включение – выключение трехфазного асинхронного электродвигателя заданной модели электродвигателя (таблица 1). Технические характеристики электродвигателей приведены в [4].

Таблица 1 – Исходные данные для задания 1

№ варианта	Модель двигателя	№ варианта	Модель двигателя
1	4А 80А2У3	6	4А 112М2У3
2	4А 80В2У3	7	4А 132М2У3
3	4А 90L2У3	8	4А 160S2У3
4	4А 100S2У3	9	4А 160М2У3
5	4А 100L2У3	10	4А 180S2У3

**Задание 2.** Выполнить следующие расчеты электромагнита:

- магнитной цепи электромагнита;
- обмотки;
- тепловой расчет обмотки.

Значение тяговой силы электромагнита принять равной величине контактного нажатия из задания 1. Другие исходные данные приведены на рисунке 5 и в таблице 2.

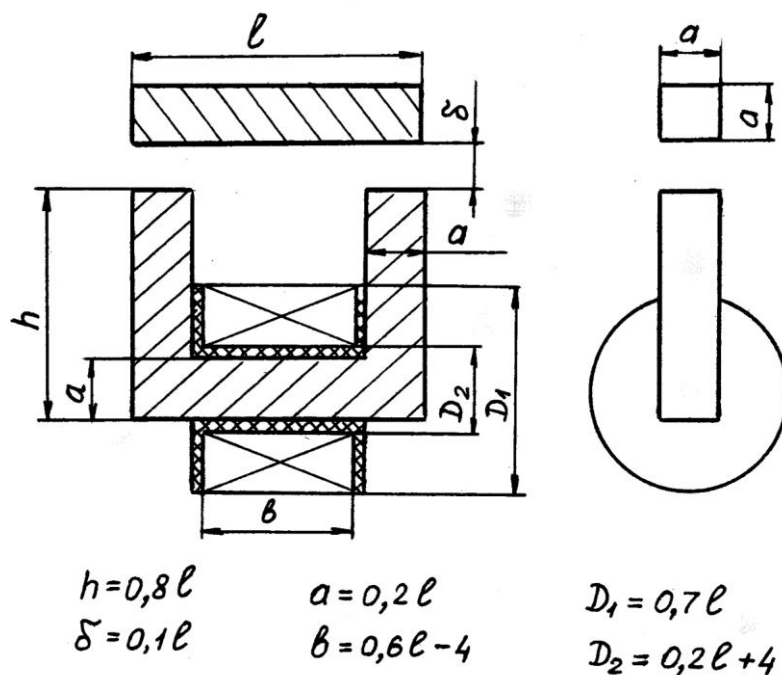


Рисунок 5 – Эскиз электромагнита

Таблица 2 – Исходные данные для задания 2

№ варианта	Размер $l$ , мм	Напряжение питания обмотки, В	№ варианта	Размер $l$ , мм	Напряжение питания обмотки, В
1	60	24	6	50	110
2	70	110	7	60	220
3	50	220	8	70	110
4	60	110	9	50	24
5	70	24	10	60	110

#### 4. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев И. И. Электрические аппараты : справочник. – Москва : РадиоСофт, 2004. – 256 с.
2. Электрические и электронные аппараты : учебник для вузов / под ред.

- Ю. К. Розанова. – Москва : Информэлекто, 2001. – 412 с.
3. Чунихин А. А. Электрические аппараты: Общий курс. – Москва : Энергия, 1988. – 720 с.
4. Лихачев В. Л. Электродвигатели асинхронные. – Москва : СОЛОН-Р, 2002. – 304 с.
5. 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

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УСТРОЙСТВ  
ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ**

**Методические указания**  
к практическим занятиям  
по дисциплине «Устройства автоматики»  
для студентов направления  
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Авторская редакция

---

Подписано к печати 29.11.17	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,0	Уч. изд. л. 1,0
Заказ №207	Тираж 25	Не для продажи

---

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