

**Образец выполнения обучающимися контрольной работы**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Брянский государственный технический университет**

**Кафедра «Подвижной состав железных дорог»**

**Контрольная работа**

по дисциплине «Основы электропривода технологических установок»

Вариант № \_\_\_\_

Студент гр. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Брянск 2017

## Задание № 1

### Построение расчетных схем электропривода

#### Содержание задания

1. Определить основные параметры и составить исходную приведенную расчетную схему электропривода.
2. Построить упрощенные двухмассовую и одномассовую расчетные схемы привода.

#### Исходные данные к заданию № 1

Схема 5

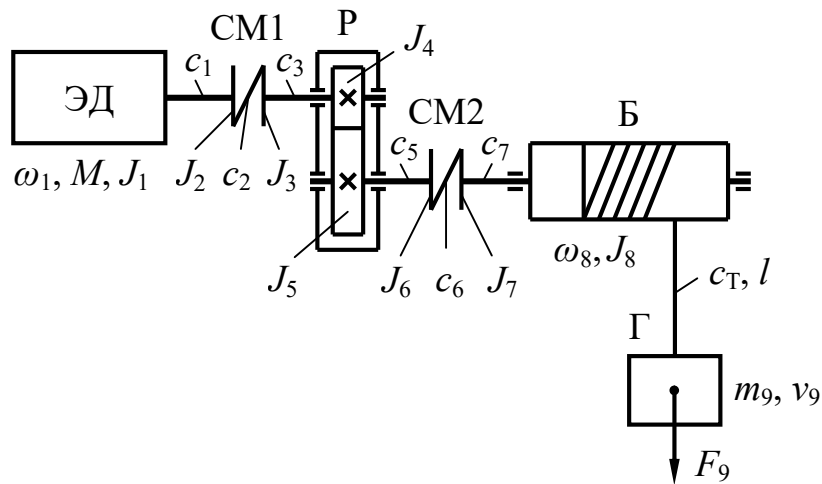


Рис. 1. Заданная кинематическая схема электропривода

Таблица 1

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8
$J_i, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	-	0,01	0,01	0,02	1,2	0,05	0,05	1,0
$c_i, \text{Н} \cdot \text{м}$	$\infty$	$11 \cdot 10^8$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$10 \cdot 10^8$	$20 \cdot 10^8$	—

$i_p = 10$ ;  $\eta_p = 0,95$ ;  $D_6 = 0,2$  м; жесткость одного метра подъемного троса  $c_T = 1,5 \cdot 10^8$  Н;  $l_T = 8$  м;  $m_9 = 1500$  кг.

#### 1. Определение основных параметров и составление исходной приведенной расчетной схемы

Определим радиус приведения для поступательно движущегося груза Г:

$$\rho_{19} = \frac{v_9}{\omega_1} = R_6 \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{D_6}{2i_p} = \frac{0,2}{2 \cdot 10} = 0,01 \text{ м.}$$

Определим приведенные к валу двигателя моменты инерции  $J_{\text{при}} = \frac{J_i}{i_{li}^2}$ ,

$$J_{\text{пр}j} = m_j \rho_{1j}^2:$$

$$J_{\text{пр}5} = \frac{J_5}{i_p^2} = \frac{1,2}{10^2} = 0,012 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad J_{\text{пр}6} = J_{\text{пр}7} = \frac{J_6}{i_p^2} = \frac{J_7}{i_p^2} = \frac{0,05}{10^2} = 0,0005 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\text{пр}8} = \frac{J_8}{i_p^2} = \frac{1}{10^2} = 0,01 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad J_{\text{пр}9} = m_9 \rho_{19}^2 = 1500 \cdot 0,01^2 = 0,15 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Определим приведенные коэффициенты жесткости  $c_{\text{при}} = c_i / i_{li}^2$ ,

$$c_{\text{пр}j} = c_j \rho_{1j}^2:$$

$$c_{\text{пр}6} = \frac{c_6}{i_p^2} = \frac{10 \cdot 10^8}{10^2} = 1 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad c_{\text{пр}7} = \frac{c_7}{i_p^2} = \frac{20 \cdot 10^8}{10^2} = 2 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$c_{\text{пр}8} = c_k \rho_{19}^2 / l = 1,5 \cdot 10^8 \cdot 0,01^2 / 8 = 1,8 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По полученным значениям  $J_{\text{при}}$ ,  $J_{\text{пр}j}$ ,  $c_{\text{при}}$  и  $c_{\text{пр}j}$  построим исходную приведенную расчетную схему механической части электропривода, предварительно составив таблицу полученных значений (табл. 2):

Таблица 2

$i, j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$J_{\text{при}i,j}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$	—	0,01	0,01	0,02	0,012	0,0005	0,0005	0,01	0,15
$c_{\text{при}i,j}, \text{ Н} \cdot \text{м}$	$\infty$	$11 \cdot 10^8$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$1 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^3$	—

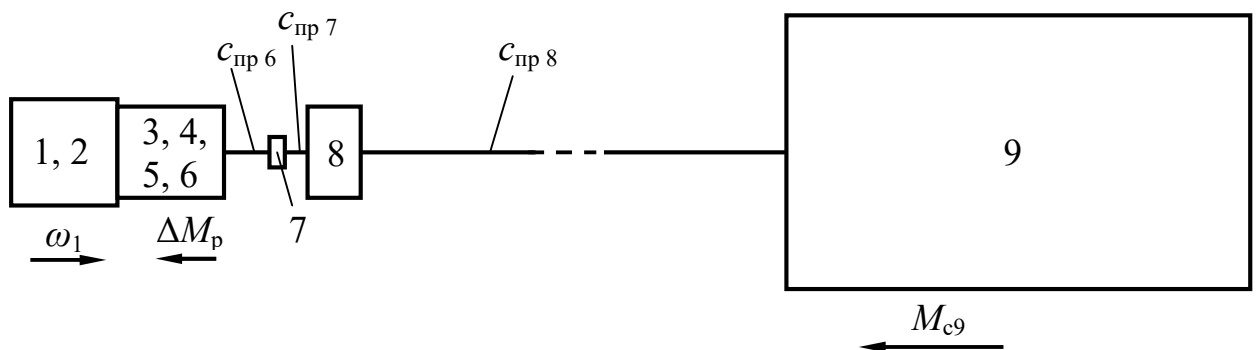


Рис. 2. Исходная расчетная схема механической части

## 2. Построение упрощенных расчетных схем привода

Жесткости связей между массами таковы, что без большой погрешности механическую часть электропривода можно представить в виде двухмассовой упругой системы.

$$J_{1\Sigma} = J_1 + J_2 + J_3 + J_4 + J_{\text{пр}5} + J_{\text{пр}6} + J_{\text{пр}7} + J_{\text{пр}8} = J_1 + 0,01 + 0,01 + 0,02 + 0,012 + 0,0005 + 0,0005 + 0,01 = J_1 + 0,063 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J_{2\Sigma} = J_{\text{пр}9} = 0,15 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

Значение  $c_{12}$  получим из формулы для последовательного соединения упругих связей:  $1/c_{\text{экв}} = 1/c_1 + 1/c_2 + 1/c_3 + \dots$

$$c_{12} \approx 1,8 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

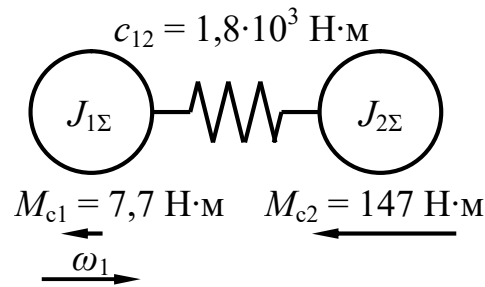


Рис. 3. Двухмассовая расчетная схема механической части

Рассчитаем нагрузку, действующую в этой схеме:

$$F_9 = m_9 g = 1500 \cdot 9,8 = 14700 \text{ Н}.$$

Приведенное значение момента нагрузки

$$M_{c9} = F_9 \rho_{19} = 14700 \cdot 0,01 = 147 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент потерь в редукторе:

$$\Delta M_p = \frac{M_{c9}}{\eta_p} (1 - \eta_p) = \frac{147}{0,95} (1 - 0,95) = 7,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Моменты нагрузки в двухмассовой схеме имеют значения:

$$M_{c1} = \Delta M_p = 7,7 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M_{c2} = M_{c9} = 147 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

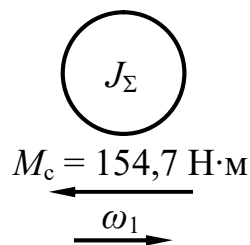


Рис. 4. Одномассовая расчетная схема механической части

Определим эквивалентную инерционную массу для одномассовой расчетной схемы:

$$J_{\Sigma} = J_1 + J_{\text{мех}} = J_1 + 0,063 + 0,15 = J_1 + 0,213 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Определим суммарный приведенный к валу двигателя момент статической нагрузки:

$$M_c = M_{c1} + M_{c2} = 7,7 + 147 = 154,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

## Задание № 2

### Выбор двигателя электропривода

#### Содержание задания

1. Построить нагрузочную диаграмму исполнительного механизма.
2. Выполнить предварительный выбор двигателя.
3. Рассчитать и построить нагрузочную диаграмму двигателя.
4. Проверить выбранный двигатель по нагреву методом эквивалентного момента.

#### Исходные данные к заданию № 2

Тип и серия электродвигателя привода – постоянного тока серии П.

Цикл работы исполнительного механизма: подъем груза на высоту  $h_3$  с номинальной скоростью  $v_{\text{ном}}$  и допускаемым ускорением  $a_{\text{доп}}$ ; пауза  $t_{01}$ ; опускание троса без груза со скоростью  $v_{\text{ном}}$  и ускорением  $a_{\text{доп}}$ ; пауза  $t_{02}$ .

$$h_3 = 5 \text{ м};$$

$$v_{\text{ном}} = 0,8 \text{ м/с};$$

$$a_{\text{доп}} = 1,0 \text{ м/с}^2;$$

$$t_{01} = 22 \text{ с};$$

$$t_{02} = 18 \text{ с};$$

$$\text{радиус приведения } \rho_{19} = 0,01 \text{ м};$$

$$\text{приведенный к валу двигателя момент инерции механизма с грузом } J_{\text{мех1}} = 0,213 \text{ кг}\cdot\text{м}^2, \text{ без груза } J_{\text{мех2}} = 0,063 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$\text{приведенный к валу двигателя реактивный момент нагрузки при движении с грузом } M_{c1} \approx 155 \text{ Н}\cdot\text{м}, \text{ без груза } M_{c2} \approx 8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

#### 1. Построение нагрузочной диаграммы исполнительного механизма

Определим время пуска и торможения:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{т}} = \frac{v_{\text{ном}}}{a_{\text{доп}}} = \frac{0,8}{1,0} = 0,8 \text{ с}.$$

Определим путь, пройденный за время пуска и торможения:

$$h_{\text{п}} = h_{\text{т}} = \frac{a_{\text{доп}} t_{\text{п}}^2}{2} = \frac{1 \cdot 0,8^2}{2} = 0,32 \text{ м}.$$

Определим путь, пройденный с установившейся скоростью:

$$h_{\text{уст}} = h_3 - 2h_{\text{п}} = 5 - 2 \cdot 0,32 = 4,36 \text{ м}.$$

Определим время движения с установившейся скоростью:

$$t_{\text{уст}} = h_{\text{уст}} / v_{\text{ном}} = 4,36 / 0,8 = 5,45 \text{ с}.$$

Найдем установившуюся скорость двигателя:

$$\omega_{\text{уст}} = v_{\text{ном}} / \rho = 0,8 / 0,01 = 80 \text{ с}^{-1}.$$

$P_{\text{НОМ}} = 8 \text{ кВт}$ ;  $U_{\text{НОМ}} = 220 \text{ В}$ ;  $n_{\text{НОМ}} = 820 \text{ об/мин}$ ;  $M_{\text{НОМ}} = 93 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $I_{\text{НОМ}} = 44 \text{ А}$ ;  $M_{\text{max}} = 280 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $J_{\text{ДВ}} = 0,3 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; суммарное сопротивление якоря в нагретом состоянии  $R_{\Sigma} = 0,423 \text{ Ом}$ .

### 3. Расчет и построение нагрузочной диаграммы двигателя

Определим суммарный момент инерции электропривода при движении с грузом:

$$J_{\Sigma 1} = J_{\text{дв}} + J_{\text{мех1}} = 0,3 + 0,213 = 0,513 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Определим суммарный момент инерции электропривода при движении без груза:

$$J_{\Sigma 2} = J_{\text{дв}} + J_{\text{мех2}} = 0,3 + 0,063 = 0,363 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Определим номинальную угловую скорость двигателя и скорость исполнительного органа:

$$\omega_{\text{ном}} = \omega_{\text{уст}} = \pi n_{\text{ном}} / 30 = 3,14 \cdot 820 / 30 = 85,8 \text{ с}^{-1};$$

$$v = \omega_{\text{ном}} \rho = 85,8 \cdot 0,01 = 0,858 \text{ м/с}.$$

Найдем допустимое угловое ускорение электропривода:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = a_{\text{доп}} / \rho_{19} = 1 / 0,01 = 100 \text{ с}^{-2}.$$

Определим требуемый максимальный момент двигателя при пуске с грузом (при вращении по часовой стрелке):

$$M_{\text{п1треб}} = M_{\text{с1}} + J_{\Sigma 1} \varepsilon_{\text{доп}} = 155 + 0,513 \cdot 100 = 206,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Так как  $M_{\text{п1треб}} < M_{\text{доп}} = M_{\text{мах}}$ , то время пуска составит:

$$t_{\text{п1}} = \frac{\omega_{\text{ном}}}{\varepsilon_{\text{доп}}} = \frac{85,8}{100} = 0,86 \text{ с}.$$

Найдем линейное ускорение при пуске:

$$a_{\text{п1}} = \frac{v}{t_{\text{п1}}} = \frac{0,858}{0,85} = 1,0 \text{ м/с}^2.$$

Рассчитаем путь исполнительного органа за время пуска  $t_{\text{п1}}$ :

$$h_{\text{п1}} = \frac{v^2}{2a_{\text{п1}}} = \frac{0,858^2}{2 \cdot 1,0} = 0,37 \text{ м}.$$

Определим требуемый момент при торможении с грузом:

$$M_{\text{т1треб}} = M_{\text{с1}} - J_{\Sigma 1} \varepsilon_{\text{доп}} = 155 - 0,513 \cdot 100 = 103,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Так как  $M_{\text{т1треб}} < M_{\text{доп}}$ , то в процессе торможения система управления электроприводом должна ограничивать ускорение  $|\varepsilon_{\text{т1}}| = \varepsilon_{\text{доп}}$ . При этом

$$t_{\text{т1}} = \frac{\omega_{\text{ном}}}{\varepsilon_{\text{доп}}} = \frac{85,8}{100} = 0,86 \text{ с}.$$

Рассчитаем путь исполнительного органа за время торможения  $t_{\text{т1}}$ :

$$h_{\text{т1}} = \frac{a_{\text{доп}} t_{\text{т1}}^2}{2} = \frac{1 \cdot 0,86^2}{2} = 0,37 \text{ м}.$$

Путь с грузом при  $\omega_{\text{уст}} = \omega_{\text{ном}}$ :

$$h_{\text{уст1}} = h_3 - h_{\text{п1}} - h_{\text{т1}} = 5 - 0,37 - 0,37 = 4,26 \text{ м}.$$

Найдем время установившегося движения с грузом:

$$t_{\text{уст1}} = s_{\text{уст1}} / v = 4,26 / 0,858 = 4,97 \text{ с}.$$



Определим требуемый максимальный момент двигателя при пуске без груза (при вращении против часовой стрелки):

$$M_{п2\text{треб}} = -(M_{с2} + J_{\Sigma 2} \varepsilon_{доп}) = -8 - 0,363 \cdot 100 = -44,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Так как  $M_{п1\text{треб}} < M_{доп}$ , то время пуска составит:

$$t_{п2} = \frac{\omega_{ном}}{\varepsilon_{доп}} = \frac{85,8}{100} = 0,86 \text{ с}.$$

Определим линейное ускорение при пуске без груза:

$$a_{п2} = \frac{v}{t_{п2}} = \frac{0,858}{0,86} = 1,0 \text{ м/с}^2.$$

Путь, пройденный за время  $t_{п2}$ :

$$h_{п2} = \frac{v^2}{2a_{п2}} = \frac{0,858^2}{2 \cdot 1,0} = 0,37 \text{ м}.$$

Определим требуемый момент при торможении без груза:

$$M_{т2\text{треб}} = -(M_{с2} - J_{\Sigma 2} \varepsilon_{доп}) = -8 + 0,363 \cdot 100 = 28,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При торможении без груза  $M_{т2\text{треб}} < M_{доп}$ , торможение должно осуществляться при  $\varepsilon_{т2} = \varepsilon_{доп}$ .

$$t_{т2} = t_{т1} = t_{п2} = t_{п1} = 0,86 \text{ с}; \quad h_{т2} = h_{т1} = h_{п1} = h_{п2} = 0,37 \text{ м}.$$

Найдем путь без груза, пройденный при  $\omega = \omega_{ном}$ :

$$h_{уст2} = h_3 - h_{п2} - h_{т2} = 5 - 0,37 - 0,37 = 4,26 \text{ м}.$$

Определим время установившегося движения:

$$t_{уст2} = h_{уст2} / v = 4,26 / 0,858 = 4,97 \text{ с}.$$

Построим нагрузочную диаграмму двигателя  $M = f(t)$  и зависимость  $\omega = f(t)$  (рис. 6).

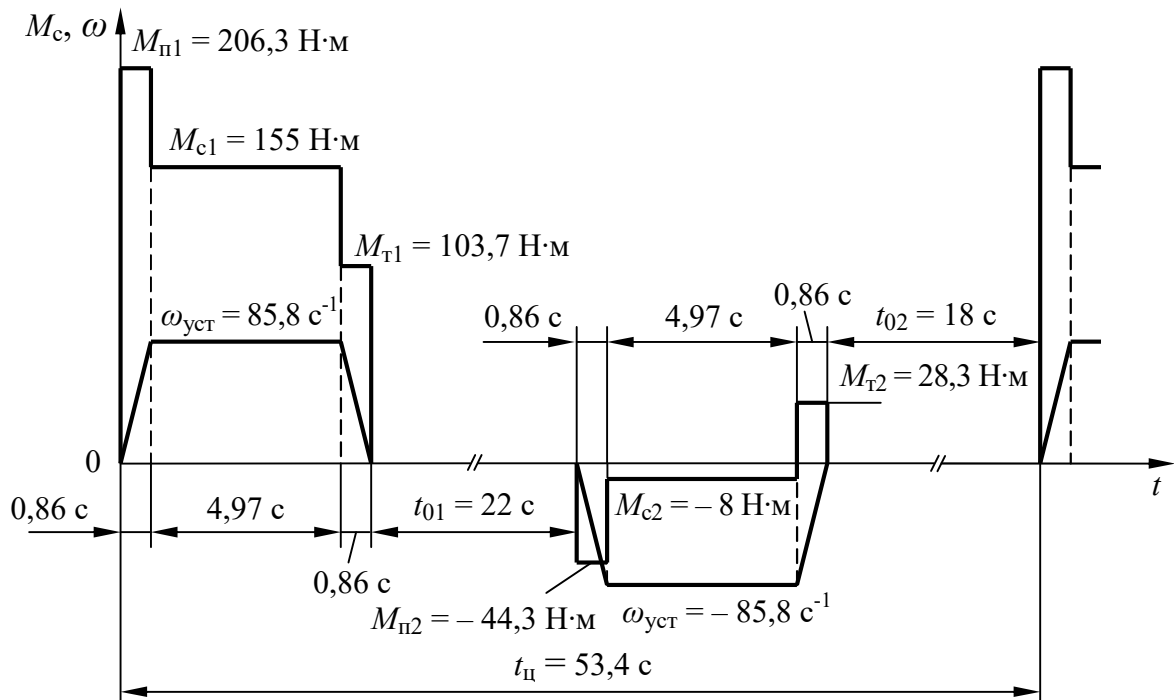


Рис. 6. Нагрузочная диаграмма двигателя

#### 4. Проверка выбранного двигателя по нагреву методом эквивалентного момента

Найдем эквивалентный момент двигателя, Н·м:

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n M_i^2 t_i}{\sum_1^n \beta_{\text{yti}} t_i}},$$

где  $\beta_{\text{yti}}$  – коэффициент ухудшения теплоотдачи на  $i$ -том участке цикла работы, Для неподвижного двигателя с самовентиляцией примем  $\beta_{\text{yt}0} = 0,2$ .

$$\begin{aligned} M_{\text{э}} &= \sqrt{\frac{M_{\text{п1}}^2 t_{\text{п1}} + M_{\text{уст1}}^2 t_{\text{уст1}} + M_{\text{т1}}^2 t_{\text{т1}} + M_{\text{п2}}^2 t_{\text{п2}} + M_{\text{уст2}}^2 t_{\text{уст2}} + M_{\text{т2}}^2 t_{\text{т2}}}{\frac{1 + \beta_{\text{yt0}}}{2} (t_{\text{п1}} + t_{\text{т1}} + t_{\text{п2}} + t_{\text{т2}}) + t_{\text{уст1}} + t_{\text{уст2}} + \beta_{\text{yt0}} (t_{01} + t_{02})}} = \\ &= \sqrt{\frac{206,3^2 \cdot 0,86 + 155^2 \cdot 4,97 + 103,7^2 \cdot 0,86 + 44,3^2 \cdot 0,86 + 8^2 \cdot 4,97 + 28,3^2 \cdot 0,86}{\frac{1 + 0,2}{2} (0,86 + 0,86 + 0,86 + 0,86) + 4,97 + 4,97 + 0,2(10 + 12)}} = \\ &= 91,6 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Так как  $M_{\text{э}} < M_{\text{ном}} = 93 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , двигатель в тепловом отношении удовлетворяет требованиям.

### Задание № 3

## Построение динамической механической характеристики двигателя при увеличении нагрузки скачком

### Содержание задания

1. Построить естественную механическую характеристику электродвигателя.
2. Рассчитать и построить графики зависимостей  $\omega = f(t)$  и  $M = f(t)$  при увеличении нагрузки скачком.
3. Построить динамическую механическую характеристику двигателя.

### Исходные данные к заданию № 3

Параметры выбранного электродвигателя:  
номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 220$  В;  $n_{\text{ном}} = 820$  об/мин;  $I_{\text{ном}} = 44$  А; момент инерции ротора  $J_{\text{дв}} = 0,3$  кг·м<sup>2</sup>; сопротивление цепи якоря  $R_{\text{я}} = 0,423$  Ом; суммарная индуктивность рассеяния цепи якоря  $L_{\text{я}} = 0,02$  Гн.

Приведенный к валу двигателя момент инерции механизма  $J_{\text{мех1}} = 0,213$  кг·м<sup>2</sup>.

Режим подъема груза установившийся при увеличении его массы скачком на  $\Delta m_9 = 500$  кг.

#### 1. Естественная механическая характеристика электродвигателя

Определим скорость идеального холостого хода двигателя:

$$\omega_0 = \frac{\omega_{\text{ном}}}{\omega_{*\text{ном}}} = \frac{n_{\text{ном}}}{30\omega_{*\text{ном}}},$$

где  $\omega_{*\text{ном}} = 1 - \frac{R_{\text{я}} I_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} = 1 - \frac{0,423 \cdot 44}{220} = 0,915$  — относительная номинальная скорость.

$$\omega_0 = \frac{3,14 \cdot 820}{30 \cdot 0,915} = 93,8 \text{ с}^{-1}.$$

Определим номинальный электромагнитный момент:

$$M_{\text{ном}} = c \cdot I_{\text{ном}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\omega_0} I_{\text{ном}} = \frac{220}{93,8} 44 = 103,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Построим естественную механическую характеристику 1 (рис. 7, а) по точкам:  $(\omega_0 = 93,8 \text{ с}^{-1}, M = 0)$  и  $(\omega_{\text{ном}} = 85,8 \text{ с}^{-1}, M_{\text{ном}} = 93 \text{ Н} \cdot \text{м})$ .

#### 2. Расчет и построение графиков зависимостей $\omega = f(t)$ и $M = f(t)$ при увеличении нагрузки скачком

Определим электромагнитную постоянную времени:

$$T_9 = T_{\text{я}} = \frac{L_{\text{я}}}{R_{\text{я}}} = \frac{0,02}{0,423} = 0,047 \text{ с}.$$

Определим электромеханическую постоянную времени;

$$T_m = J_\Sigma / \beta,$$

где  $J_\Sigma = J_{\text{дв}} + J_{\text{мех1}} + \Delta m_9 \rho_{19}^2 = 0,3 + 0,213 + 500 \cdot 0,01^2 = 0,56 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$  – суммарный приведенный момент инерции элементов;

$$\beta = \frac{c^2}{R_y} = \frac{U_{\text{ном}}^2}{\omega_0^2 R_y} = \frac{220^2}{93,8^2 \cdot 0,423} = 13 \text{ – жесткость механической характеристики дви-}$$

гателя постоянного тока.

$$T_m = \frac{0,56}{13} = 0,043 \text{ с.}$$

$$\text{Так как } m = \frac{T_m}{T_\gamma} = \frac{0,043}{0,05} = 0,86 < 4, \text{ и предшествующий режим работы при-}$$

вода был установившимся (стационарным), то для дальнейших расчетов пользуемся формулами:

$$M = M_c + (M_{\text{с нач}} - M_c) e^{-\alpha t} \left( \cos \Omega_p t + \frac{\alpha}{\Omega_p} \sin \Omega_p t \right),$$

$$\omega = \omega_c + (\omega_{\text{с нач}} - \omega_c) e^{-\alpha t} \left( \cos \Omega_p t + \frac{\alpha T_m - 1}{\Omega_p T_m} \sin \Omega_p t \right),$$

$$\text{где } \alpha = \frac{1}{2T_\gamma} = 10 \text{ с}^{-1}; \Omega_p = \sqrt{\frac{1}{T_\gamma T_m} - \frac{1}{4T_\gamma^2}} = 19,1 \text{ с}^{-1};$$

$M_{\text{с нач}}$  – момент двигателя в предшествующем стационарном режиме, принимаем по нагрузочной диаграмме двигателя (рис. 6)  $M_{\text{с нач}} = M_{\text{с1}} = 155 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

$M_c = M_{\text{с1}} + 9,8 \Delta m_9 \rho_{19} = 155 + 9,8 \cdot 500 \cdot 0,01 = 204 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – новое значение момента двигателя;

$$\omega_{\text{с нач}} = \omega_0 - \frac{M_{\text{с нач}}}{\beta} = 93,8 - \frac{155}{13} = 81,9 \text{ с}^{-1} \text{ – скорость двигателя в предшествую-}$$

щем стационарном режиме;

$$\omega_c = \omega_0 - \frac{M_c}{\beta} = 93,8 - \frac{204}{13} = 78,1 \text{ с}^{-1} \text{ – новое значение установившейся скорости дви-}$$

гателя.

$$M = 204 + (155 - 204) e^{-10t} \left( \cos 19,1t + \frac{10}{19,1} \sin 19,1t \right) =$$

$$= 204 - 49 e^{-10t} (\cos 19,1t + 0,52 \sin 19,1t),$$

$$\omega = 78,1 + (81,9 - 78,1) e^{-10t} \left( \cos 19,1t + \frac{10 \cdot 0,043 - 1}{19,1 \cdot 0,043} \sin 19,1t \right) =$$

$$= 78,1 + 3,8 e^{-10t} (\cos 19,1t - 0,7 \sin 19,1t).$$

Произведем вычисления, составим таблицу полученных значений (табл. 3) и построим графики зависимостей  $M=f(t)$  и  $\omega=f(t)$  (рис. 7, б)..

Таблица 3

$t, c$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
$M, H \cdot m$	155	174,2	201,2	213	211,3	205,8
$\omega, c^{-1}$	81,9	78,11	76,7	77,05	77,9	78,34
$t, c$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
$M, H \cdot m$	202,6	202,3	203,4	204,2	204,4	204,1
$\omega, c^{-1}$	78,33	78,17	78,07	78,05	78,08	78,1

### 3. Построение динамической механической характеристики двигателя

Динамическую характеристику 2 (рис. 7, а) строим по точкам зависимостей  $M=f(t)$  и  $\omega=f(t)$  (рис. 7, б).

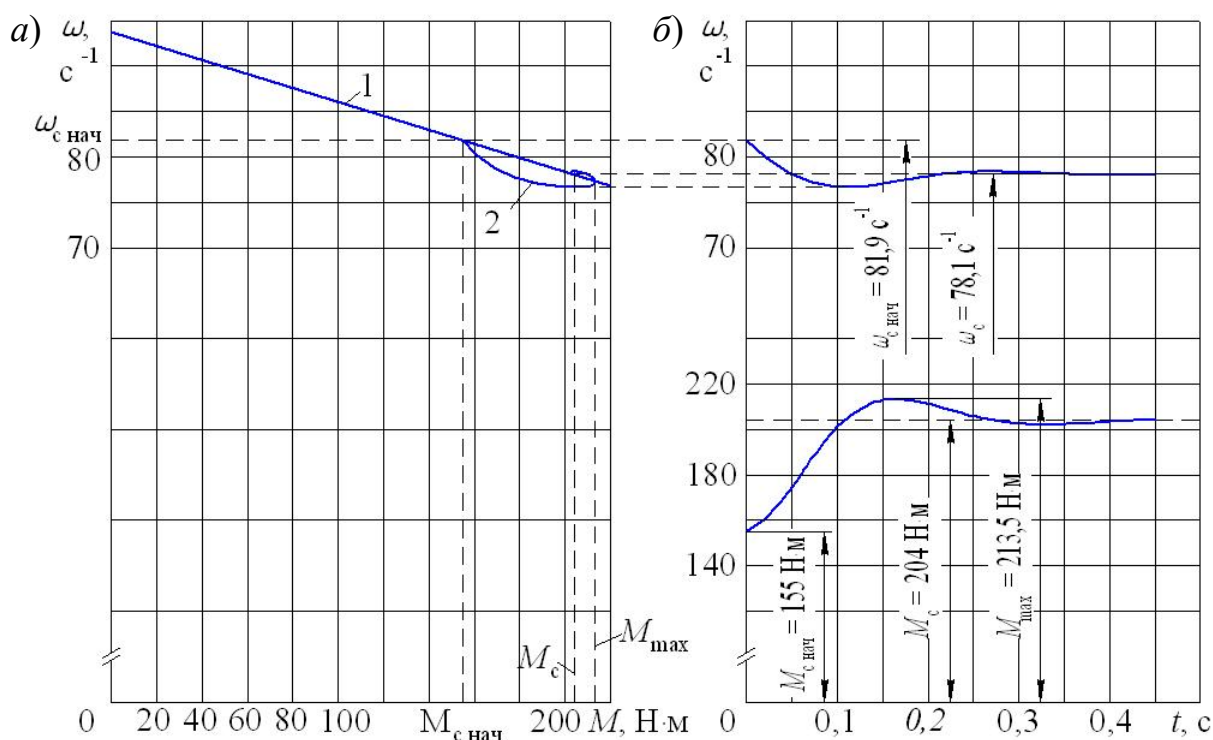


Рис. 7. Переходный процесс при изменении нагрузки скачком

При изменении нагрузки скачком возникает затухающий колебательный процесс, продолжающийся  $\approx 0,4$  с и содержащий одно колебание момента  $M$  и угловой скорости  $\omega$  (рис. 7, б). Величина момента достигает максимального значения  $M_{\max} = 213,5$  Н·м, а скорость кратковременно просаживается до  $\omega_{\min} \approx 76,7$  с<sup>-1</sup>.

Расхождения между статической 1 и динамической 2 характеристиками (рис. 7, а) при  $t = 0,86$  имеют существенные значения.