

УДК 687.053:5

ДИНАМИКА ШВЕЙНОГО МАШИННОГО АГРЕГАТА

В.П. ПОЛУХИН, О.А. ЛЮСИНА

(Московский государственный текстильный университет им.А.Н. Косыгина)

Швейный машинный агрегат (рис.1) состоит из асинхронного электродвигателя 1, фрикционной муфты 2, клиноременной передачи 3 и швейной машины 4. Разгон машины осуществляется через фрикционную муфту, а останов – прижатие ведомой полумуфты к неподвижной тормозной муфте 5.

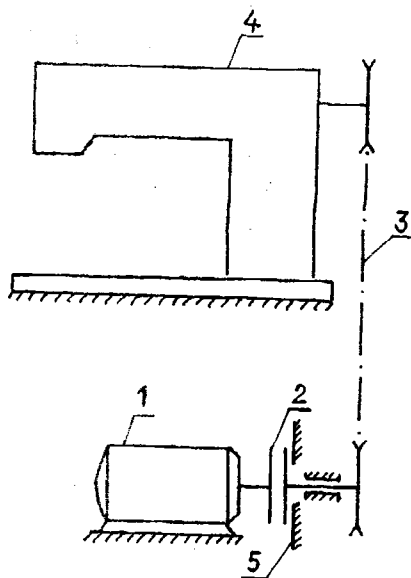


Рис. 1

Производительность швейного машинного агрегата зависит от скорости машины и от характеристик входящих в него элементов, как это показано в [1...3] при постоянных параметрах агрегата: моменте инерции машины, моменте сопротивления машины, моментах трения в фрикционной и тормозной муфтах. Механическая характеристика электродвигателя на рабочем участке принята линейной. Нагруженность агрегата не оценивалась.

В данной статье в развитие [1...3] с целью создания автоматизированной системы расчета швейного машинного агрегата на ЭВМ рассматривается многомассовая модель с учетом упругости звеньев, переменности моментов трения в фрикционной и тормозной муфтах, а также момента сопротивления машины. Оценкой работы агрегата является потеря производительности за период разгона и останова машины и соотношение крутящих моментов на валах при разгоне и установившемся движении агрегата.

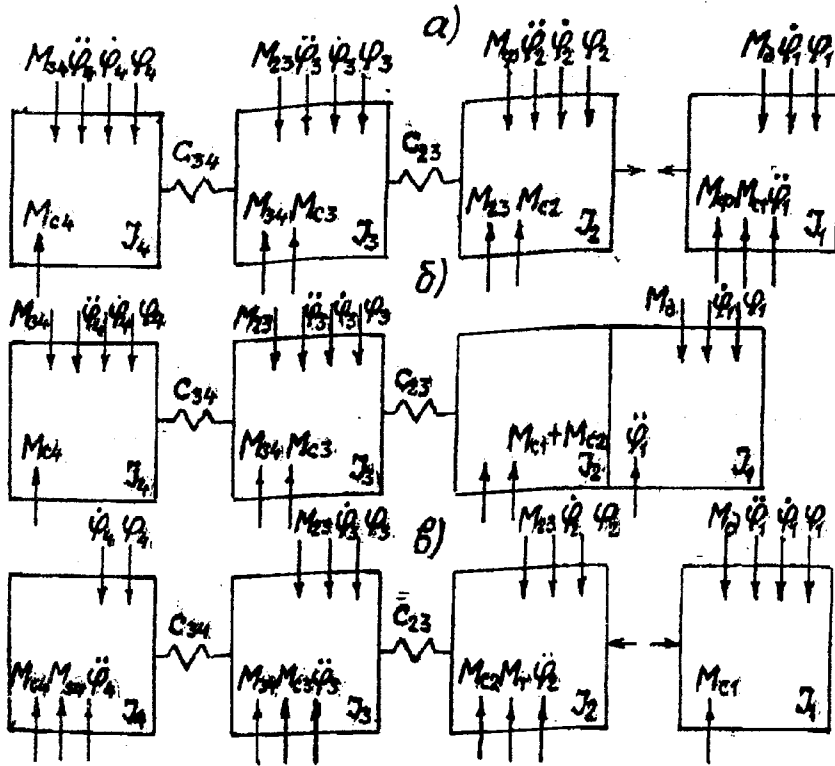


Рис. 2

Как видно из схемы агрегата, его динамической моделью может быть четырех-массовая система (рис.2), в которой: I_1 – момент инерции ротора двигателя 1 и ведущей полумуфты фрикционной муфты 2; I_2 – момент инерции ведомой полумуфты 2 и ведущего шкива клиноременной передачи 3; I_3 – момент инерции ведомого шкива клиноременной передачи 3; I_4 – приведенный момент инерции швейной машины; C_{23} и C_{34} , M_{23} , и M_{34} – жесткости клиноременной передачи и главного вала машины

и соответствующие им моменты; M_d – момент двигателя; M_ϕ и M_T – моменты трения фрикционной и тормозной муфт; M_{c1} , M_{c2} , M_{c3} , M_{c4} – моменты сопротивления элементов 1, 2, 3 агрегата и швейной машины 4.

На каждом этапе движение масс в соответствии с принятой динамической моделью описывается системой уравнений, приведенных к главному валу машины.

На этапе разгона (рис.2-а):
– при скольжении в муфте

$$\begin{aligned}
 I_1 \ddot{\varphi}_1 &= M_d - M_\phi - M_{c1}, \\
 I_2 \ddot{\varphi}_2 &= M_\phi - C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) - M_{c2}, \\
 I_3 \ddot{\varphi}_3 &= C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) - C_{34}(\varphi_3 - \varphi_4) - M_{c3}, \\
 I_4 \ddot{\varphi}_4 + \frac{1}{2} \frac{dI_4}{d\varphi_4} \dot{\varphi}_4^2 &= C_{34}(\varphi_3 - \varphi_4) - M_{c4};
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

—после окончания скольжения в муфте

$$\begin{aligned} (I_1 + I_2)\ddot{\varphi}_1 &= M_d - C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) - M_{c1} - M_{c2}, \\ I_3\ddot{\varphi}_3 &= C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) - C_{34}(\varphi_3 - \varphi_4) - M_{c3}, \\ I_4\ddot{\varphi}_4 + \frac{1}{2} \frac{dI_4}{d\varphi_4} \dot{\varphi}_4^2 &= C_{34}(\varphi_3 - \varphi_4) - M_{c4}. \end{aligned} \quad (2)$$

На этапе установившегося движения движение масс (рис.2-б) описывается системой уравнений (2).

На этапе останова (рис.2-в):

$$\begin{aligned} I_1\ddot{\varphi}_1 &= M_d - M_{c1}, \\ I_2\ddot{\varphi}_2 &= -M_\tau - C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) - M_{c2}, \\ I_3\ddot{\varphi}_3 &= C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) - C_{34}(\varphi_3 - \varphi_4) - M_{c3}, \\ I_4\ddot{\varphi}_4 + \frac{1}{2} \frac{dI_4}{d\varphi_4} \dot{\varphi}_4^2 &= C_{34}(\varphi_3 - \varphi_4) - M_{c4}. \end{aligned} \quad (3)$$

Входящие в уравнения (1...3) величины $I_1, I_2, I_3, M_{c1}, M_{c2}, M_{c3}, C_{23}, C_{34}$ являются постоянными. Рабочая ветвь характеристики асинхронного двигателя аппроксимируется параболой [4]:

$$M_d = a\varphi_1^2 + b\dot{\varphi}_1 + c, \quad (4)$$

коэффициенты которой определяются методом интерполирования по паспортным данным двигателя.

Момент инерции машины на основе экспериментальных данных [5] аппроксимируется зависимостью

$$I_4 = I_{40} + I \sin \varphi_4. \quad (5)$$

Момент сопротивления машины с достаточной степенью приближения к экспериментальным данным [6] выражается линейной зависимостью

$$M_{c4} = M_{c40} + \dot{\varphi}_4 \operatorname{tg} \alpha. \quad (6)$$

Также линейной зависимостью выражаются моменты во фрикционной и тормозной муфтах:

$$M_\phi = M_{\phi 0} - (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \operatorname{tg} \gamma, \quad (7)$$

$$M_\tau = M_{\tau 0} - \dot{\varphi}_4 \operatorname{tg} \xi, \quad (8)$$

что соответствует экспериментальным результатам [7].

Углы α, γ и ξ определяют наклон к оси абсцисс прямолинейных участков графиков, соответствующих зависимостям (6...8).

При жестких звеньях (без учета C_{23} и C_{24}) динамическая модель превращается в двухмассовую, где момент второй массы $\bar{I}_2 = I_2 + I_3 + I_4$.

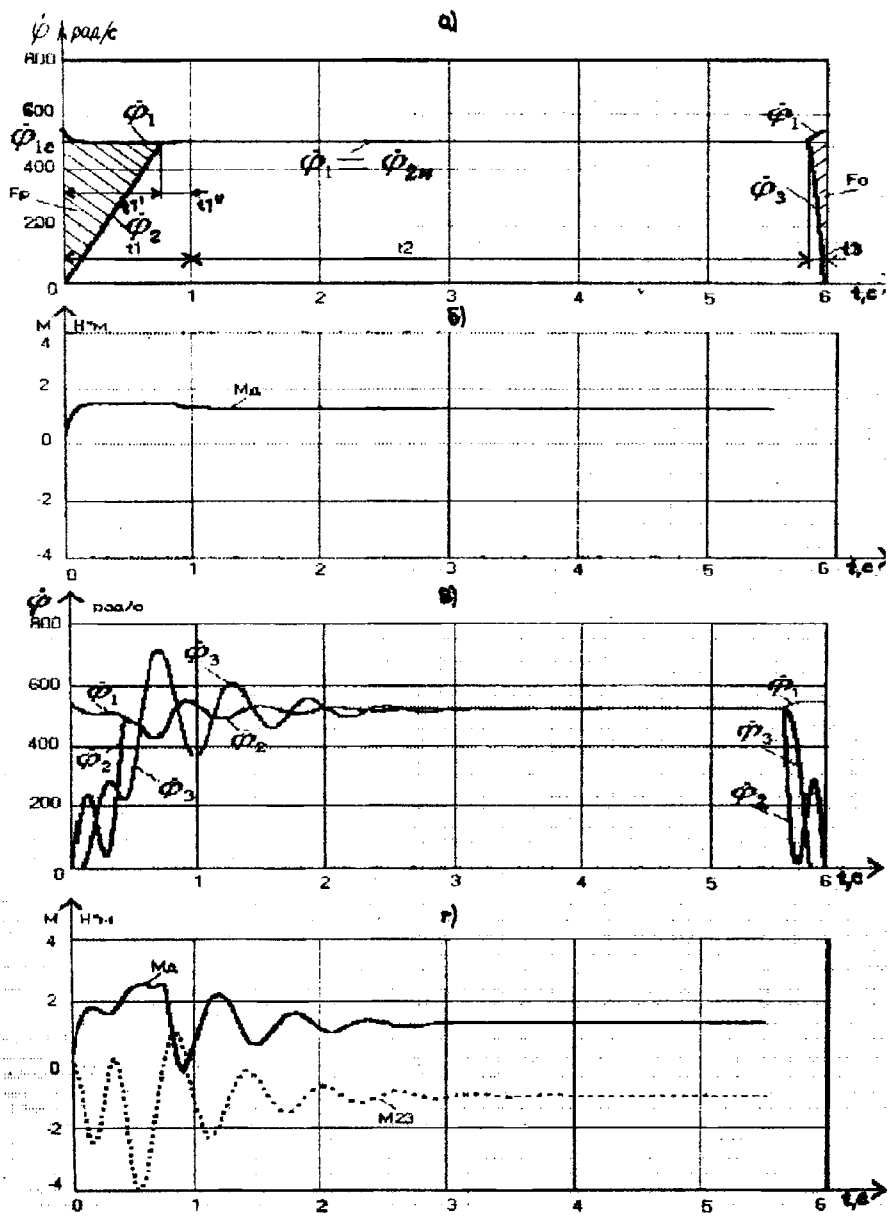


Рис. 3

Кинематика движения масс определяется – рис.3: а и б – тахограмма и график M_d для жестких звеньев; в и г – тахограмма и графики M_d и M_{23} при учете жесткости клиноременной передачи. Двигатель включен и работает на холостом ходу со скоростью φ_{1e} . Этап разгона машины t_1 , как было указано выше, состоит из двух частей: при наличии скольжения в фрикционной муфте t_1' и при отсутствии скольжения t_1'' . Длительность установившегося движения t_2 , а останова t_3 . Машина разгоняется до номинальной ско-

рости $\varphi_{2н}$ и выполняет строчку за время $t = t_1 + t_2 + t_3$.

Следует отметить, что площадь тахограммы при мгновенном разгоне и останове машины $F = \varphi_{2н} t$ связана с числом стежков S в выполняемой строчке зависимостью

$$S = \frac{F}{2\pi}, \quad (9)$$

откуда следует, что в реальных условиях разгона и останова машины заштрихованные площади тахограммы показывают по-

тери производительности (числа стежков) соответственно при разгоне и останове машины:

$$S_p = \frac{F_p}{2\pi}, \quad S_o = \frac{F_o}{2\pi}. \quad (10)$$

Зависимости (9) и (10) позволяют оценить работу агрегата при выполнении строчки с определенным числом стежков некоторым коэффициентом потери производительности:

$$\mu = \frac{F_p + F_o}{F}. \quad (11)$$

Загруженность динамической системы можно оценить коэффициентами пропорциональности момента двигателя и упругих моментов соответственно при разгоне и установившемся движении машины:

$$\begin{aligned} K_d &= \frac{M_{дп}}{M_{дy}}, \\ K_{23} &= \frac{M_{23п}}{M_{23y}}, \\ K_{34} &= \frac{M_{34п}}{M_{34y}}. \end{aligned} \quad (12)$$

Для решения системы дифференциальных уравнений (1...3) с учетом зависимостей (4...8) использовали метод Рунге-Кутты 4-го порядка [8]. При этом принимали следующий алгоритм расчета: при заданных начальных условиях решали систему уравнений (1...3) и по полученным кинематическим характеристикам строили тахограмму, для которой подсчитывали коэффициент потери производительности μ (11). Одновременно по (4) определяли M_d , по углам поворота и жесткостям – M_{23} и M_{34} , а затем по (12) – коэффициенты K_d , K_{23} и K_{34} .

Программа реализована на языке СИ для общего случая и позволяет решать частные задачи: без учета жесткостей элементов агрегата, с упрощенными способами аппроксимации входящих в уравнения

параметров M_d , I_d , $M_{с4}$, M_f , M_T . Она дает возможность оценить влияние на производительность агрегата и его загруженность всех входящих в систему уравнений (1...3) параметров.

При расчетах получен большой массив результатов. Привести их не позволяет объем статьи. В качестве иллюстрации на рис.3 показаны тахограммы и графики крутящих моментов для швейной машины 1022 класса, определенные без учета жесткости звеньев и с учетом жесткости клиноременной передачи. Сравнение тахограмм показывает, что учет упругости передачи отмечает наличие колебаний элементов агрегата на этапах разгона и останова машины, но это мало отражается на величине коэффициента потери производительности μ . Однако при этом момент двигателя M_d (рис.3-г) на этапе разгона в 1,6 раза больше соответствующего момента (рис.3-б) при жестких звеньях. Кроме того, упругий момент M_{23} (рис.3-г) на этапе разгона существенно больше его величины при установившемся движении ($K_{23} = 4$).

ВЫВОДЫ

Получены уравнения и разработанная для них программа, представляющие собой основу для автоматизированного расчета на ЭВМ швейного машинного агрегата, где учтены параметры агрегата в максимальном приближении к реальному характеру их изменения и даны критерии оценки качества агрегата (по производительности) при одновременном контроле загруженности агрегата (по величинам момента двигателя и упругих моментов).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дамаскин Б.И., Поболь О.Н., Полухин В.П. Привод швейных машин / Научн.-техн. сб.: Оборудование для швейной промышленности. –М.: НИИМащ, 1965, вып. 4.
2. Дамаскин Б.И., Поболь О.Н., Полухин В.П. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. –1966, №3.
3. Бродягин В.Г., Поливанов С.Ю., Якимшин Ю.В. Электроавтоматика и электропривод швейных машин и полуавтоматов. –М.: Легкая индустрия, 1977.

4. *Мартынов И.А. и др.* Приводные системы ткацких станков. –М.: Легпромбытиздат, 1991.

5. *Блехерман Е.Х., Полухин В.П.*// Изв. вузов. Технология легкой промышленности.– 1981, №5.

6. *Блехерман Е.Х., Полухин В.П.*// Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1982, №2.

7. *Михайлов А.В.* Создание и исследование электропривода с регулируемой скоростью для промышленных швейных машин: Дис. ... канд. техн. наук. –М.: ВНИИЛТекмаш, 1982.

8. *Ракитин В.И., Первушин В.Е.* Практическое руководство по методам вычислений с применением программ для персональных компьютеров. –М.: Высшая школа, 1998.

Рекомендована кафедрой компьютерных технологий и теории машин. Поступила 12.04.01.