

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Ս. Տ. ՄԱՐԿՕՅԱՆ, Ն. Ո. ԳՈՆՇԱՐՈՎ

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ
 ПРИВОДА ЧЕСАЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ХЛОПКА

Рассмотрим процесс пуска высокопроизводительной чесальной машины нормального габарита с различными системами приводов, построенными по следующим схемам.

1. Привод без пусковых устройств, выполненный в двух вариантах — с прямой передачей движения от двигателя на главный барабан и с предварительным разгоном узла приемного барабана.

2. С установкой пускового устройства (например, центробежной муфты): в узле приемного барабана с предварительным его разгоном: на валу главного барабана.

Соответствующие динамические модели представлены на рис. 1 (1—масса—рогор приводного электродвигателя, 2—главный барабан, 3—приемный барабан, 4—ведущая полумуфта, 5—ведомая полумуфта).

Законы изменения угловых скоростей масс и нагрузок в упругих звеньях динамической модели (рис. 1а) в пусковом режиме с учетом электромагнитных переходных процессов в приводном двигателе описываются системой нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases}
 \dot{\varphi}_{x_1} = U_{m0} \cos \gamma - \omega_0 \alpha'_3 \dot{\varphi}_{x_1} + \omega_0 \alpha'_1 K_r \dot{\varphi}_{x_1} - \omega_0 \dot{\varphi}_{x_1} \\
 \dot{\varphi}_{y_1} = U_{m0} \sin \gamma - \omega_0 \alpha'_5 \dot{\varphi}_{y_1} + \omega_0 \alpha'_3 K_r \dot{\varphi}_{y_1} + \omega_0 \dot{\varphi}_{x_1} \\
 \dot{\varphi}_{x_2} = -\omega_0 \alpha'_r \dot{\varphi}_{x_2} + \omega_0 \alpha'_r K_s \dot{\varphi}_{x_2} + (\omega_0 - \omega) \dot{\varphi}_{y_1} \\
 \dot{\varphi}_{y_2} = -\omega_0 \alpha'_r \dot{\varphi}_{y_2} + \omega_0 \alpha'_r K_s \dot{\varphi}_{y_2} + (\omega_0 - \omega) \dot{\varphi}_{x_1} \\
 M_2 = 1,5 \rho \omega_0 \frac{k_r}{X_{12}} (\dot{\varphi}_{x_1} \dot{\varphi}_{y_1} - \dot{\varphi}_{x_1} \dot{\varphi}_{y_2}) \\
 J_1 \dot{\omega}_1 + c_{11} (\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_{12} (\omega_1 - \omega_2) = M_1 - M_2 \\
 J_2 \dot{\omega}_2 - c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) - \beta_{12} (\omega_1 - \omega_2) + c_{23} (\varphi_2 - \varphi_3) + \beta_{23} (\omega_2 - \omega_3) = -M_2 \\
 J_3 \dot{\omega}_3 - C_{23} (\varphi_2 - \varphi_3) - \beta_{23} (\omega_2 - \omega_3) = -M_3 \\
 \varphi_1 = \omega_1; \quad \varphi_2 = \omega_2; \quad \varphi_3 = \omega_3.
 \end{cases} \quad (1)$$

где M_d, M_i — моменты двигателя и сопротивления вращению соответствующих масс; ω_i, J_i — угловая скорость и моменты инерции соответствующих масс; c_{ij}, β_{ij} — коэффициенты жесткостей и демпфирования связей.

Для динамической модели, представленной на рис. 1б, аналогично пишем:

$$\begin{cases} J_1 \dot{\omega}_1 + c_{13}(\varphi_1 - \varphi_3) + \beta_{13}(\omega_1 - \omega_3) = M_d - M_1; \\ J_3 \dot{\omega}_3 - c_{13}(\varphi_1 - \varphi_3) - \beta_{13}(\omega_1 - \omega_3) + c_{23}(\varphi_3 - \varphi_2) + \beta_{23}(\omega_3 - \omega_2) = -M_3; \\ J_2 \dot{\omega}_2 - c_{23}(\varphi_3 - \varphi_2) - \beta_{23}(\omega_3 - \omega_2) = -M_2; \\ \dot{\varphi}_1 = \omega_1; \quad \dot{\varphi}_2 = \omega_2; \quad \dot{\varphi}_3 = \omega_3. \end{cases} \quad (2)$$

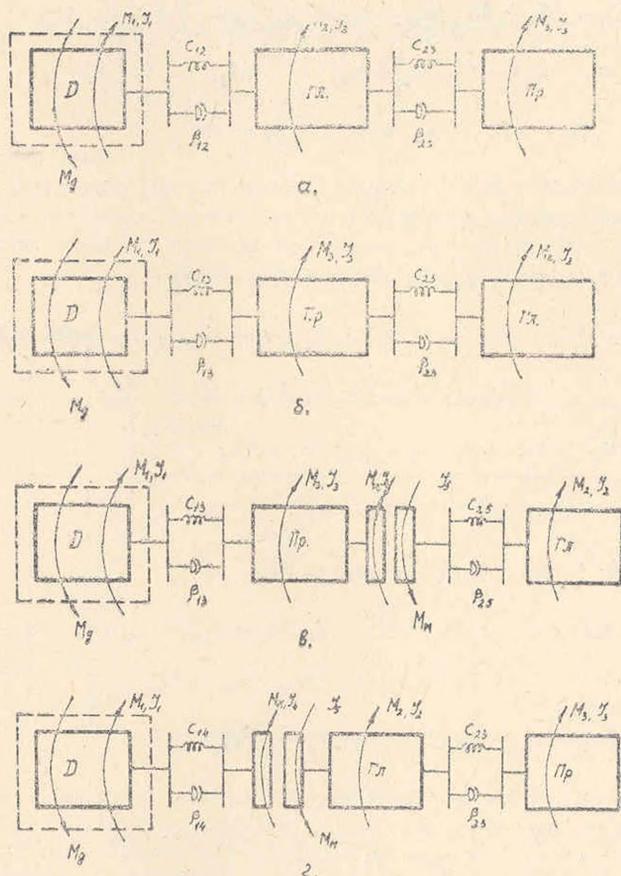


Рис. 1. Динамические модели возможных схем построения главного вала привода.

Пуск системы по динамической модели (рис. 1в или 1г) осуществляется в два этапа. На первом этапе полумуфты в пусковом устройстве разомкнуты и разгон механической части привода для динамиче-

ских моделей описывается следующими системами дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} J_1 \dot{\omega}_1 + c_{13}(\varphi_1 - \varphi_3) + \beta_{13}(\omega_1 - \omega_3) &= M_x - M_1; \\ (J_3 + J_4) \dot{\omega}_3 - c_{13}(\varphi_1 - \varphi_3) - \beta_{13}(\omega_1 - \omega_3) + M_M &= -M_3 - M_4; \\ J_5 \dot{\omega}_5 + c_{25}(\varphi_5 - \varphi_2) + \beta_{25}(\omega_5 - \omega_2) - M_M &= -M_5; \\ J_2 \dot{\omega}_2 - c_{25}(\varphi_5 - \varphi_2) - \beta_{25}(\omega_5 - \omega_2) &= -M_2; \\ \dot{\varphi}_1 = \dot{\omega}_1; \quad \dot{\varphi}_2 = \dot{\omega}_2; \quad \dot{\varphi}_3 = \dot{\omega}_3; \quad \dot{\varphi}_5 = \dot{\omega}_5; \end{aligned} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{aligned} J_1 \dot{\omega}_1 + c_{14}(\varphi_1 - \varphi_4) + \beta_{14}(\omega_1 - \omega_4) &= M_x - M_1; \\ J_4 \dot{\omega}_4 - c_{14}(\varphi_1 - \varphi_4) - \beta_{14}(\omega_1 - \omega_4) + M_M &= -M_4; \\ (J_2 + J_5) \dot{\omega}_2 - M_M + c_{23}(\varphi_3 - \varphi_2) + \beta_{23}(\omega_2 - \omega_3) &= -M_2; \\ J_3 \dot{\omega}_3 - c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) - \beta_{23}(\omega_2 - \omega_3) &= -M_3; \\ \dot{\varphi}_1 = \dot{\omega}_1; \quad \dot{\varphi}_2 = \dot{\omega}_2; \quad \dot{\varphi}_3 = \dot{\omega}_3; \quad \dot{\varphi}_4 = \dot{\omega}_4. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

После полного сцепления муфты разгон систем для этих же динамических моделей можно записать:

$$\left\{ \begin{aligned} J_1 \dot{\omega}_1 + c_{13}(\varphi_1 - \varphi_3) + \beta_{13}(\omega_1 - \omega_3) &= M_x - M_1; \\ (J_3 + J_4 + J_5) \dot{\omega}_3 - c_{13}(\varphi_1 - \varphi_3) - \beta_{13}(\omega_1 - \omega_3) + c_{25}(\varphi_3 - \varphi_2) + \\ &+ \beta_{25}(\omega_3 - \omega_2) = -M_3 - M_4 - M_5; \\ J_2 \dot{\omega}_2 - c_{25}(\varphi_3 - \varphi_2) - \beta_{25}(\omega_3 - \omega_2) &= -M_2; \\ \dot{\varphi}_1 = \dot{\omega}_1; \quad \dot{\varphi}_2 = \dot{\omega}_2; \quad \dot{\varphi}_3 = \dot{\omega}_3; \end{aligned} \right. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{aligned} J_1 \dot{\omega}_1 + c_{14}(\varphi_1 - \varphi_4) + \beta_{14}(\omega_1 - \omega_4) &= M_x - M_1; \\ (J_2 + J_4 + J_5) \dot{\omega}_4 - c_{14}(\varphi_1 - \varphi_4) - \beta_{14}(\omega_1 - \omega_4) + c_{23}(\varphi_4 - \varphi_3) + \\ &+ \beta_{23}(\omega_4 - \omega_3) = -M_2 - M_4; \\ J_3 \dot{\omega}_3 - c_{23}(\varphi_4 - \varphi_3) - \beta_{23}(\omega_4 - \omega_3) &= -M_3; \\ \dot{\varphi}_1 = \dot{\omega}_1; \quad \dot{\varphi}_3 = \dot{\omega}_3; \quad \dot{\varphi}_4 = \dot{\omega}_4. \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Все величины в системах (1—6), характеризующие параметры привода чесальной машины, приведены к валу приводного электродвигателя.

Решение составленных систем дифференциальных уравнений для динамических моделей (рис. 1а, б, в, г) производилось на ЭЦВМ ЕС-1022 методом Рунге-Кутты четвертого порядка с начальными условиями:

$$\dot{\psi}_{x_1} = \dot{\psi}_{y_1} = \dot{\psi}_{x_2} = \dot{\psi}_{y_2} = 0; \quad \omega_i = 0; \quad \varphi_i = 0 \quad \text{для систем (1) — (4),}$$

а для систем (5), (6) начальными условиями являлись конечные условия первого этапа. Результаты анализа динамики пуска чесальной машины с различными конструкциями приводов представлены в таблице и иллюстрируются на рис. 2 для случая разгона машины без пускового устройства и на рис. 3 — для машины с пусковым устройством, установленным в узле приемного барабана.

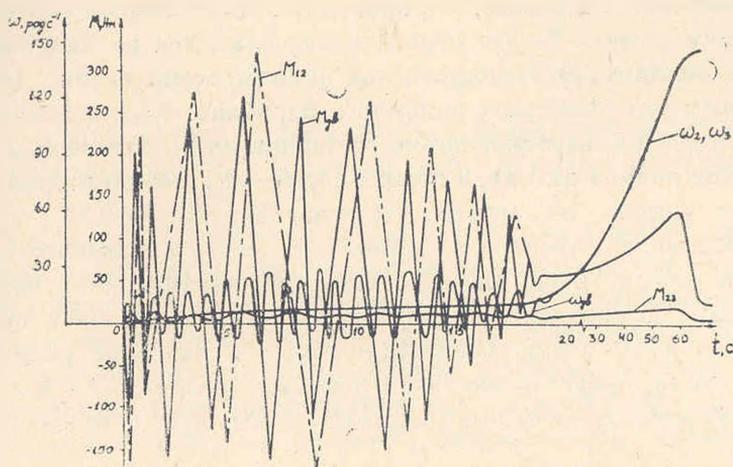


Рис. 2. Изменение угловых скоростей масс и динамических моментов в связях главного привода при пуске электродвигателя мощностью 5,5 кВт без пускового устройства.

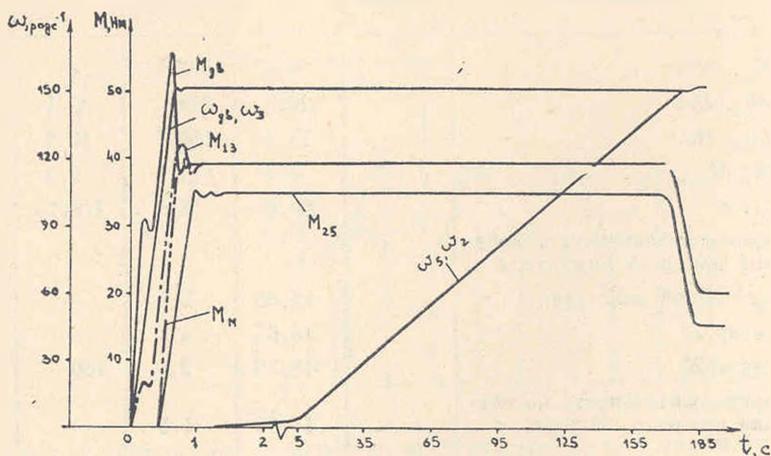


Рис. 3. Изменение угловых скоростей масс и динамических моментов в связях главного привода при пуске электродвигателем мощностью 4 кВт с центробежной фрикционной муфтой на валу приемного барабана.

Как следует из рис. 2, через 5,35 с момент на двигателе становится равным 271,6 Нм и имеет интенсивные знакопеременные колебания в течение 18,65 с. На такое же время продолжается колебательный процесс в первой связи, причем пиковое значение момента равно 326,4 Нм. Момент во второй связи достигает максимума через 58,3 с и испыты-

васт колебания в течение 19,35 с. Колебания скорости двигателя продолжают в течение 18,25 с, а весь период пуска — 63,05 с. Учитывая, что коэффициент перегрузки в этом случае достигает 7,3, подобная схема привода в динамическом отношении крайне неудачна.

Недостатком построения главного привода, динамическая модель которого представлена на рис. 1г, является нерациональное разделение масс на ведущие и ведомые, что приводит к длительному колебательно-му процессу в связи 2—3 и отрицательно скажется на надежности работы всей машины. Этим недостатком лишена схема на рис. 1в с предварительным разгоном узла приемного барабана. Как видно из рис. 3, моменты в связях выравниваются, составляя на двигателе 56,2 Нм (через 0,75 с от начала пуска), в первой связи—42,1 Нм, во второй связи—35,4 Нм, а момент на муфте достигает 38,9 Нм за 0,85 с от начала пуска. Колебания моментов в связях и скорости практически отсутствуют. В целом, пуск длится 176,3 с при коэффициенте перегрузки, равном 2,21. Из сравнения всех рассмотренных выше схем построения главного привода можно констатировать, что наиболее рациональной является схема, представленная на рис. 1в, с разделением масс привода центробежной фрикционной муфтой на ведущую и ведомую.

Таблица

Результаты расчетов пусковых характеристик главного привода по динамическим моделям

№№ пп	Параметр	Схема	1а	1б	1г	1в
1	N_d , кВт		5,5	5,5	4	4
2	M_{12} , Нм		326,4	148	39,1	42,1
3	M_{23} , Нм		15,3	156,7	10,8	35,4
4	$M_d/M_{ном}$		7,3	4,3	2,3	2,21
5	t_n , с		63,05	53,6	176,15	176,3
6	продолжительность колебания процесса момента, с					
7	приводной двигатель		18,65	2,6	—	—
	связь 12		18,65	4,3	—	—
	связь 23		19,35	2,8	160	1,45
8	продолжительность колебания процесса скорости, с		18,25	1,8	—	1,25

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Соколов И. М. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе.— М.: Энергия, 1968.— 328 с.