

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ОТРАСЛИ

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» специализации 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств» (легкая промышленность)

Витебск
2017

УДК 67/08.05/075

Технологические процессы и аппараты отрасли : методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» специализации 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств» (легкая промышленность).

Витебск, Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2017.

Составитель: ст. преп. Радкевич А. В.

Методические указания предназначены для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» специализации 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств» (легкая промышленность), изучающих курс «Технологические процессы и аппараты отрасли», даны методические указания по расчету электроприводов швейных машин и вырубочных прессов.

Одобрено кафедрой «Машины и аппараты легкой промышленности» УО «ВГТУ», протокол № 12 от 22.03.2017 г.

Рецензент: к.т.н., доц. Новиков Ю. В.

Редактор: к.т.н., доц. Кириллов А. Г.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 3 от 30 марта 2017 г.

Ответственный за выпуск: Данилова И. А.

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати 01.07.17. Формат 60x90 1/16. Уч.-изд. лист. 1.6.

Печать ризографическая. Тираж 40 экз. Заказ № 221

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

210035, г. Витебск, Московский пр., 72.

СОДЕРЖАНИЕ

Расчетно-графическая работа № 1. РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ	4
Расчетно-графическая работа № 2. РАСЧЕТ МАХОВИКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЫРУБОЧНОГО ПРЕССА	15
Литература	26

Расчетно-графическая работа № 1. РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ

1.1 Теоретическая часть

Основные параметры и механическая характеристика асинхронных электродвигателей

Перечислим основные параметры нерегулируемых асинхронных электродвигателей.

Синхронная частота вращения ротора n_o определяется из формулы

$$n_i = \frac{60f}{p} \text{ об/мин,}$$

где f – частота напряжения, подаваемого на обмотку статора, Гц;

p – число пар полюсов статора.

В таблице 1.1 приведены значения n_o для промышленной частоты $f = 50$ Гц и рекомендуемых чисел p .

Таблица 1.1

p	1	2	3	4	5
n_o	3000	1500	1000	750	600

Синхронная угловая скорость ротора определяется из формулы

$$\omega_i = \frac{\pi n_i}{30} = \frac{2\pi f}{p}. \quad (1.1)$$

Номинальная частота вращения n_n ротора – это такая частота, при которой коэффициент полезного действия электродвигателя максимален. n_n определяется из формулы

$$n_i = (1 - S_i) n_i \text{ об/мин,}$$

где S_n – номинальное скольжение ротора ($S_n = 0,08-0,13$).

Номинальная угловая скорость вращения ротора ω_n определяется из формулы

$$\omega_i = \frac{\pi n_i}{30} \text{ рад/с.}$$

Номинальная мощность N_n электродвигателя соответствует режиму работы электродвигателя с максимальным коэффициентом полезного действия (указывается на щитке электродвигателя в кВт).

Номинальный момент M_n на валу электродвигателя определяется по формуле

$$M_i = \frac{1000N_i}{\omega_i} \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

В формуле N_n берется в кВт.

Критический коэффициент $\lambda_{кр}$ определяется из формулы

$$\lambda_{\dot{e}\delta} = \frac{M_{\dot{e}\delta}}{M_i},$$

где $M_{кр}$ – максимальный критический момент, развиваемый на валу электродвигателя.

Коэффициент пуска λ_n определяется из формулы

$$\lambda_i = \frac{\dot{I}_i}{M_i},$$

где M_n – момент, развиваемый на валу в момент пуска.

Зависимость текущего значения угловой скорости ω ротора от момента M_δ , приложенного к ротору, определяется [3] по приближенной формуле

$$\dot{I}_a = \frac{2M_{\dot{e}\delta}}{\frac{S}{S_{\dot{e}\delta}} + \frac{S_{\dot{e}\delta}}{S}}, \quad (1.2)$$

где S – текущее скольжение ротора, определяемое по формуле

$$S = 1 - \frac{\omega}{\omega_i};$$

$S_{кр}$ – критическое скольжение ротора, определяемое из формулы

$$S_{\dot{e}\delta} = S_i (\lambda_{\dot{e}\delta} + \sqrt{\lambda_{\dot{e}\delta}^2 - 1}), \quad (1.3)$$

полученной подстановкой в формулу (1.2) значений $M_\delta = M_n$ и $S = S_n$ с последующим решением квадратного уравнения относительно $\lambda_{кр}$.

График зависимости ω от M_δ называется графиком механической характеристики. Вид графика приведен на рисунке 1.1. Отметим на графике четыре характерные точки, соответствующие различным режимам работы.

Точка 1 ($\omega = \omega_o$; $M_\delta = 0$) соответствует режиму холостого хода.

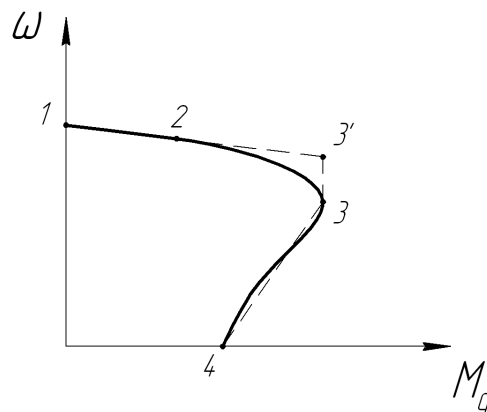


Рисунок 1.1 – График механической характеристики асинхронного электродвигателя

Точка 2 ($\omega = \omega_n$; $M_\delta = M_n$) соответствует номинальному режиму, при котором коэффициент полезного действия электродвигателя – максимальный.

Точка 3 ($\omega = \omega_{кр}$; $M_\delta = M_{кр}$) соответствует критическому режиму, при котором M_δ максимален.

Точка 4 ($\omega = 0$; $M_\delta = M_n$) соответствует режиму пуска.

Участок 1–2–3 характеристики соответствует устойчивой работе электродвигателя. Если приложить к валу электродвигателя момент, больший $M_{кр}$, то он перейдет в неустойчивый режим работы на участке 3–4 и остановится.

Для упрощения расчетов электропривода уравнение механической характеристики (1.2) аппроксимируют отрезками прямых 1–3', 3–3', 3–4'.

Уравнение прямой 1–3', проходящей через точки 1, 2, 3', имеет вид

$$\frac{\omega - \omega_i}{\omega_i - \omega_i} = \frac{\dot{I}_{\dot{a}}}{\dot{I}_{\dot{i}}}.$$

Это уравнение преобразуется к виду

$$M_{\dot{a}} = \dot{a} - b\omega, \quad (1.4)$$

где a и b – постоянные коэффициенты, определяемые из формул

$$\dot{a} = \frac{M_i \cdot \omega_i}{\omega_i - \omega_i}, \quad (1.5)$$

$$b = \frac{M_i}{\omega_i - \omega_i}. \quad (1.6)$$

Уравнение прямой 4–3, проходящей через точки 4, 3, имеет вид

$$\frac{\omega - \omega_4}{\omega_3 - \omega_4} = \frac{\dot{I}_{\dot{a}} - \dot{I}_{\dot{i}}}{\dot{I}_{\dot{e}\delta} - \dot{I}_{\dot{i}}}.$$

Подставляя в это уравнение $\omega_4 = 0$; $\omega_3 = \omega_{кр}$; $M_{\delta 4} = M_n$; $M_{\delta 3} = M_{кр}$, получим:

$$M_{\dot{a}} = e\omega + M_i, \quad (1.7)$$

где

$$e = \frac{M_{\dot{e}\delta} - \dot{I}_{\dot{i}}}{\omega_{\dot{e}\delta}}. \quad (1.8)$$

Уравнение прямой, проходящей через точки 3'–3, имеет вид

$$M_{\dot{a}} = M_{\dot{e}\delta}. \quad (1.9)$$

На интервале $\omega_{\dot{e}\delta} \leq \omega \leq \omega'_{\dot{e}\delta}$, где

$$\omega'_{\dot{e}\delta} = \frac{a - M_{\dot{e}\delta}}{b}. \quad (1.10)$$

Структура электропривода

Кинематическая схема типового электропривода швейных машин показана на рисунке 1.2. На схеме обозначены: 1 – вал электродвигателя с закрепленными на нем ротором 1а и маховиком 1б; 2 – ведомый вал привода, соосный с валом электродвигателя, с закрепленными на нем диском 2а с фрикционными накладками и шкивом 2б клиноременной передачи; 3 – главный вал швейной машины 4. Управление приводом осуществляется с помощью педали 5 через систему звеньев 6-8. Ролик 7а рычага входит в паз подвижного корпуса 8, в котором закреплены вращающиеся опоры вала 2. Рычаг 7 удерживается в исходном положении пружиной 9. В исходном положении педаль 5 не нажата, пружина 9 через вертикальное плечо и ролик 7а рычага 7 удерживает корпус 8, вал 2 и диск 2а в крайнем правом положении, правая фрикционная накладка диска 2а прижата к неподвижному тормозному диску 10, вал 2 неподвижен, электродвигатель работает в режиме холостого хода.

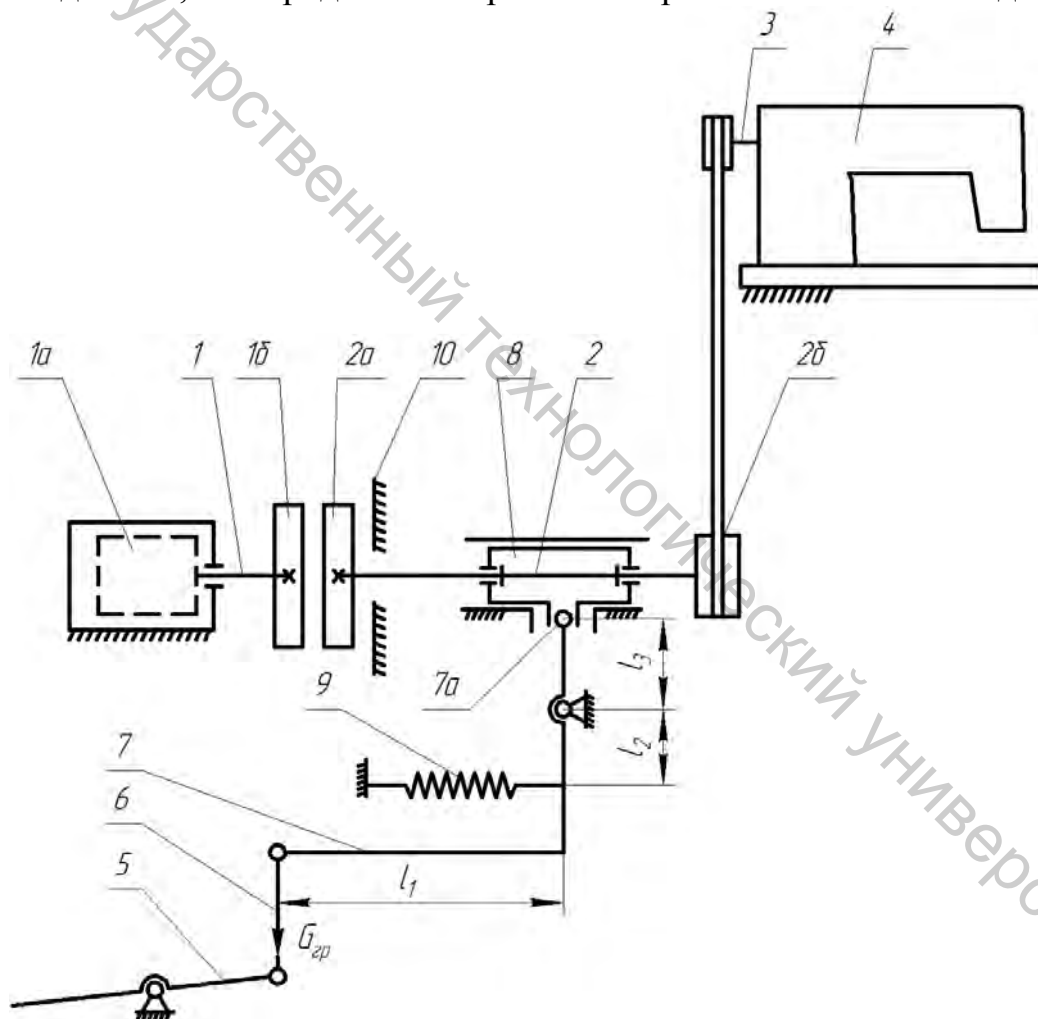


Рисунок 1.2 – Схема электропривода швейной машины

При нажатии на педаль 5 тяга 6 опускается, угловой рычаг 7, преодолевая действие пружины 9, поворачивается против часовой стрелки, верхнее плечо рычага перемещает корпус 8, вал 2 и диск 2а влево, в конце хода диск 2а левой

фрикционной накладкой прижимается к маховику 1б, в результате вращение от ротора двигателя передается валам 2 и 3.

При опускании педали 5 фрикционный диск 2а под действием пружины 9 перемещается вправо, в конце хода диск 2а правой фрикционной накладкой прижимается к тормозному диску 10, происходит торможение вала 2.

Определение времени разгона

На участке разгона привода следует выделить две фазы работы длительностей t_1 и t_2 (рис. 1.3). Фаза t_1 соответствует различным угловым скоростям дисков 1б, 2а фрикционной муфты, происходит пробуксовка дисков. Фаза t_2 соответствует полному сцеплению дисков 1б, 2а, пробуксовка отсутствует.

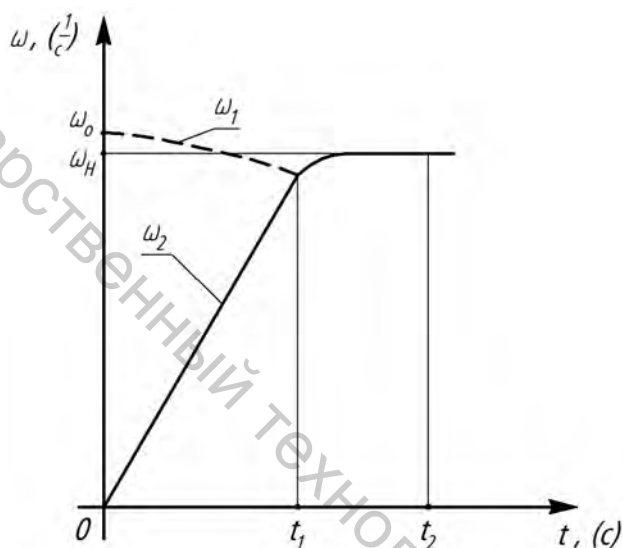


Рисунок 1.3 – График разгона электропривода

В фазе t_1 привод следует рассматривать в виде двух систем звеньев: ведущей, включающей звено 1, и ведомой, включающей звенья 2, 3.

Уравнение движения звена 1 имеет вид

$$M_{\bar{a}} - M_{\delta\delta} = I_1 \frac{d\omega_1}{dt}, \quad (1.11)$$

где $M_{\bar{a}}$ – момент, развиваемый электродвигателем;
 $M_{\delta\delta}$ – момент трения во фрикционной паре 1б-2а;
 ω_1 – угловая скорость вала электродвигателя.

Момент M_{δ} может быть представлен в виде уравнения (1.4), в котором $\omega = \omega_1$. Момент трения $M_{\delta\delta}$ определится из формулы

$$M_{\delta\delta} = \frac{QfR_{\delta\delta}}{K},$$

где Q – осевое усилие прижатия фрикционных дисков 1б и 2а;
 f – коэффициент трения;

R_{mp} – радиус трения;

K – коэффициент динамичности нагрузки.

Ведомая система звеньев приводится к звену 2. Уравнение движения звена приведения 2 имеет вид

$$M_{\delta\delta} - M_{\ddot{\eta}\delta} = I'_{i\delta} \frac{d\omega_2}{dt} + \frac{\omega_2^2}{2} \cdot \frac{dI'_{i\delta}}{d\varphi_2}, \quad (1.12)$$

где M_{cnp} – момент силы P_c , приведенный к звену 1;

$I'_{i\delta}$ – сумма масс и моментов инерции звеньев 1, 2, 3, приведенных к звену 1, $I'_{i\delta} = I_{i\delta} - I_1$;

φ_2, ω_2 – угловая координата и угловая скорость звена 2.

В типовом приводе (рис. 1.2) действует момент M_{C3} , приведенный к валу 3. Приведенный к звену 2 момент определится из соотношения

$$M_{c\dot{\eta}\delta 2} = \frac{M_{C3}}{U_{2-3}}, \quad (1.13)$$

$$U_{2-3} = \frac{\omega_2}{\omega_3}$$

где ω_2 – угловая скорость вала 2; ω_3 – угловая скорость вала 3.

В большинстве приводов машин легкой промышленности (швейных, обувных) величина $I'_{i\delta}$ изменяется незначительно, поэтому допустимо для инженерных расчетов принять $I'_{i\delta}$ приближенно-постоянным:

$$I'_{i\delta} = \frac{I'_{i\delta max} + I'_{i\delta min}}{2}, \quad (1.14)$$

где $I'_{i\delta max}, I'_{i\delta min}$ – максимальное и минимальное значение $I'_{i\delta}$.

С учетом (1.14) уравнение (1.12) принимает вид

$$M_{\delta\delta} - M_{\ddot{\eta}\delta} = I'_{i\delta} \frac{d\omega_2}{dt}. \quad (1.15)$$

Для определения t_l нужно совместно решить уравнения (1.11) и (1.15), т. е. найти такие решения, при которых $\omega_1 = \omega_2$. Решим сначала (1.11) и (1.15) относительно ω_1 и ω_2 . Из уравнения (1.11) с учетом (1.4) получим

$$dt = \frac{I_1 d\omega_1}{c - b\omega_1},$$

где $c = a - M_{\delta\delta}$.

Интегрируя последнее уравнение, получим

$$\int_0^t dt = I_1 \int_{\omega_0}^{\omega_1} \frac{d\omega_1}{c - b\omega_1},$$

$$t = \frac{I_1}{b} \ln \frac{c - b\omega_0}{c - b\omega_1},$$

$$e^{\frac{bt}{I_1}} = \frac{c - b\omega_0}{c - b\omega_1},$$

$$\omega_1 = e^{\frac{bt}{I_1}} \left(\omega_0 - \frac{c}{b} \right) + \frac{c}{b}. \quad (1.16)$$

Интегрируя уравнение (1.15), получим

$$\int_0^{\omega_2} d\omega_2 = \frac{M_{\dot{\omega}\delta} - M_{\ddot{\omega}\delta}}{I'_{i\delta}} \int_0^t dt,$$

$$\omega_2 = \frac{M_{\dot{\omega}\delta} - M_{\ddot{\omega}\delta}}{I'_{i\delta}} \cdot t. \quad (1.17)$$

Приравняв правые части (1.16) и (1.17), получим

$$e^{\frac{bt}{I_1}} \left(\omega_0 - \frac{c}{b} \right) + \frac{c}{b} - \frac{\dot{I}_{\dot{\omega}\delta} - \dot{I}_{\ddot{\omega}\delta}}{I'_{i\delta}} \cdot t = 0. \quad (1.18)$$

Трансцендентное уравнение (1.18) может быть решено на ЭВМ численным методом. Решив это уравнение, получим $t = t_1$ и $\omega_2 = \omega_{2,1}$, где $\omega_{2,1}$ – угловая скорость звена 2 к моменту окончания первой фазы разгона.

Во второй фазе разгона t_2 проскальзывание между дисками 2а и 1б отсутствует, привод может быть представлен в виде одной системы, приведенной к звену 1. Уравнение звена приведения имеет вид

$$M_{\ddot{a}} - M_{\ddot{\omega}\delta} = I_{i\delta} \frac{d\omega_2}{dt}, \quad (1.19)$$

где $M_{\ddot{a}} = \dot{a} - b\omega_2$, $M_{\ddot{\omega}\delta} \approx const$.

С учетом последних выражений уравнение (1.19) запишем в виде

$$\int_0^{t_2} dt = I_{i\delta} \int_{\omega_{2,1}}^{\omega_{2,2}} \frac{d\omega_2}{c' - b\omega_2},$$

где $\omega_{2,2}$ – угловая скорость звена 2 в установившемся режиме работы привода, $\dot{a} = a - M_{\ddot{\omega}\delta}$.

В результате определим t_2 :

$$t_2 = \frac{I_{i\delta}}{b} \ln \frac{c' - b\omega_{2,1}}{c' - b\omega_{2,\delta}}. \quad (1.20)$$

Следует отметить, что в реальных приводах часто $t_2 \ll t_1$. Это связано с тем, что разность $(\omega_0 - \omega_{2,1})$ (рис. 1.3) составляет не более 20 % от величины ω_0 по соображениям недопущения перегрузки электродвигателя в период разгона. Поэтому для приближенного определения t_p вполне допустимо принять $t_\delta \approx t_1$. Приближенное значение t_p можно определить из уравнения (1.15)

$$\int_0^{t_\delta} dt = \frac{I'_{i\delta}}{M_{\delta\delta} - M_{\tilde{n}i\delta}} \int_0^{\omega_{2,\delta}} d\omega_2, \quad (1.21)$$

$$t_\delta = \frac{I'_{i\delta}}{M_{\delta\delta} - M_{\tilde{n}i\delta}} \cdot \omega_{2,\delta}.$$

1.2 Практическая часть

Варианты заданий представлены в таблице 1.2.

Определение исходных данных для расчета

Синхронная частота вращения ротора электродвигателя

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p}, \text{ (об/мин)}. \quad (1.22)$$

Синхронная угловая скорость ротора

$$\omega_i = \frac{\pi n_i}{30}, \text{ (рад/с)}. \quad (1.23)$$

Номинальная угловая скорость ротора

$$\omega_i = \frac{\pi n_i}{30}, \text{ (рад/с)}.$$

Номинальный момент на валу двигателя

$$M_i = \frac{1000 N_i}{\omega_i}, \text{ (Н·м)}.$$

Постоянные коэффициенты a и b механической характеристики электродвигателя

Таблица 1.2 – Варианты заданий с исходными данными для расчета

№№ вариантов	N , кВт	n_0 , об/мин	n_n , об/мин	P , пар полюсов	f , Гц	$\frac{M_i}{I_i}$	$\frac{M_{\max}}{I_{\min}}$	$GD^2_{2,2}$, кгс·м ²	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	m , кг	U_{2-3}	$M_{\text{ср}}$, Н/м	$I_{16,2}$, кг·м ²	$I'_{2a,2}$, кг·м ²	$I''_{2a,2}$, кг·м ²	$I_{26,2}$, кг·м ²	I_3 , кг·м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0,18	3000	2710	1	50	2	2,2	$16,6 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,6	0,04	$5,88 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,013 \cdot 10^{-3}$	$1,23 \cdot 10^{-3}$	$0,67 \cdot 10^{-3}$
2	0,25	3000	2800	1	50	2	2,2	$18,6 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,6	0,05	$5,88 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,013 \cdot 10^{-3}$	$1,23 \cdot 10^{-3}$	$0,67 \cdot 10^{-3}$
3	0,37	3000	2770	1	50	2	2,2	$30,5 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,6	0,03	$5,88 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,013 \cdot 10^{-3}$	$1,23 \cdot 10^{-3}$	$0,67 \cdot 10^{-3}$
4	0,55	3000	2750	1	50	2	2,2	$36 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,6	0,04	$5,88 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$1,23 \cdot 10^{-3}$	$0,67 \cdot 10^{-3}$
5	0,18	1500	1375	2	50	2,1	2,2	$31,3 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,5	0,05	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
6	0,25	1500	1365	2	50	2,0	2,0	$49,5 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,5	0,04	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
7	0,37	1500	1365	2	50	2,0	2,2	$55 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,5	0,03	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
8	0,55	1500	1365	2	50	2,0	2,2	$52 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,5	0,04	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
9	0,18	1000	885	3	50	2,2	2,2	$69,4 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,5	0,05	$7 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,015 \cdot 10^{-3}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$
10	0,25	1000	890	3	50	2,2	2,2	$86 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,5	0,045	$7 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,015 \cdot 10^{-3}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$
11	0,37	1000	910	3	50	2,0	2,2	$67 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,5	0,045	$7 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,015 \cdot 10^{-3}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$
12	0,55	1000	900	3	50	2,0	2,2	$81 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,5	0,5	$7 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,015 \cdot 10^{-3}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$
13	0,37	3000	2750	1	50	2,0	2,2	$30,5 \cdot 10^{-4}$	0,3	0,025	0,06	2,5	0,6	0,045	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$	$0,02 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
14	0,55	3000	2750	1	50	2,0	2,2	$36 \cdot 10^{-4}$	0,3	0,024	0,06	2,5	0,5	0,047	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,37 \cdot 10^{-3}$	$0,015 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$0,65 \cdot 10^{-3}$
15	0,25	3000	2800	1	50	2	2,2	$18,6 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,6	0,03	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,013 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$0,58 \cdot 10^{-3}$
16	0,37	3000	2770	1	50	2	2,2	$30 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,7	0,035	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,013 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$0,65 \cdot 10^{-3}$
17	0,55	3000	2750	1	50	2	2,2	$36 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3	0,7	0,045	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,013 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$0,75 \cdot 10^{-3}$
18	0,18	1500	1375	2	50	2,1	2,2	$31 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3,2	0,4	0,025	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,22 \cdot 10^{-3}$	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$
19	0,25	1500	1365	2	50	2	2	$49 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3,2	0,4	0,028	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,22 \cdot 10^{-3}$	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$0,65 \cdot 10^{-3}$
20	0,37	1500	1365	2	50	2	2,2	$55 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3,2	0,4	0,037	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,22 \cdot 10^{-3}$	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$0,67 \cdot 10^{-3}$
21	0,55	1500	1365	2	50	2	2,2	$52 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3,2	0,4	0,047	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,22 \cdot 10^{-3}$	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
22	0,18	1000	885	3	50	2,2	2,2	$69,4 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3,5	0,5	0,035	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,27 \cdot 10^{-3}$	$0,016 \cdot 10^{-3}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$	$0,75 \cdot 10^{-3}$
23	0,25	1000	890	3	50	2,2	2,2	$86 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3,5	0,6	0,037	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,27 \cdot 10^{-3}$	$0,016 \cdot 10^{-3}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$	$0,75 \cdot 10^{-3}$
24	0,37	1000	910	3	50	2	2,2	$67 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3,5	0,55	0,04	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,27 \cdot 10^{-3}$	$0,016 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$
25	0,55	1000	900	3	50	2	2,2	$81 \cdot 10^{-4}$	0,29	0,02	0,056	3,5	0,4	0,05	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,27 \cdot 10^{-3}$	$0,016 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$

$$a = \frac{M_i \cdot \omega_0}{\omega_0 - \omega_i}, (\text{Н} \cdot \text{м}); \quad b = \frac{M_i}{\omega_0 - \omega_i}, (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Усилие, развиваемое пружиной возврата в момент разгона привода

$$G_{\ddot{\alpha}\delta} \cdot l_1 = P_{i\delta} \cdot l_2,$$

$$P_{i\delta} = \frac{G_{\ddot{\alpha}\delta} \cdot l_1}{l_2}, (\text{Н}).$$

Осевое усилие сжатия дисков фрикционной муфты в период разгона

$$Q = \frac{G_{\ddot{\alpha}\delta} \cdot l_1 - P_{i\delta} \cdot l_3}{l_2}, (\text{Н}).$$

Радиус трения во фрикционной муфте

$$R_{\delta\delta} = \frac{D - d}{4}, (\text{м}).$$

Момент трения во фрикционной муфте при $f = 0,25$; $k = 1,1$:

$$M_{\delta\delta} = \frac{Q \cdot f \cdot R_{\delta\delta}}{k}, (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Коэффициент c

$$c = a - M_{\delta\delta}, (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Приведенный к валу двигателя момент сил сопротивления на валу швейной машины

$$M_{\ddot{m}\delta 2} = \frac{M_c}{U_{2-3}}, (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Коэффициент c'

$$c' = a - M_{\ddot{m}\delta 2}, (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Момент инерции ротора электродвигателя

$$I_{1a} = \frac{10 \cdot GD^2}{4g}, (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Момент инерции звена 1

$$I_1 = I_{1a} + I_{1a'}, (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Момент инерции звена 2 и машины, приведенные к звену 2

$$I'_{i\delta 2} = I'_{2a} + I''_{2a} + I_{2a} + \frac{I_3}{U_{2-3}^2}, \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}.$$

Приведенный к валу 2 момент инерции всех подвижных звеньев привода

$$I_{i\delta 2} = I_1 + I'_{i\delta 2}.$$

Построение графика изменения угловой скорости звена 1 в период разгона (рис. 1.3)

Для построения графика используем формулу

$$\omega_1 = e^{-\frac{bt}{I_1}} \left(\omega_0 - \frac{c}{b} \right) + \frac{c}{b}, \text{ (рад/с)}.$$

Задавая значения t , получаем значения угловой скорости. Результаты заносим в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

t_c	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
ω_1 , рад/с									

Строим график $\omega_1 = f(t)$.

Построение графика изменения угловой скорости звена 2 в период разгона

Для построения графика используем формулу

$$\omega_2 = \frac{M_{\delta\delta} - M_{\bar{m}\delta 2}}{I'_{i\delta 2}} \cdot t, \text{ (рад/с)}.$$

График представляет собой прямую, проходящую через начало координат, поэтому достаточно определить одну точку. Определим ω_2 для $t = 0,5$ с и строим график. Точки пересечения графиков $\omega_1 = f(t)$ и $\omega_2 = f(t)$ даст нам абсциссу временного интервала t_1 разгона привода, а проекция точки на ось ординат даст угловую скорость ω_{2-1} окончания первой фазы разгона. Составляющая t_2 времени разгона определится из формулы

$$t_2 = \frac{I_{i\delta 2}}{b} \ln \frac{c' - b\omega_{2-1}}{c' - b\omega_H}, \text{ (с)}.$$

Время разгона t_p определится по формуле

$$t_\delta = t_1 + t_2, \text{ (с)}.$$

Расчетно-графическая работа № 2. РАСЧЕТ МАХОВИКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЫРУБОЧНОГО ПРЕССА

В работе выполняется аналитический расчет электропривода вырубочного пресса в момент выполнения цикла вырубания детали верха из кож. Анализируется необходимость установки маховика на вал электродвигателя привода гидравлического насоса.

Исходные данные

Варианты заданий и исходные данные сведены в таблицу 2.1.

2.1 Теоретическая часть

Проверка маховых масс электропривода

Исходными данными для предварительного расчета мощности электродвигателя являются: диаграмма приведенного момента сопротивления (рис. 2.1) и синхронная угловая скорость двигателя. При предварительном расчете исходят из того, что угловые скорости звена приведения в начале $\omega_{ну}$ и конце $\omega_{ку}$ одного цикла установившегося движения T_u одинаковы: $\omega_{ну} = \omega_{ку}$. Следовательно, в период установившегося движения $M_A = M_i = const$, т. е. считали, что угловая скорость звена приведения постоянна. На самом деле, при переменном $M_{НД}$ угловая скорость установившегося движения звена приведения изменяется.

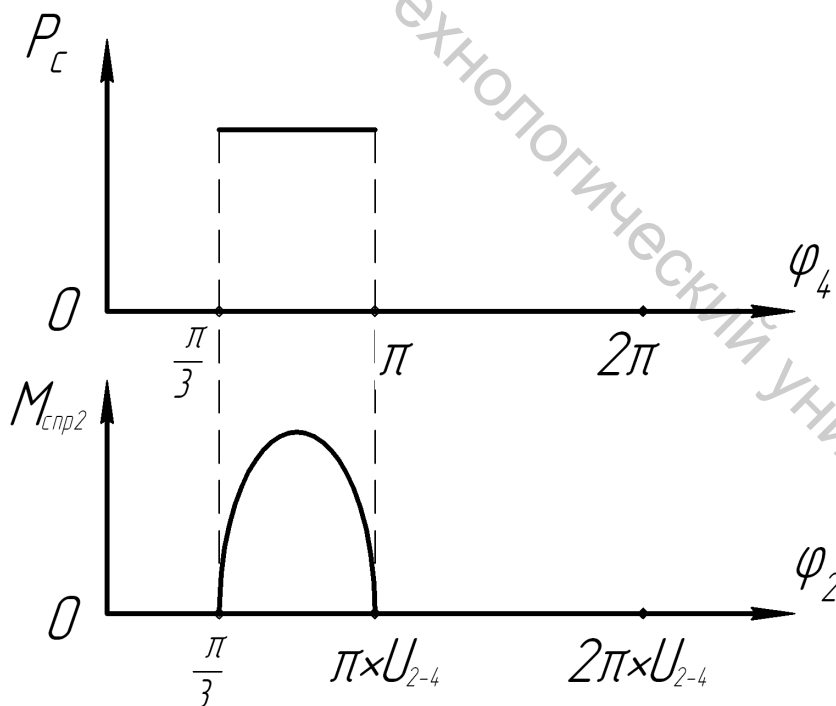


Рисунок 2.1 – Диаграмма приведенного момента сопротивления и синхронная угловая скорость двигателя

Таблица 2.1

№ варианта	N, кВт	$n, \frac{\dot{a}}{\dot{e}i}$	$GD^2, \text{кгс}\cdot\text{м}^2$	$m_2, \text{кг}$	$P_{AO}, \text{МПа}$	$D_{ц}, \text{м}$	$d, \text{м}$	Z, шт.	$Q, \frac{\dot{e}}{\dot{e}i}$	$q, \text{см}^3$	F, Н	$D_p, \text{мм}$	$h_p, \text{мм}$	$\rho, \frac{\ddot{a}}{ci^3}$	$F_{max}, \text{кН}$
1	1,1	1420	$1,29 \times 10^{-2}$	120	0,5	0,13	0,04	3	52,1	45	60	60	22	7,8	80
2	1,1	1430	0,0014	130	0,5	0,13	0,04	3	36	32	60	60	22	7,8	80
3	1,3	1420	0,0033	140	0,6	0,15	0,045	3	26,8	25	65	60	22	7,8	80
4	1,5	1415	0,0132	150	0,6	0,15	0,045	3	70	56	70	60	22	7,8	80
5	1,6	1420	0,0033	155	0,6	0,16	0,05	3	13	12,5	75	60	22	7,8	80
6	1,7	1430	0,0033	160	0,7	0,16	0,05	3	18,5	16	80	60	22	7,8	80
7	2,1	1420	0,0033	165	0,7	0,165	0,055	3	15,5	16	85	60	22	7,8	80
8	2,2	1425	0,0024	170	0,7	0,165	0,055	3	26,8	25	90	60	22	7,8	80
9	3,0	1435	0,00347	175	0,7	0,17	0,06	3	36,2	32	100	80	30	7,8	80
10	3,1	1420	0,0056	180	0,7	0,17	0,07	3	52,1	45	100	80	30	7,8	80
11	1,3	1440	0,0014	135	0,55	0,15	0,05	3	70	56	75	60	22	7,8	80
12	1,5	1420	0,0014	160	0,5	0,16	0,05	3	36	32	80	65	24	7,8	80
13	1,6	1440	0,004	170	0,6	0,17	0,06	3	56	45	85	70	24	7,8	80
14	1,7	1440	0,0037	165	0,6	0,18	0,07	3	26,8	25	90	75	25	7,8	80
15	1,3	1420	0,033	140	0,6	0,15	0,045	3	36,8	32	65	60	22	7,8	90
16	1,5	1415	0,0132	150	0,6	0,15	0,045	3	52,1	46	70	60	22	7,8	95
17	1,6	1420	0,0033	155	0,6	0,16	0,05	3	70	56	75	60	22	7,8	98
18	1,7	1430	0,0033	160	0,7	0,16	0,05	3	36,2	32	80	60	22	7,8	100
19	2,1	1420	0,0033	165	0,7	0,165	0,055	3	52,1	45	85	60	22	7,8	110
20	2,2	1425	0,0024	170	0,7	0,165	0,06	3	56	45	100	80	30	7,8	110
21	3,0	1425	0,00347	175	0,7	0,17	0,06	3	36	32	100	80	30	7,8	120
22	3,1	1420	0,0056	180	0,7	0,17	0,07	3	26,8	25	120	80	30	7,8	130
23	1,3	1420	0,0033	140	0,6	0,145	0,047	3	70	56	60	60	23	7,8	85
24	1,5	1415	0,0132	150	0,5	0,165	0,05	3	52,1	45	80	72	23	7,8	120
25	1,6	1420	0,033	155	0,5	0,17	0,06	3	36,2	32	90	75	24	7,8	130

Для упрощения дальнейших рассуждений принимаем, что звеном приведения является вал двигателя 1.

Колебания угловой скорости ω_1 звена приведения регламентируются, в любом случае, механической характеристикой электродвигателя (рис. 2.2):

$$\left. \begin{aligned} \omega_{1\min} &= k\omega_{\dot{E}D}, \\ \omega_{1\max} &= \omega_0. \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

где k – коэффициент запаса, $k = 0,8 \dots 0,9$.

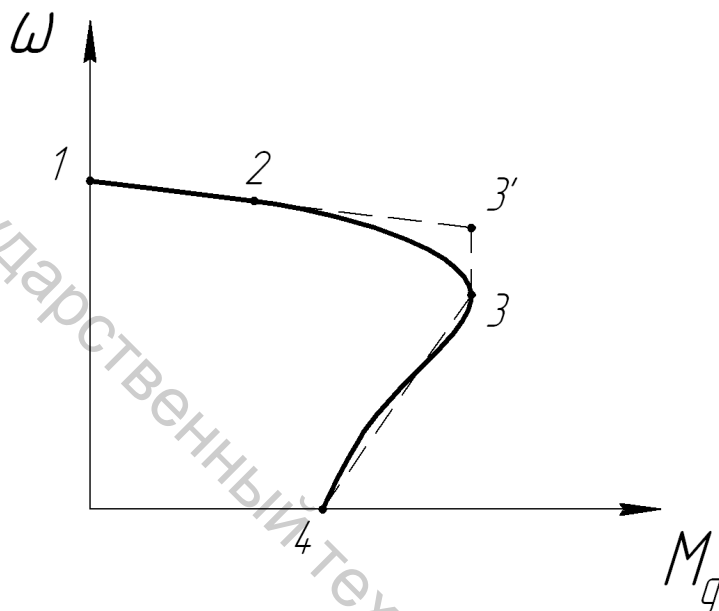


Рисунок 2.2 – График механической характеристики асинхронного электродвигателя

Экстремальные значения ω_1 , указанные в (2.1), следует рассматривать как предельно допустимые. Иногда могут быть заданы и более узкие пределы изменения ω_1 , например:

$$\left. \begin{aligned} \omega_{1\min} &= \omega_j - \omega_0 - \omega_j = 2\omega_j - \omega_0, \\ \omega_{1\max} &= \omega_0. \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Последние определены из условия, что модули отклонения $\omega_{1\min}$ и $\omega_{1\max}$ от ω_j равны, что обеспечивает наиболее благоприятный режим работы электродвигателя.

Из теории механизмов и машин [4] известен также способ задания неравномерности движения с помощью коэффициента неравномерности.

Поставим задачу определения такого значения $I_{i\delta 1}^*$ – суммы моментов инерции и масс звеньев привода, приведенных к звену приведения, при

котором движение звена приведения происходит с угловой скоростью, изменяющейся в заданных пределах $\omega_{1\min}, \dots, \omega_{1\max}$.

При этом рассмотрим случай, когда допустимо принять $I_{i\delta 1}^*$ постоянным. Уравнение движения звена приведения в этом случае имеет вид

$$M_{\dot{A}} - M_{\ddot{m}\delta 1} = I_{i\delta 1}^* \frac{d\omega_1}{dt}. \quad (2.3)$$

Для экстремальных значений ω_1 из (2.3) имеем $\frac{d\omega_1}{dt} = 0$, $M_{\dot{A}} = M_{\ddot{m}\delta 1}$.

Из последнего равенства следует, что при $\omega_1 = \omega_{1\min}$ и $\omega_1 = \omega_{1\max}$ кривые $M_{\ddot{m}\delta 1} = f_1(\varphi_1)$ и $M_{\dot{A}} = f_2(\varphi_1)$ пересекаются. Ординаты точек пересечения определяются с помощью уравнения $M_{\dot{A}} = a - b\omega$:

$$M_{\dot{A}\max} = a - b\omega_{1\min},$$

$$M_{\dot{A}\min} = a - b\omega_{1\max}.$$

Таким образом, на заданной кривой $M_{\ddot{m}\delta 1} = f_1(\varphi_1)$ может быть определен ряд точек a, a', \dots с ординатами $M_{\dot{A}\min}$ и ряд точек a', a', \dots с ординатами $M_{\dot{A}\max}$. Далее, с учетом хода кривой $M_{\ddot{m}\delta 1} = f_1(\varphi_1)$, может быть вычерчен в виде ломаной линии приближенный график зависимости $M_{\dot{A}} = f_2(\varphi_1)$.

Ломаную линию проводят таким образом, чтобы увеличению (уменьшению) $M_{\ddot{m}\delta}$ соответствовало увеличение (уменьшение) $M_{\dot{A}}$; при этом точки максимума выбираются из ряда a', a', \dots , а точки минимума – из ряда a, a', \dots .

На рисунке 2.3 график зависимости $M_{\dot{A}} = f_2(\varphi_1)$ представлен ломаной $a - a' - a$. На графиках $M_{\ddot{m}\delta 1} = f_1(\varphi_1)$ и $M_{\dot{A}} = f_2(\varphi_1)$ выделим интервалы значений φ_2 , для которых $M_{\ddot{m}\delta 2} > M_{\dot{A}}$. На рисунке 2.3 таковым является интервал $\varphi_a, \dots, \varphi_{a'}$. В общем случае таких интервалов может быть несколько.

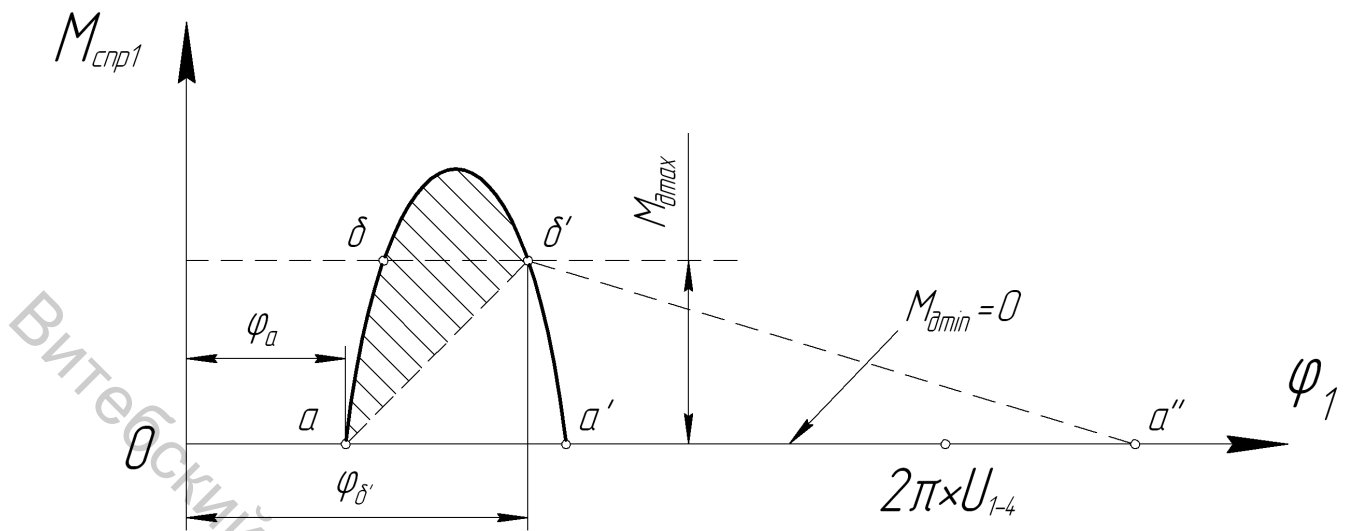


Рисунок 2.3 – График зависимости $M_{\tilde{n}\delta 1} = f_1(\varphi_1)$ и $M_{\dot{A}} = f_2(\varphi_1)$

Для этого интервала запишем уравнение кинетической энергии звена приведения:

$$I_{i\delta 1}^* \frac{\omega_{1k}^2 - \omega_{1H}^2}{2} = A_{\dot{A}}^* - A_{\tilde{n}\delta}^*, \quad (2.4)$$

где ω_{1k} – угловая скорость звена приведения в конце интервала;

ω_{1H} – то же в начале интервала;

$A_{\dot{A}}^* - A_{\tilde{n}\delta}^*$ – работы моментов $M_{\dot{A}}$ и $M_{\tilde{n}\delta 1}$ на интервале.

Если окажется, что $I_{i\delta 1} \geq I_{i\delta 1}^*$, то выбранный согласно ориентировочному расчету электродвигатель обеспечит необходимый режим движения звена приведения.

Если же $I_{i\delta 1} < I_{i\delta 1}^*$, то необходимо установить на звене приведения дополнительную массу (маховик) с моментом инерции $I_{\dot{a}\dot{i}} = I_{i\delta 1}^* - I_{i\delta 1}$. Масса, эквивалентная $I_{\dot{a}\dot{i}}$ по кинетической энергии, может быть установлена на любом звене привода.

Если установка дополнительной массы невозможна по каким-либо соображениям, то следует выбрать двигатель большей мощности и проверку повторить.

2.2 Практическая часть

Схема электропривода вырубочного пресса приведена на рисунке 2.4.

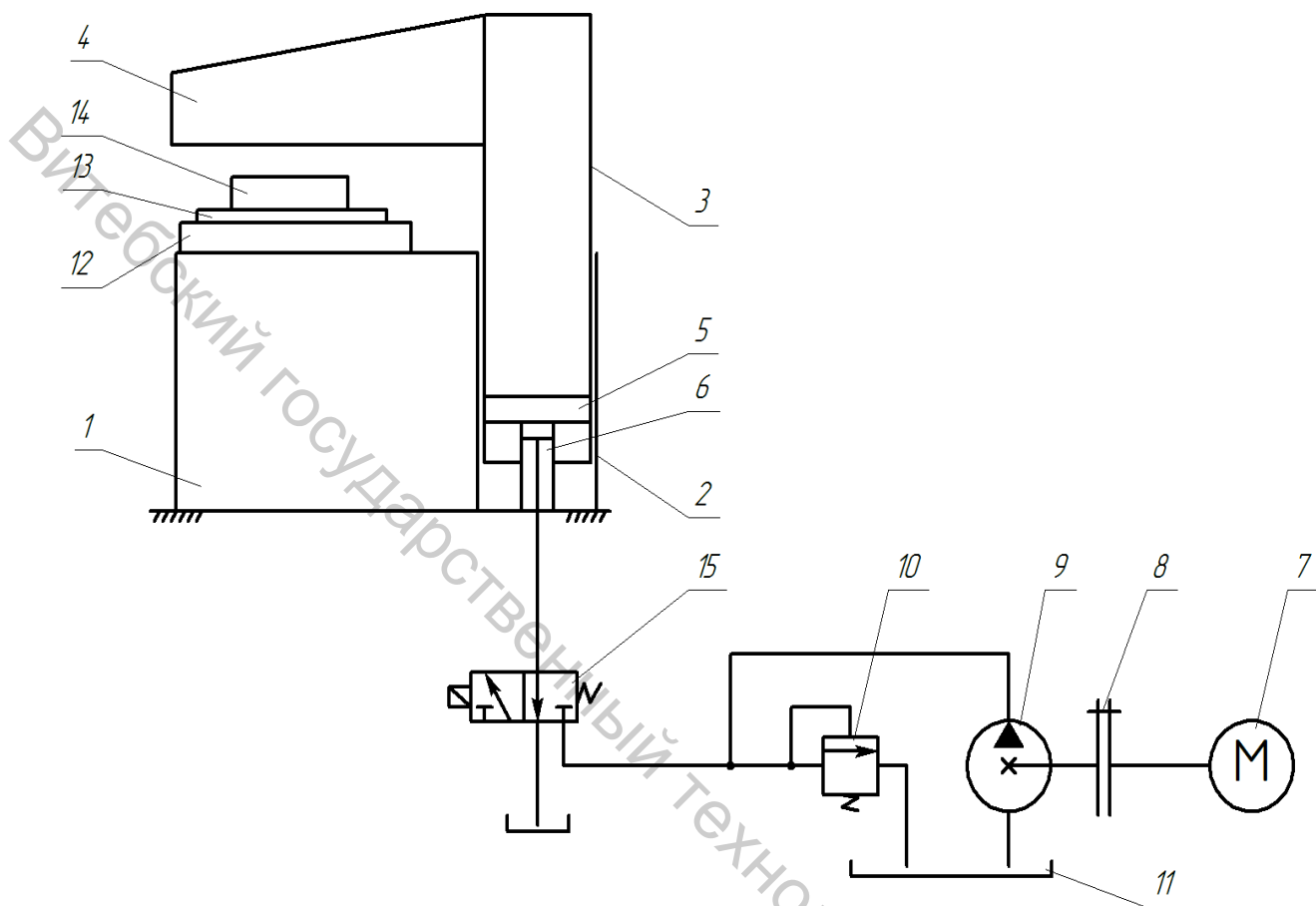


Рисунок 2.4 – Схема электропривода вырубочного пресса:

1 – основание пресса, 2 – цилиндрическая направляющая, 3 – скалка, 4 – ударник, 5 – поршень, 6 – шток, 7 – электродвигатель, 8 – муфта-маховик, 9 – насос, 10 – предохранительный клапан, 11 – гидробак, 12 – распределитель, 13 – вырубочная плита, 14 – лист кожи, 15 – резак, 16 – крышка

Принцип действия.

На вырубочную плиту 13 укладывается лист кожи 14 и устанавливается резак 15. Запускается электродвигатель 7, который через муфту-маховик 8 передает крутящий момент на ротор насоса 9. Предохранительный клапан 10 поддерживает рабочее давление в системе. При включении электромагнита распределителя 12 давление жидкости через распределитель 12, шток 6 поступает в рабочую полость гидроцилиндра, которая ограничена сверху поршнем 5, а снизу крышкой 16, т. к. шток неподвижно закреплен в корпусе машины, то скалка с ударником под действием давления опускается и ударяет по резаку 15, вырубая деталь. В момент соприкосновения резака с вырубочной

плитой электромагнит распределителя 12 выключается, и ударник возвращается в исходное положение.

Определение исходных данных для расчета

Характеристики электродвигателя.

Синхронная угловая скорость ротора

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} \left(\frac{\text{об/с}}{\text{с}} \right).$$

Номинальная угловая скорость ротора

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} \left(\frac{\text{об/с}}{\text{с}} \right).$$

Номинальный момент к валу электродвигателя

$$M_n = \frac{1000 \cdot N}{\omega_n} \text{ (Н·м)}.$$

Коэффициенты «а» и «b» механической характеристики электродвигателя

$$a = \frac{M_n \cdot \omega_0}{\omega_0 - \omega_n} \text{ (Н·м)},$$

$$b = \frac{M_n}{\omega_0 - \omega_n} \text{ (Н·м)}.$$

Максимальный момент на валу электродвигателя

$$M_{\text{amax}} = a - b \cdot \omega_{\text{min}} \text{ (Н·м)}.$$

Минимальный момент на валу электродвигателя

$$M_{\text{amin}} = a - b \cdot \omega_{\text{max}} \text{ (Н·м)};$$

$$\omega_{\text{max}} = \omega_0;$$

$$\omega_{\text{min}} = 2\omega_n - \omega_0.$$

Определение момента инерции привода по формуле

$$I_{i\delta} = I_1 + \frac{m_{3-4}}{u_{7-3}^2},$$

$$I_1 = I_7 + I_8 + I_9,$$

где m_{3-4} – масса скалки с ударником; I_7 – момент инерции ротора электродвигателя; I_8 – момент инерции муфты-маховика; I_9 – момент инерции ротора насоса.

Момент инерции ротора электродвигателя

$$I_7 = \frac{10GD^2}{4g} \text{ (кг·м}^2\text{)}.$$

Момент инерции ротора насоса

$$I_8 = \frac{mD^2}{8},$$

где m – масса ротора, кг;
 D – диаметр ротора насоса, м;
 ρ – плотность, 7,8 г/см³;

$$m = V \cdot \rho;$$

где V – объем ротора, м³;

$$V = \frac{\pi \cdot D_{\delta}^2}{4} \cdot h_{\delta}, \text{ м}^3.$$

На первом этапе расчета момент инерции маховика I_8 не учитывается.

Определение передаточного числа привода

$$u_{7-3} = \frac{\omega_i}{v_c},$$

где ω_i – номинальная угловая скорость ротора, рад/с;
 v_c – линейная скорость скалки, м/с;

$$\omega_i = \frac{\pi n_i}{30}, \text{ рад/с};$$

$$q_i \cdot \frac{\omega_i}{2\pi} = S \cdot v;$$

$$S = \frac{\pi D_{\delta}^2 - d_{\sigma\delta}^2}{4}, \text{ м}^2;$$

$$u_{7-3} = \frac{2\pi \cdot S}{q_i}, \text{ рад/м},$$

где q_i – рабочий объем насоса, м³; S – рабочая площадь гидроцилиндра, м²;
 D_{δ} – диаметр цилиндра, м; $d_{\sigma\delta}$ – диаметр штока, м.

Определение приведенного к валу электродвигателя момента сил сопротивления $M_{\text{спр}}$.

Из графика (рис. 2.5) $F_a = f(x)$ следует, что $M_{\text{спр}}$ будет изменяться в функции перемещения ударника x , при этом принимаем в исходном положении ударника $x = 0$. Для расчета электропривода требуется иметь график зависимости $M_{\text{пр}} = f(\varphi)$, φ – угол поворота ротора электродвигателя при перемещении ударника на величину x_i .

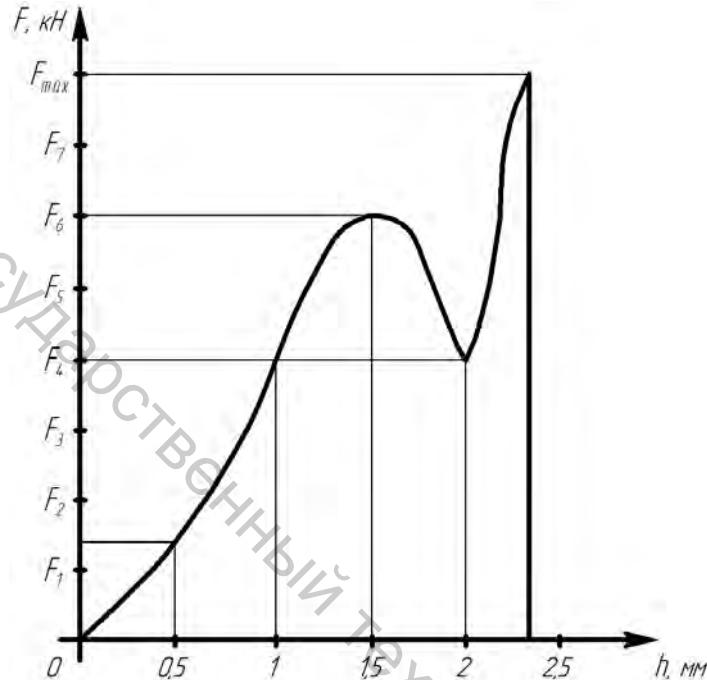


Рисунок 2.5 – График изменения усилия вырубания $F = f(h)$

Для определения углового положения ротора электродвигателя при перемещении ударника на величину x_i используем формулу $\varphi = u_{7-3} \cdot x_i$.

Момент сил сопротивления определяется по формуле

$$M_{\text{пр}} = \frac{F_a + F_1 + F_2 - G}{u_{7-3}}, \text{ (Н}\cdot\text{м)},$$

где F_a – текущее значение усилия вырубки, Н;

F_1 – сила давления воздуха в скалке, Н;

F_2 – сила трения в уплотнениях поршня, Н;

G – вес ударника и скалки, Н;

u_{7-3} – передаточное число от ротора электродвигателя 7 к ударнику 3.

Сила давления воздуха определится

$$F_1 = P_0 \cdot \frac{\pi D_0^2}{4}, \text{ (Н)},$$

где P_0 – давление в скалке, Н/м²;

D_δ – диаметр цилиндра.

Сила трения в уплотнениях поршня

$$F_2 = F \cdot Z, \text{ (Н)},$$

где F – сила трения в одном кольце;

Z – количество колец.

$$k_\varphi = \frac{2\pi}{10} = 0,628 \text{ рад/мм.}$$

Для определения $I_{i\delta 1}^*$ интерес представляет только один из указанных интервалов, на котором площадь, заключенная между кривыми $M_{\tilde{m}\delta 1} = f_1(\varphi_2)$ и $M_{\tilde{A}} = f_2(\varphi_1)$, – наибольшая (рис. 2.6).

Учитывая, что $\omega_{1k} = \omega_{1\min}$, $\omega_{1H} = \omega_{1\max}$, $A_{\tilde{A}}^* < A_{\tilde{m}\delta}^*$, запишем уравнение (2.4) в виде

$$I_{i\delta 1}^* \frac{\omega_{1\max}^2 - \omega_{1\min}^2}{2} = A_{\tilde{e}\tilde{c}\tilde{a}}, \quad (2.5)$$

где $A_{\tilde{e}\tilde{c}\tilde{a}}^* = A_{\tilde{m}\delta}^* - A_{\tilde{A}}^*$ – разность работ $M_{\tilde{m}\delta 1}$ и $M_{\tilde{A}}$ на интервале (избыточная работа).

$A_{\tilde{e}\tilde{c}\tilde{a}}$ может быть определена по формуле

$$A_{\tilde{e}\tilde{c}\tilde{a}} = S_{\tilde{e}\tilde{c}\tilde{a}} \cdot K_M \cdot K_\varphi, \quad (2.6)$$

где $S_{\tilde{e}\tilde{c}\tilde{a}}$ – площадь, заключенная между графиками $M_{\tilde{m}\delta 1}$ и $M_{\tilde{A}}$ на интервале.

Тогда из формулы (2.5) с учетом (2.6) имеем

$$I_{i\delta 1}^* = \frac{2S_{\tilde{e}\tilde{c}\tilde{a}} \cdot K_M \cdot K_\varphi}{\omega_{1\max}^2 - \omega_{1\min}^2}. \quad (2.7)$$

Определив численное значение $I_{i\delta 1}^*$, необходимо сравнить с численным значением $I_{i\delta}$, определенным ранее.

Если $I_{i\delta 1}^* < I_{i\delta}$ – маховик в приводе не нужен; $I_{i\delta 1}^* > I_{i\delta}$ – маховик необходим.

Момент инерции маховика рассчитывается по формуле

$$I_{i\delta} = I_{i\delta 1}^* - I_{i\delta}.$$

Геометрические размеры маховика зависят от конструкции узла привода, т. е. можно задаваться или диаметром, или толщиной маховика, а затем находить неизвестный размер.

$$I_{i \dot{\alpha} \dot{\delta}} = \frac{m \cdot D^2}{8},$$

где m – масса маховика, кг;

D – диаметр, м;

$$m = \frac{8I}{D^2}; \quad m = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h_i \cdot \rho;$$

ρ – плотность, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$.

Определяем высоту маховика h , м.

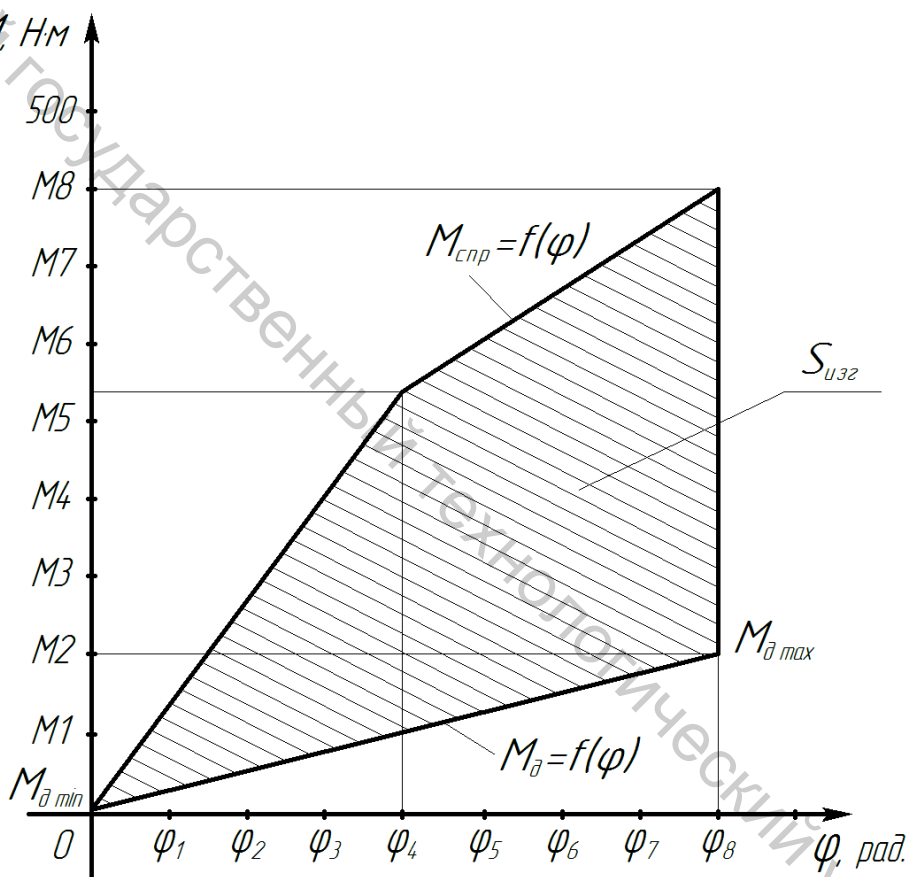


Рисунок 2.6 – Графики $M_{\bar{\alpha}} = f(\varphi)$ и $M_{\text{сnp}} = f(\varphi)$

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов, Л. И. Элементы и схемы электроавтоматики : учебное пособие для студ. вузов спец. «Автоматизация и компл. механизация хим.-технол. процессов» / Л. И. Коновалов, Д. П. Петелин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1985. – 216 с., илл.

2. Иванов, М. Н. Детали машин : учебник для студ. вузов / М. Н. Иванов, под ред. В. А. Финогенова. – 6-е изд. перераб. – Москва : Высшая школа, 1985. – 216 с.

3. Москаленко, В. В. Электрический привод : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Москаленко. – Москва : Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.

4. Артоболевский, И. И. Теория механизмов / И. И. Артоболевский. – Москва : Наука, 1965. – 776 с., илл.

5. Демидович, Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – Москва : Наука, 1970. – 664 с.