

УДК 621.313.333

**СТАБИЛИЗАЦИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ  
ГЛАВНОГО ВАЛА ТКАЦКОГО СТАНКА**

**STABILIZATION OF ANGULAR RATE  
OF A MAIN SHAFT OF A LOOM**

*B.B. РОМАНОВ  
V.V. ROMANOV*

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: wwr52@rambler.ru

*В статье излагается методика моделирования снижения неравномерности установившегося движения главного вала ткацкого станка на основе использования частотно-регулируемого электропривода.*

*The technique of modelling of reduction of steady movement non-uniformity of a main shaft of a loom on the basis of use of the frequency-regulated electric drive is stated in the article.*

**Ключевые слова:** ткацкий станок, частота вращения, частотно-регулируемый электропривод.

**Keywords:** a loom, rotation frequency, a frequency-regulated electric drive.

Неравномерность угловой скорости главного вала ткацкого станка исследовалась и моделировалась различными авторами [1...3]. Однако целесообразность уменьшения коэффициента динамичности ткацкого станка была высказана лишь в работах Васильченко В.Н. (с позиций качества продукции) [4]; в работах Лушникова С.В. (с позиций соответствия заданным законам управления исполнительными механизмами станка) [5]; в работах Demeulenaere В., Коловского М.З. (с позиций экономии энергопотребления) [6], [7].

Основным недостатком неравномерности вращения является потеря мощности

двигателя. Согласно работе [7] для роторного электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением сила тока в якоре:

$$I = \frac{M_D}{k\Phi} = \frac{1}{k\Phi} [M_{D0} + \tilde{M}_D(t)], \quad (1)$$

где  $\Phi$  – магнитный поток обмотки возбуждения;  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $M_D$  – движущий момент двигателя.

Средняя за цикл мощность, теряемая в двигателе:

$$\begin{aligned} (N_{\text{пот}})_{\text{CP}} &= \frac{v}{2\pi} \int_0^{2\pi/v} I^2 R dt = \frac{R}{k^2 \Phi^2} \frac{v}{2\pi} \int_0^{2\pi/v} M_D^2 dt = \\ &= \frac{1}{s} \left\{ M_{D0}^2 (u_0, \omega_0) + 2 M_{D0} \frac{v}{2\pi} \int_0^{2\pi/v} \tilde{M}_D(t) dt + \frac{v}{2\pi} \int_0^{2\pi/v} \tilde{M}_D^2(t) dt \right\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Третье слагаемое данного выражения определяет потери, вызванные неравномерностью вращения. Учитывая, что мощность, потребляемая двигателем из сети, постоянна и равна  $M_{D0} \omega_{X.X}$  ( $\omega_{X.X}$  – угловая скорость холостого хода двигателя), коэффициент потерь:

$$\tilde{\xi} = \frac{s \eta^2 \omega_0^2}{M_{D0} \omega_{X.X}} = \frac{\eta^2 (1 - \xi_0)}{\xi_0}, \quad (3)$$

где  $\xi_0$  – коэффициент потерь в режиме равномерного вращения с угловой скоростью  $\omega_0$ . При коэффициентах неравномерности, характерных для ткацких станков ( $\eta = 0,1$ ), и  $\xi_0 = 0,1$  величина  $\tilde{\xi}$  может достигать значения 0,08, то есть потери энергии вследствие неравномерности вращения могут оказаться весьма ощутимыми. С определенными допущениями этот вывод

распространяется и на электродвигатели переменного тока.

Простейшими системами стабилизации угловой скорости являются пассивные системы: а) – маховик; б) – разгрузатели; в) – динамические гасители колебаний; г) – демпфер крутильных колебаний. Однако их эффективность ограничивается определенными рамками и не может быть гарантирована в современных переналаживаемых ткацких станках.

Поэтому наиболее перспективным представляется использование активных систем стабилизации частоты вращения (ССЧВ), основанных на регулируемых электроприводах с частотным регулированием на базе асинхронных и синхронных двигателей. Математический аппарат теории переменного тока отличается весьма большой сложностью. Поэтому непосредственное решение математических выражений заменяется моделированием в спе-

циализированных программных средах. К числу таких программ относится система моделирования Simulink, встроенная в па-

кет инженерных и научных расчетов MatLab [8].

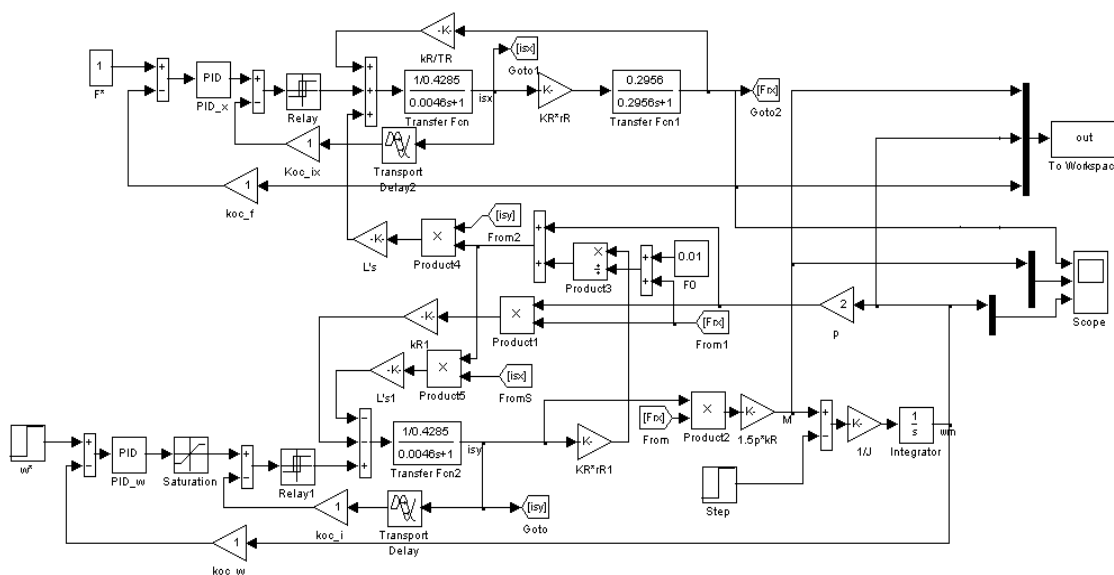


Рис. 1

Анализ работы частотного электропривода может проводиться по структурной схеме, выполненной на рис. 1 в виде упрощенной модели [9]. Из известных моделей асинхронного двигателя примем модель, удобную для исследования динамики привода с опорным вектором главного потока. Принятой модели асинхронного двигателя соответствуют уравнения Горева-Парка [9]:

$$\frac{d}{dt} \Psi_{0\alpha} = U_{S\alpha} - I_{S\alpha} R_S - L_S \sigma_s \frac{dI_{S\alpha}}{dt}, \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} \Psi_{0\beta} = U_{S\beta} - I_{S\beta} R_S - L_S \sigma_s \frac{dI_{S\beta}}{dt}, \quad (5)$$

$$\frac{d}{dt} \Psi_{r\alpha} = p_o \omega \Psi_{r\beta} - I_{r\alpha} R_r, \quad (6)$$

$$\frac{d}{dt} \Psi_{r\beta} = p_o \omega \Psi_{r\alpha} - I_{r\beta} R_r, \quad (7)$$

$$\frac{d}{dt} \omega = \frac{mp_o}{2J} (\Psi_{0\alpha} I_{S\beta} - \Psi_{0\beta} I_{S\alpha}) - M_c J^{-1}, \quad (8)$$

$$I_{S\alpha} = (\Psi_{s\alpha} - k_r \Psi_{r\alpha}) / (\sigma L_s), \quad (9)$$

$$I_{S\beta} = (\Psi_{s\beta} - k_r \Psi_{r\beta}) / (\sigma L_s), \quad (10)$$

где  $\sigma_s = 1 - k_s$  – коэффициент рассеяния статора;  $\sigma = 1 - k_s k_r$  – коэффициент полного

рассеяния;  $I_s, \Psi_o, \Psi_s, \Psi_r, U_s$  – проекции обобщенного вектора тока статора, главного потока сцепления, потока сцепления статора и ротора, напряжения статора на оси  $\alpha - \beta$ ;  $m$  – число фаз статора;  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора;  $J$  – момент инерции электропривода, приведенный к валу двигателя;  $L_S$  – индуктивность фазы статора;  $L_R$  – индуктивность фазы ротора;  $L_m$  – взаимная индуктивность обмоток статора и ротора;  $M_c$  – статический момент нагрузки;  $p$  – число пар полюсов двигателя;  $R_S (R_R)$  – активное сопротивление фазы статора (ротора).

Для моделирования выберем двигатель ЕСМА-Е31315FS (1,5 kW) со следующими паспортными данными и параметрами:  $U_{AB} = 400$  В;  $f = 50$  Гц;  $R_S = 0,2147$  Ом;  $R_R = 0,2205$  Ом;  $L_S = L_R = 0,06518$  Гн;  $L_m = 0,06419$  Гн;  $J = 0,102$  кг·м<sup>2</sup>;  $p = 2$ ;  $T_i = 0,015$  с;  $K_i = 12,6$  См;  $J_\Sigma = 3,1$  кг·м<sup>2</sup>;  $L_r = 0,0192$  Гн;  $L_s = 0,01915$  Гн;  $L_m = 0,01857$  Гн;  $R_r = 0,0487$  Ом;  $R_r = 0,031$  Ом;  $C_m = 4,5$ .

Структурная схема двигателя ЕСМА-31315FS, построенная по уравнениям (4)...(10), показана на рис. 2.

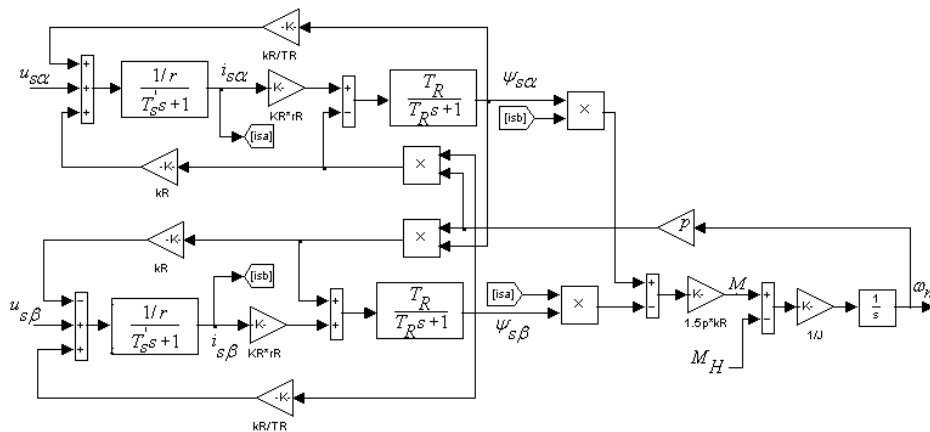


Рис. 2

Преобразователь (ТП) представлен апериодическим звеном с постоянной времени  $T_{\mu}$ . На первом этапе силовая часть выполнена идеальной, безынерционной ( $T_{\mu}'=0$ ) и не искажающей форму задающего напряжения.

сброса нагрузки в системе с регулятором  $t=0,029$  с, что почти в три раза меньше, чем в системе с отсутствием регулирующего воздействия.

## ВЫВОДЫ

При резких колебаниях нагрузки частотно-регулируемый электропривод допускает провал частоты вращения электродвигателя с погрешностью не более 2% от среднего значения, что позволяет использовать его для стабилизации частоты вращения главного вала ткацкого станка без применения пассивных разгрузателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Мальшев А.П., Воробьев П.А.* Механика и конструктивные расчеты ткацких станков. – М.: Машгиз, 1960.
2. *Мостейкис В.С., Мартынов А.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1967, №3. С.121...127.
3. *Орнатская В.А., Кивилис С.С.* Проектирование и модернизация ткацких машин. – М.: Легпромбытиздат, 1986.
4. *Васильченко В.Н.* Прибой точной нити. – М.: Легпромбытиздат. 1993.
5. *Лушников С.В., Саранчук Г.А., Бельий М.А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №4. С.75..78.
6. *Demeulenaere B.* // Dynamic Balancing of Reciprocating Machinery With Application to Weaving Machines / Ph.D. thesis Katholieke Universiteit Leuven. – Belgium, 2004.
7. *Коловский М.З.* Динамика машин. –М.: Машиностроение. 1989.

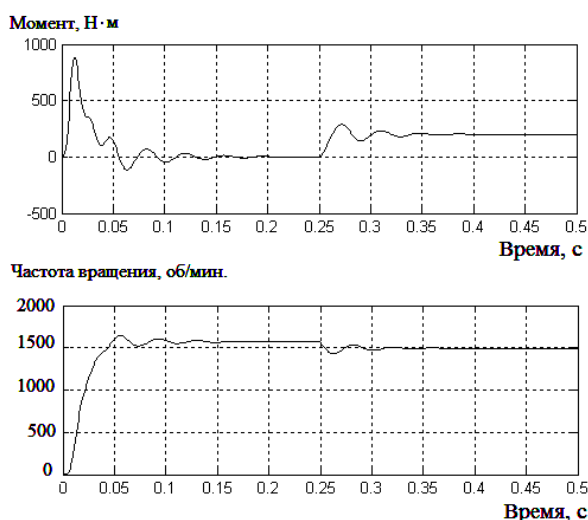


Рис. 3

На рис.3 показаны результаты моделирования поведения ротора двигателя при изменении (набросе-сбросе) нагрузки (момента сопротивления), характерном процессу тканеобразования на станке СТБ. Как видно из графика, система с регулятором скорости уменьшает динамический провал угловой скорости при набросе нагрузки. Он составляет не более 2% от средней скорости по сравнению с 7...10% при отсутствии регулятора. Время восстановления скорости после наброса-

8. *Герман-Галкин С.Г.* Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. –СПб.: КОРОНА-Век, 2008.

9. *Бастрон Т.Н., Алексеев В.В., Алексеев П.В., Язев В.Н.*/ Моделирование асинхронного электропривода с векторным управлением. – С-Петербург:

Изд-во СПГГИ им. Г.В.Плеханова (Технический университет), 1999.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения. Поступила 03.06.11.

---