

1. Расчет электропневматического контактора.

1.1. Расчет нажатия и ширины контактов.

Ширина контактов рассчитывается исходя из соотношения

$$\frac{I_{\infty}}{b_{\text{к}}} = 20 \frac{\text{А}}{\text{мм}} \Rightarrow b_{\text{к}} = \frac{I_{\infty}}{20};$$

где I_{∞} – длительный ток контактора, А. Принимается по заданию;

$b_{\text{к}}$ – ширина контактов контактора, мм.

Нажатие контактов рассчитывается по формуле

где $A_{\text{к}}$ – тепловая постоянная контактов контактора, $\text{А}^2/\text{мм} \cdot \text{Н}$.

Принимается по заданию.

$$Q_{\text{н}} = \frac{I_{\infty}}{A_{\text{к}}} \cdot \frac{I_{\infty}}{\text{к}} \text{Н};$$

Контактное сопротивление контактора рассчитывается по формуле

где $k_{\text{н}}$ – коэффициент, зависящий от материала и конструкции контактов, Ом/Н. Для медных контактов принимается равным $1,6 \cdot 10^{-3}$ Ом/Н;

m – коэффициент, зависящий от типа контакта. Для линейного контакта принимается равным 0,75.

$$R_{\text{к}} = \frac{k_{\text{н}}}{Q_{\text{н}}^m} \text{Ом};$$

1. Расчет электропневматического контактора.

1.1. Расчет нажатия и ширины контактов.

Предельный ток контактора рассчитывается по формуле
где $\Delta U_{\text{стр}}$ – падение напряжения на контакте, при котором достигается температура размягчения материала контактов, В. Для медных контактов принимается равным 0,11 В.

$$I_{\text{пр}} = \frac{0,7 \cdot \Delta U_{\text{стр}}}{R_{\text{к}}} \text{ А};$$

Ток плавления материала контактов рассчитывается по формуле

где $\Delta U_{\text{пл}}$ – падение напряжения на контакте, при котором достигается температура плавления материала контактов, В. Для медных контактов принимается равным 0,44 В.

$$I_{\text{пл}} = \frac{0,9 \cdot \Delta U_{\text{пл}}}{R_{\text{к}}} \text{ А};$$

1. Расчет электропневматического контактора.

1.2. Расчет дугогасительного устройства.

Конечная длина дуги рассчитывается по формуле
где U_n – номинальное напряжение на контактах, В.

$$l_{\text{ДК}} = 13 \cdot 10^{-5} \cdot U_n \cdot \sqrt[3]{I_p},$$

Принимается по заданию;

I_p – разрываемый ток, А. Принимается равным $2 \cdot I_{\infty}$.

Требуемая площадь боковой поверхности дугогасительной камеры рассчитывается по формуле

$$S_K = \frac{0,04 \cdot l_{\text{ДК}}^2}{k_{\text{ип}}} \text{ м}^2,$$

где $k_{\text{ип}}$ – коэффициент использования пространства. Для щелевой дугогасительной камеры принимается равным 0,8.

Площадь полюса, через который в дугогасительной камере проходит магнитный поток, рассчитывается по формуле

$$S_{\text{п}} = 0,6 \cdot S_K, \text{ м}^2;$$

Расстояние между полюсами в дугогасительной камере рассчитывается по формуле

$$l_B = (b_K + 2 \cdot b_c + 2 \cdot b_3) \cdot 10^{-3}, \text{ м};$$

где b_c – толщина стенки дугогасительной камеры, мм.

Принимается равной 10 мм;

b_3 – величина зазора между контактом контактора и стенкой дугогасительной камеры, мм. Принимается равным 2 мм.

1. Расчет электропневматического контактора.

1.2. Расчет дугогасительного устройства.

Магнитодвижущая сила дугогасительной катушки

где B_c – среднее значение магнитной индукции дугогасительной катушки, Тл. Принимается равной 0,01 Тл;

σ – коэффициент рассеяния магнитной системы.

Принимается равным 1,8;

μ_0 – магнитная проницаемость воздуха, Гн/м. $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

$$F_D = \frac{B_c \cdot l \cdot \sigma}{\mu_0} A \text{ ВИТКОВ};$$

Число витков дугогасительной катушки

$$w_D = \frac{F_D}{0,5 \cdot I_\infty} \text{ ВИТКОВ.}$$

Средний магнитный поток в зазоре между полюсами дугогасительной катушки

$$\Phi_{bc} = B_c \cdot S_{\Pi}, \text{ Вб.}$$

Средний магнитный поток в сердечнике дугогасительной катушки

$$\Phi_{kc} = \Phi_{bc} \cdot \sigma, \text{ Вб.}$$

Площадь поперечного сечения сердечника дугогасительной катушки

$$S_c = \frac{\Phi_{kc}}{B_H} M^2;$$

где B_H – магнитная индукция насыщения стали, Тл.

Принимается равной 0,2 Тл.

1. Расчет электропневматического контактора.

1.2. Расчет дугогасительного устройства.

Минимальная площадь сечения шины дугогасительной катушки $S_{\text{шм}} = \frac{I_{\infty}}{j_{\text{д}}}, \text{мм}^2$;

где $j_{\text{д}}$ – допустимая плотность тока, А/мм². При толщине шины 2...4 мм принимается равной 6 А/мм².

Действительная площадь сечения шины дугогасительной катушки $S_{\text{ш}} = h_{\text{ш}} \cdot b_{\text{ш}}, \text{мм}^2$.

где $h_{\text{ш}}$ – высота шины дугогасительной катушки, мм;

$b_{\text{ш}}$ – толщина шины дугогасительной катушки, мм.

Действительная площадь сечения шины определяется методом подбора при условии, что $S_{\text{ш}} \geq S_{\text{шм}}$; $S_{\text{ш}} - S_{\text{шм}} = \min$. При этом $h_{\text{ш}}$ может принимать значения 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50 мм, а $b_{\text{ш}}$ – значения 2; 2,5; 3; 4 мм.

1. Расчет электропневматического контактора.

1.3. Расчет пневматического привода.

Минимальное рабочее давление сжатого воздуха в цилиндре пневматического привода $P_{\text{мин}} = 0,75 \cdot P_{\text{н}}$, Па.

где $P_{\text{н}}$ – номинальное рабочее давление сжатого воздуха в цилиндре пневматического привода, Па. Принимается равным $5 \cdot 10^5$ Па.

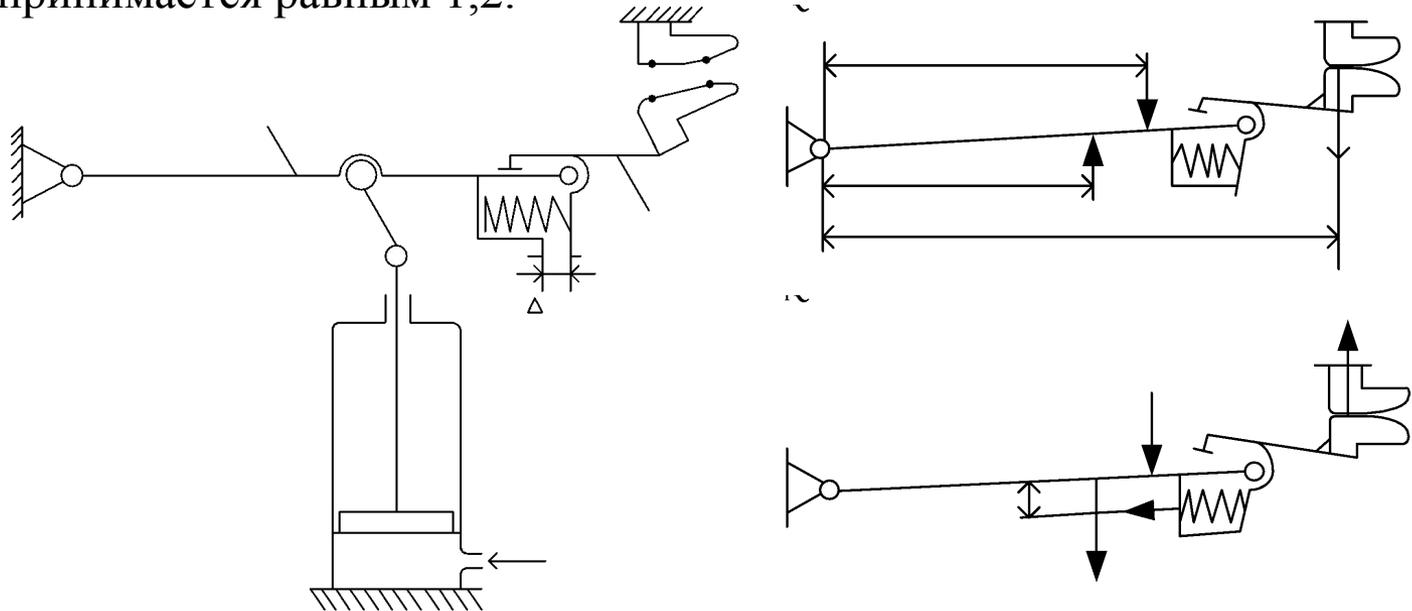
Приведенная сила нажатия контактов контактора

$$Q'_H = \frac{l_H}{l_{\text{ш}}} \cdot Q_H, \text{Н};$$

где l_H – плечо приложения силы нажатия контактов, мм;

$l_{\text{ш}}$ – плечо приложения силы от штока пневматического привода, мм.

Отношение $l_H / l_{\text{ш}}$ принимается равным 1,2.



1. Расчет электропневматического контактора.

1.3. Расчет пневматического привода.

Диаметр поршня пневматического привода

$$d_{\text{п}} = \frac{2 \cdot \left(12,5 \cdot 10^3 + \sqrt{1,56 \cdot 10^8 + 3 \cdot \pi \cdot P_{\text{мин}} \cdot Q'_{\text{н}}} \right)}{\pi \cdot P_{\text{мин}}} \text{ м.}$$

Сила давления сжатого воздуха на поршень пневматического привода при минимальном рабочем давлении

$$Q_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{п}}^2}{4} \cdot P_{\text{мин}} \text{ Н.}$$

Сила трения поршня о стенки цилиндра пневматического привода

$$Q_{\text{тр}} = 5 \cdot 10^3 \cdot d_{\text{п}} \text{ Н.}$$

Приведенная сила от веса элементов контактора

$$Q'_{\text{в}} = 0,1 \cdot Q'_{\text{н}},$$

Сила отключающей пружины в сжатом состоянии $Q_{\text{пк}} = Q_{\text{дв}} - Q_{\text{тр}} - Q'_{\text{в}} - Q'_{\text{н}} \text{ Н.}$

Требуемый раствор контактов контактора

$$h_{\text{р}} = 10^{-5} \cdot U_{\text{н}} \text{ м.}$$

Ход поршня пневматического привода

$$h_{\text{х}} = \frac{h_{\text{р}} + h_{\text{п}}}{1,2} \text{ м;}$$

где $h_{\text{п}}$ – провал контактов контактора, м. Принимается равным 0,01 м.

1. Расчет электропневматического контактора.

1.3. Расчет пневматического привода.

Жесткость отключающей пружины

$$ж = \frac{Q_{ПК}}{\mathfrak{M} \cdot h_x}, \text{ Н.}$$

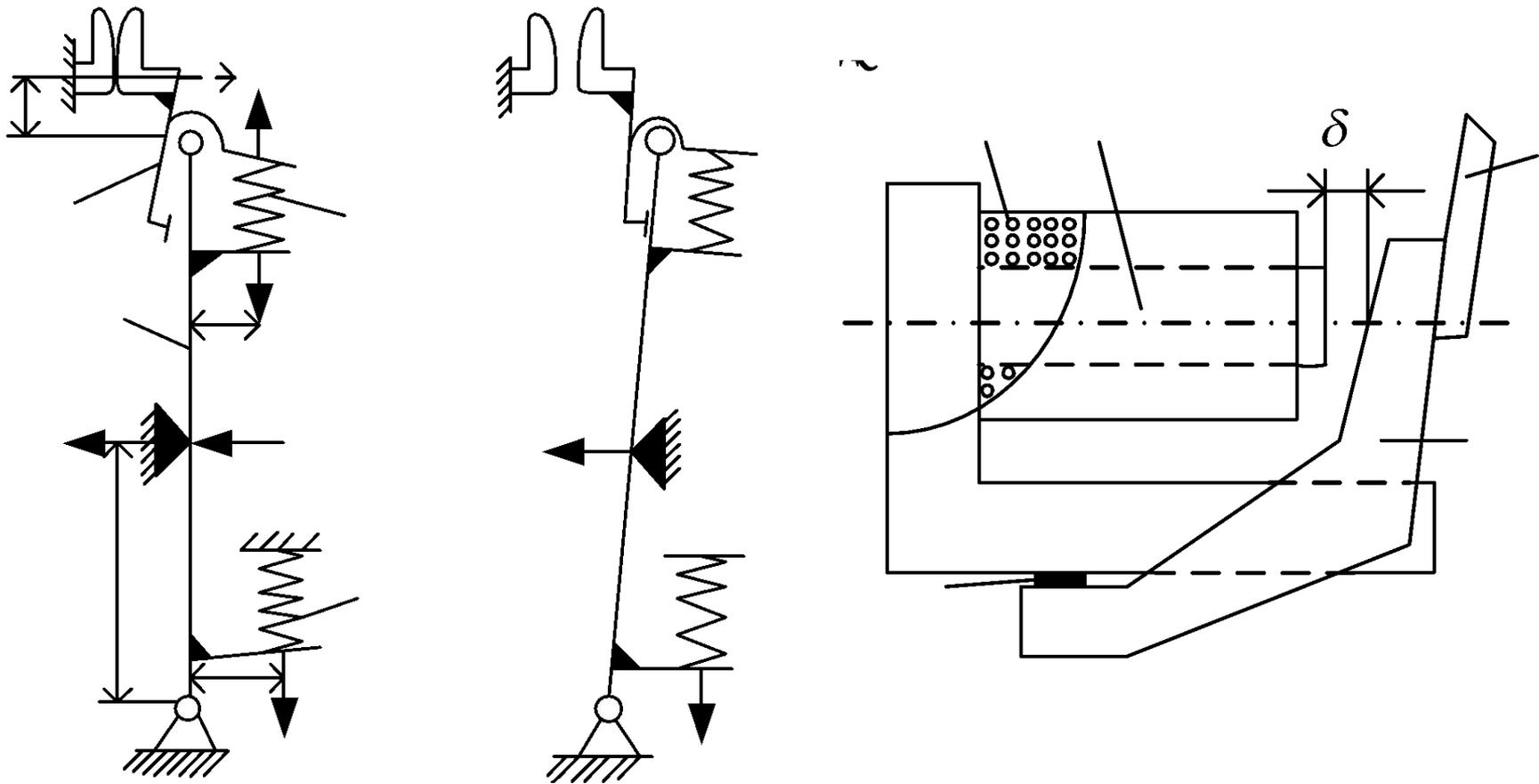
Начальное нажатие отключающей пружины

$$Q_{пн} = ж \cdot h_0, \text{ Н.}$$

где h_0 – начальное сжатие отключающей пружины, м. Принимается равным h_x .

2. Расчет электромагнитного контактора.

2.1. Расчет механической характеристики контактора.



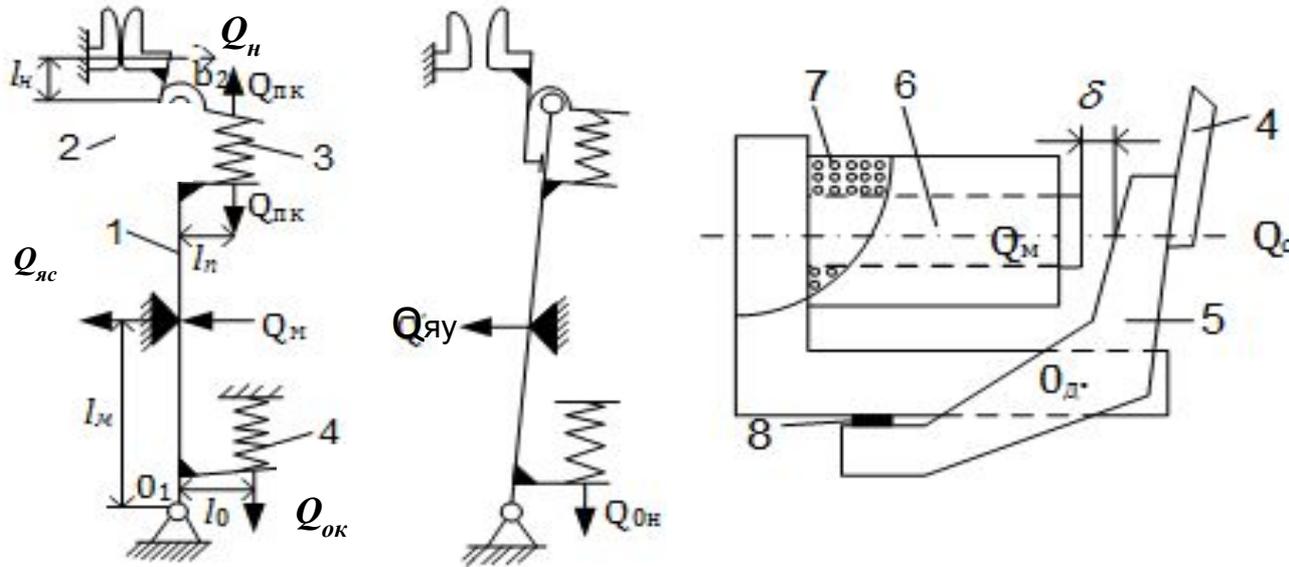
Сила начального натяжения притирающей пружины

$$Q_{\text{пн}} = 0,7 \cdot Q_{\text{н}}, \text{ Н};$$

где $Q_{\text{н}}$ – сила нажатия контактов контактора, Н. Принимается по заданию.

2. Расчет электромагнитного контактора.

2.1. Расчет механической характеристики контактора.



Сила начального натяжения притирающей пружины

$$Q_{пн} = 0,7 \cdot Q_n, \text{ Н};$$

где Q_n – сила нажатия контактов контактора, Н. Принимается по заданию.

2. Расчет электромагнитного контактора.

2.1. Расчет механической характеристики контактора.

Жесткость притирающей пружины

$$Ж_{\Pi} = \frac{Q_{\text{ПК}} - Q_{\text{ПН}}}{\Delta l_{\Pi}}, \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

где $Q_{\text{ПК}}$ – сила натяжения притирающей пружины в сжатом состоянии, Н. Принимается равным $Q_{\text{Н}}$;

Δl_{Π} – изменение длины притирающей пружины, м.

Принимается равным 0,008 м.

Приведенная сила начального натяжения притирающей пружины

$$Q'_{\text{ПН}} = Q_{\text{ПН}} \cdot \frac{l_{\Pi}}{l_{\text{М}}} \text{Н};$$

где l_{Π} – плечо силы притирающей пружины, м. Принимается равным 0,06 м;

$l_{\text{М}}$ – плечо силы электромагнитного притяжения, м.

Принимается равным 0,08 м.

Приведенная сила натяжения притирающей пружины в сжатом состоянии

$$Q'_{\text{ПК}} = Q_{\text{ПК}} \cdot \frac{l_{\Pi}}{l_{\text{М}}} \text{Н}.$$

2. Расчет электромагнитного контактора.

2.1. Расчет механической характеристики контактора.

Сила натяжения отключающей пружины в сжатом состоянии

$$Q_{\text{ок}} = Q_{\text{он}} - \Delta l_o \cdot ж_o, \text{ Н};$$

где $Q_{\text{он}}$ – сила начального натяжения отключающей пружины, Н.

Принимается по заданию;

Δl_o – изменение длины отключающей пружины в процессе включения контактора, м. Принимается равным 0,01 м;

$ж_o$ – жесткость отключающей пружины, Н/м. Принимается по заданию.

Приведенная сила начального натяжения отключающей пружины

$$Q'_{\text{он}} = Q_{\text{он}} \cdot \frac{l_o}{l_M} \text{ Н};$$

где l_o – плечо силы отключающей пружины, м. Принимается равным 0,072 м.

Приведенная сила натяжения отключающей пружины в сжатом состоянии

$$Q'_{\text{ок}} = Q_{\text{ок}} \cdot \frac{l_o}{l_M} \text{ Н}.$$

2. Расчет электромагнитного контактора.

2.1. Расчет механической характеристики контактора.

Сила сопротивления движению якоря при отключенном состоянии контактора

$$Q_{co} = Q'_{он} \text{ Н.}$$

Сила сопротивления движению якоря при соприкосновении контактов контактора

$$Q_{cc} = Q'_{он} + \frac{(Q'_{ок} - Q'_{он}) \cdot (\delta_o - \delta_c)}{\delta_o - \delta_k} + Q'_{пн} \text{ Н.};$$

где δ_o – начальный воздушный зазор между якорем и сердечником, мм. Принимается равным 14 мм;

δ_c – воздушный зазор между якорем и сердечником при соприкосновении контактов, мм. Принимается равным 6 мм;

δ_k – конечный воздушный зазор между якорем и сердечником, мм. Принимается равным 1 мм.

Сила сопротивления движению якоря при включенном состоянии контактора

$$Q_{ск} = Q'_{ок} + Q'_{пк} \text{ Н.}$$

2. Расчет электромагнитного контактора.

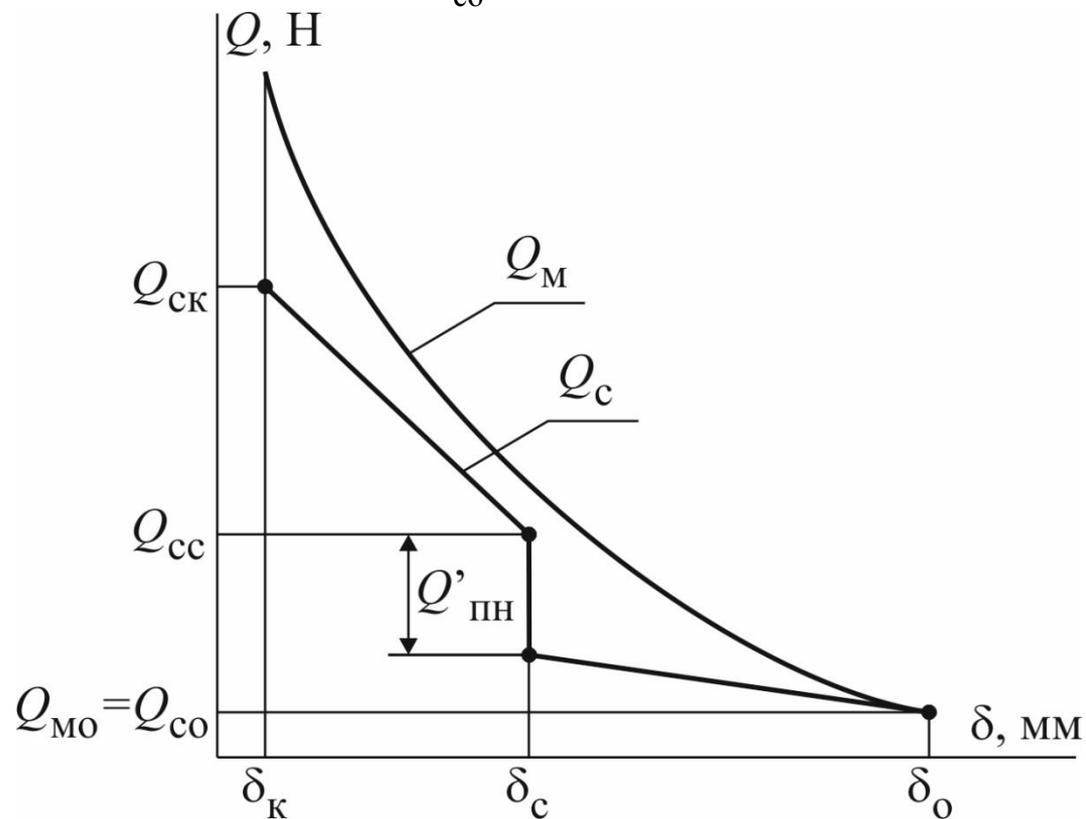
2.1. Расчет механической характеристики контактора.

Расчет механической характеристики оформляется в виде таблицы:

δ , мм	1	2	4	6	8	14
Q_M/Q_{MO}	13,5	11	7,3	5,44	3,06	1
Q_M , Н						

Здесь Q_{MO} – электромагнитная сила включающего электромагнита при отключенном состоянии контактора, Н. Принимается равной Q_{CO} .

По результатам расчетов на одном графике строятся тяговая и механическая характеристики:



2. Расчет электромагнитного контактора.

2.2. Расчет катушки включающего электромагнита.

Длина средней линии витка катушки электромагнита $l_{cp} = 0,5 \cdot \pi \cdot (D + d)$, м;

где D – максимальный диаметр витка катушки, м. Принимается равным 0,075 м;

d – минимальный диаметр витка катушки, м. Принимается равным 0,035 м.

Площадь сечения сердечника якоря электромагнита у воздушного зазора

$$S_{\delta} = \frac{\pi d_c^2}{4}$$

где d_c – диаметр сердечника якоря, м. Принимается равным 0,06 м.

Минимальная магнитодвижущая сила катушки электромагнита

$$F_{min} = \sqrt{\frac{Q_{MO} \cdot \delta_0^2}{0,5 \cdot \mu_0 \cdot S_{\delta}}} \text{ А ВИТКОВ.}$$

Величину δ_0 необходимо подставлять в м.

Минимальное напряжение питания катушки электромагнита

$$U_{min} = 0,6 \cdot U_{нцу},$$

где $U_{нцу}$ – номинальное напряжение питания катушки электромагнита, В. Принимается равным 50 В.

В;

2. Расчет электромагнитного контактора.

2.2. Расчет катушки включающего электромагнита.

Расчетное сечение обмоточного провода катушки электромагнита

$$q_p = \frac{F_{\min} \cdot \rho_{\max} \cdot l_{cp}}{U_{\min}} \text{ мм}^2,$$

где ρ_{\max} – удельное сопротивление меди при максимально допустимой температуре катушки, Ом · мм²/м.

Принимается равным 0,0225 Ом · мм²/м.

Действительная сечение обмоточного провода катушки электромагнита выбирается по табл.4 методических указаний при условии, что $q_{пр} \geq q_p$.

Площадь обмоточного пространства ("окно") катушки электромагнита

$$S_o = 0,5 \cdot (D - d) \cdot h, \text{ мм}^2;$$

где h – длина катушки, мм. Принимается согласно задания.

Расчет числа витков катушки электромагнита

$$w = \frac{S_o \cdot k}{q_{пр}};$$

где k_3 – коэффициент заполнения обмоточного пространства медью. Принимается равным 0,7.

Сопротивление катушки электромагнита

$$R = \frac{\rho_{\max} \cdot l_{cp} \cdot w}{q_{пр}} \text{ Ом.}$$

2. Расчет электромагнитного контактора.

2.2. Расчет катушки включающего электромагнита.

Максимальная мощность катушки электромагнита

$$P_{\max} = \frac{(1,1 \cdot U_{\text{нцУ}})^2}{R} \text{ Вт.}$$

Допустимая плотность тока в катушке электромагнита

$$j_{\text{доп}} = \frac{80 + P_{\max}}{P_{\max}}, \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Плотность тока в катушке электромагнита

$$j = \frac{1,1 \cdot U_{\text{нцУ}}}{R \cdot q_{\text{пр}}}, \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Плотность тока в катушке электромагнита должна быть меньше допустимой ($j \leq j_{\text{доп}}$).