

УДК 677.05:62-83

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАМОТКОЙ ТКАНИ

В. Ф. ГЛАЗУНОВ, М. А. СОЛОМАНИЧЕВ

(Ивановский государственный энергетический университет)

Одной из актуальных задач текстильной технологии является совершенствование управления плотностью намотки ткани, осуществляемой на осевых накатах, как правило, при постоянном натяжении наматываемого материала. При этом не

удается достигнуть равномерной плотности намотки [1]. Решение задачи стабилизации плотности намотки рассматривается здесь применительно к разработанному в [2] двухмашинному агрегату, обеспечивающему перемотку ткани.

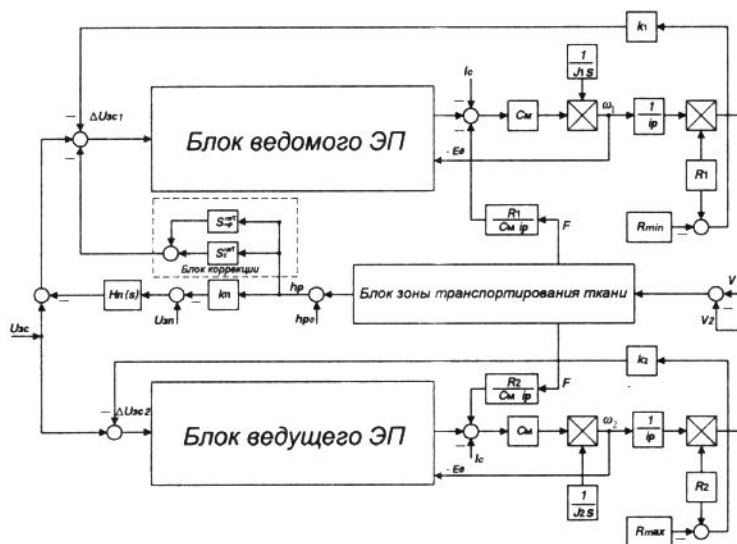


Рис. 1

линеаризованная структура математической модели агрегата показана на рис. 1 и содержит функциональные блоки ведущего и ведомого электропривода (ЭП) и блок зоны транспортирования ткани.

Блоки ведущего и ведомого ЭП укомплектованы двухконтурными оптимизированными системами подчиненного регулирования с ПИ-регулятором тока и П-регулятором скорости [3]. Система содержит также внешний контур регулирования координаты положения ролика

петлеобразователя, включающий в себя ПИ-регулятор положения. Блок зоны транспортирования содержит модель ткани, обладающей вязкоупругими свойствами, и известную модель петлеобразователя [4] с упругим элементом и возможностью задания начальной координаты положения ролика.

С целью стабилизации скорости движения ткани в процессе намотки в системе введены указанные выше ООС по приращению радиуса намотки с коэффициента-

ми усиления k_1 и k_2 , которые корректируют сигнал задания по скорости $\Delta U_{зс}$ ведущего и ведомого двигателей в функции текущего значения приращения радиуса катушки ΔR в соответствии с соотношением:

$$\Delta U_{зс(1,2)} = k_{1(2)} \Delta R, \quad (1)$$

где $k_{1(2)}$ – коэффициент связи между напряжением управления на входе регулятора скорости и приращением радиуса катушки, В/м, соответственно для ведомого ЭП (1) и ведущего ЭП (2); ΔR – отклонение радиуса катушки от его начального значения, м.

Кроме того на рис. 1 обозначены: J_1, J_2 – приведенные к валам двигателей моменты инерции, кг·м²; i_p – передаточное отношение редукторов ведущего и ведомого ЭП; $\frac{R_1(R_2)}{c_m i_p}$ – коэффициенты передачи

силовых перекрестных связей, обусловленных натяжением ткани при намотке, А/Н; c_m – постоянная двигателя, Н·м/А;

$S_E^{H_{сп}}$, $S_{m_p}^{H_{сп}}$ – логарифмические функции

чувствительности системы регулирования натяжения к вариациям модуля упругости и веса ролика петлеобразователя соответственно; k_n – коэффициент усиления ООС по положению ролика петлеобразователя, В/м; $H_n(s)$ – передаточная функция ПИ-регулятора положения; $U_{зс}, U_{зп}$ – напряжения задания по скорости ведущего и ведомого двигателей и положению ролика петлеобразователя, В; h_{p0} – начальное положение измерительного ролика петлеобразователя.

Блоки задания текущих значений радиусов катушки ведомого R_1 и ведущего R_2 барабанов и суммарных приведенных моментов инерции J_1 и J_2 учитывают процесс намотки ткани в рулон по Архимедовой спирали [1] в соответствии с соотношениями:

$$R_1 = R_{\min} + \delta_T N_{\text{вит}}, \quad (2)$$

$$R_2 = R_{\max} - \delta_T N_{\text{вит}}, \quad (3)$$

$$J_1 = J_{1 \text{ пост}} + \frac{0,5\pi B_T \rho_T (R_1^4 - R_{\min}^4)}{i_p^2}, \quad (4)$$

$$J_2 = J_{2 \text{ пост}} + \frac{0,5\pi B_T \rho_T (R_2^4 - R_{\max}^4)}{i_p^2}, \quad (5)$$

где R_{\min}, R_{\max} – граничные значения радиусов катушки ткани в рулон для ведомого и ведущего барабанов, м; δ_T – толщина ткани, м; $N_{\text{вит}}$ – текущее значение числа витков ткани; $J_{1 \text{ пост}}, J_{2 \text{ пост}}$ – постоянные составляющие суммарных моментов инерции ведомого и ведущего барабанов, соответствующие начальным условиям $R_1 = R_{\min}$ и $R_2 = R_{\max}$, кг·м²; B_T – ширина ткани, м; ρ_T – объемная плотность ткани, кг/м³; i_p – передаточное отношение редуктора.

Учет переменных составляющих статических моментов сопротивления на валах ведомого и ведущего двигателей выполнен в соответствии с соотношениями:

$$M_{c1} = -|M_c \text{sign}|\omega_1| - \frac{FR_1}{i_p}, \quad (6)$$

$$M_{c2} = -|M_c \text{sign}|\omega_2| + \frac{FR_2}{i_p}, \quad (7)$$

где M_c – постоянный реактивный момент сопротивления, зависящий от направления вращения ведомого и ведущего двигателей, Н·м; $\omega_{1,2}$ – угловые скорости вращения ведомого и ведущего двигателей, рад/с; F – натяжение ткани, Н.

С целью снижения чувствительности системы электропривода к вариации модуля упругости ткани и массы ролика петлеобразователя введен блок коррекции (рис.1) сигнала задания по положению ролика петлеобразователя с соответствующими передаточными функциями в виде логарифмических функций чувствительности (рис. 1) [5].

Логарифмические функции чувствительности к вариациям указанных выше параметров с учетом передаточной функции зоны деформации ткани [6] имеют вид:

$$S_E^{H_{\pi}}(s) = \frac{\frac{1}{E} \left(1 + \frac{c_n}{m_p s^2} \right)}{1 + \frac{c_n}{m_p s^2} + \frac{k_r^2 k_v E (\tau s + 1)}{m_p s (T_T s + 1)}}, \quad (8)$$

$$S_{m_p}^{H_{\pi}}(s) = - \frac{\frac{1}{m_p}}{1 + \frac{c_n}{m_p s^2} + \frac{k_r^2 k_v E (\tau s + 1)}{m_p s (T_T s + 1)}}, \quad (9)$$

где E – модуль упругости ткани, Н; c_n – жесткость упругого элемента петлеобразователя, Н/м; m_p – масса ролика петлеобразователя, кг; k_r – коэффициент геометрии, характеризующий угол охвата тканью по-

верхности ролика; $k_v = \frac{1}{V_1}$ – коэффициент, зависящий от средней скорости движения ткани V_1 при намотке, с/м; $\tau = \frac{\eta}{E}$, где η – коэффициент вязкости ткани, Н·с/м; $T_T = L_T / V_1$, где L_T – длина ткани в зоне деформации.

Анализ функций чувствительности к вариациям модуля упругости ткани и массы ролика петлеобразователя показал, что наибольшее влияние на систему стабилизации скорости движения ткани при намотке и положения ролика они оказывают в период пуска системы взаимосвязанного ЭП и при изменении задания по положению ролика петлеобразователя.

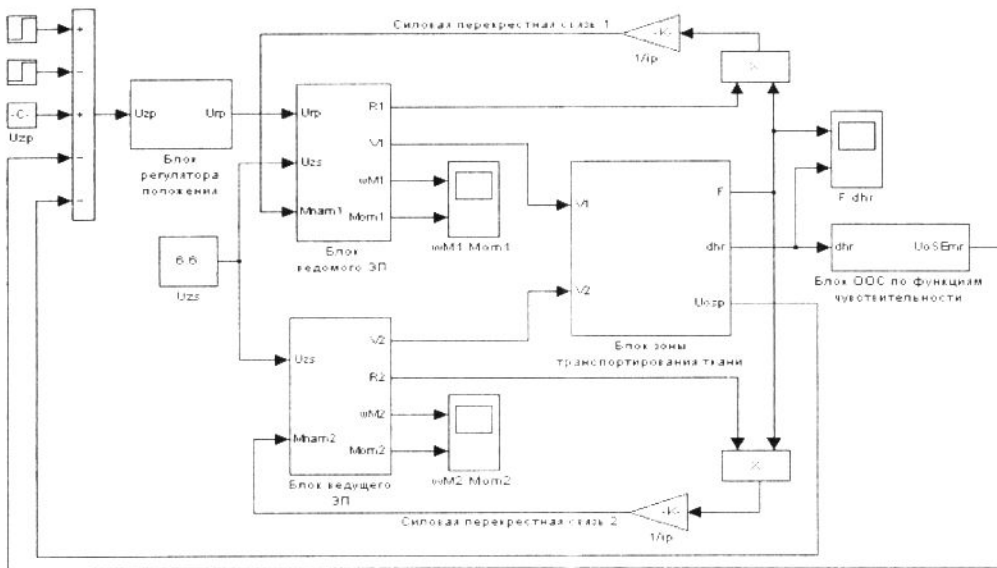


Рис. 2

По приведенной на рис. 1 линеаризованной структуре математической модели разработана нелинейная макромодель, включающая в себя вышеуказанные функциональные блоки, а также блок напряжения задания по скорости ведущего и ведомого двигателей, блок ПИ-регулятора положения и силовые перекрестные связи, определяющие статические моменты на валах двигателей от натяжения ткани при намотке. Структура макромодели приведена на рис. 2.

Данная макромодель позволяет полу-

чить временные зависимости всех выходных переменных, а также проводить исследования влияния вариаций параметров петлеобразователя и наматываемой ткани с учетом силовых перекрестных связей на характер изменения натяжения и точность стабилизации скорости движения ткани в процессе намотки. В макромодели также имеется возможность получения временных зависимостей изменения радиусов намотки, моментов инерции ведущего и ведомого барабанов.

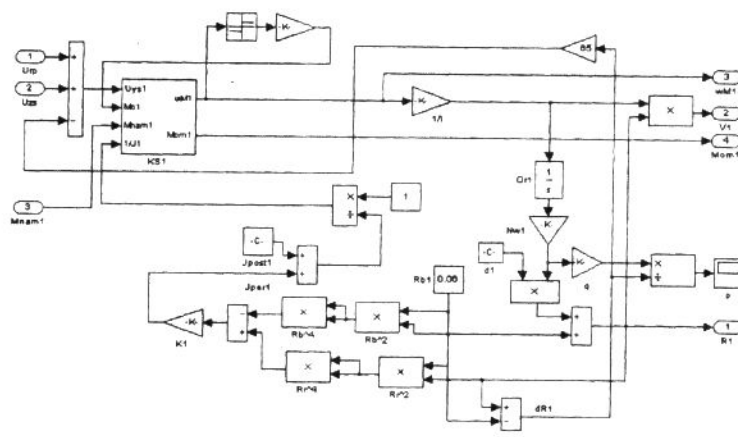


Рис. 3

Блок зоны транспортирования ткани представлен структурой, содержащей модели движущейся ткани и петлеобразователя с упругим элементом [4]. Структура блока ведомого ЭП приведена на рис. 3. Здесь $U_{гр}$ – сигнал напряжения на выходе ПИ-регулятора положения; $M_{нам1}$ – момент

сопротивления на валу ведомого двигателя, обусловленный натяжением ткани при намотке; $\omega_{м1}$, $M_{ом1}$, V_1 , ρ – выходные сигналы скорости и момента ведомого двигателя, скорости движения ткани на выходе из зоны транспортирования и плотности намотки ткани в рулон.

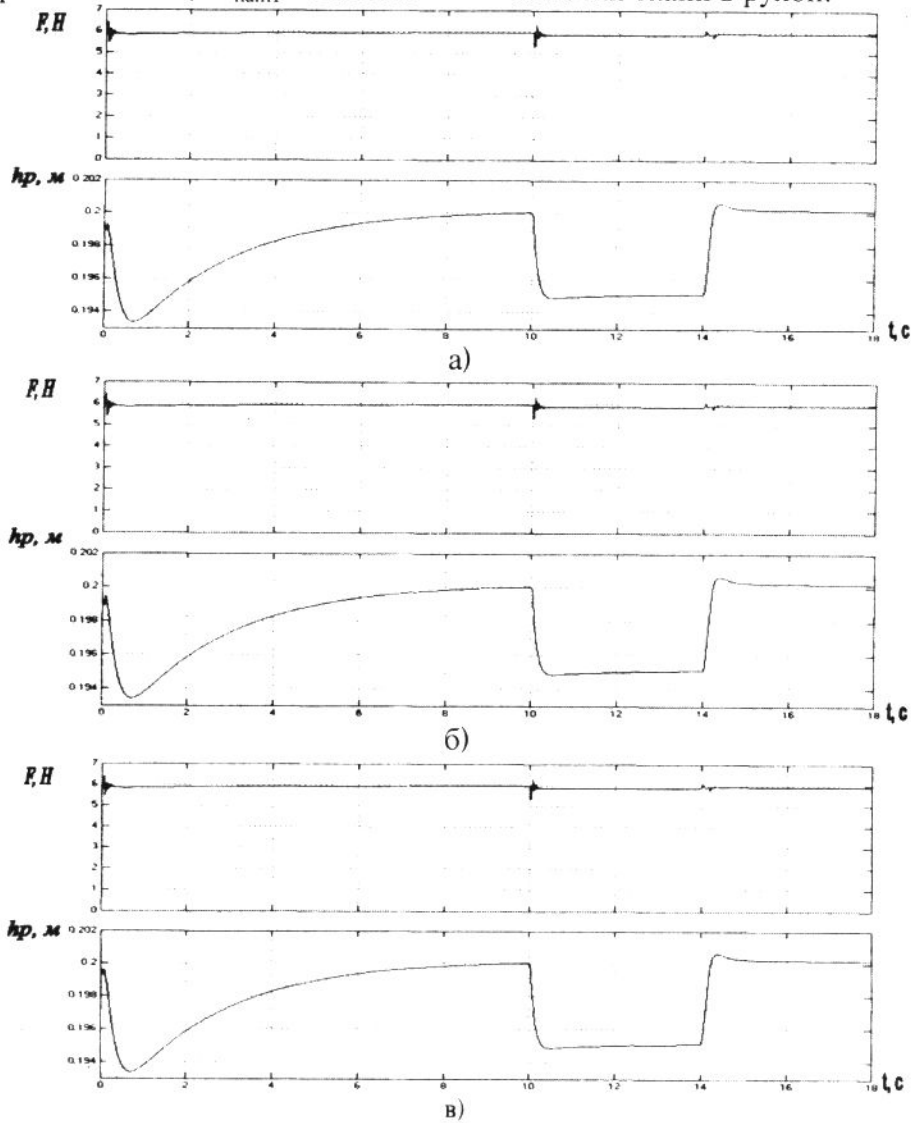


Рис. 4

Блок ведущего ЭП имеет структуру, аналогичную приведенной на рис. 3, за исключением блока ПИ-регулятора положения. Графики временных зависимостей изменения натяжения ткани и положения ролика петлеобразователя для указанных значений модуля упругости ткани и его вариации, а также массы ролика при наличии и отсутствии блока коррекции (рис. 1), представлены на рис. 4-а – в (а – графики натяжения ткани F и положения ролика h_p при $E = 7 \cdot 10^3$ Н, $m_p = 0,6$ кг без учета логарифмических функций чувствительности; б – графики натяжения ткани F и положения ролика h_p при $E = 7 \cdot 10^3$ Н, $m_p = 0,6$ кг с учетом логарифмических функций чувствительности; в – графики натяжения ткани F и положения ролика h_p при $E = 14 \cdot 10^3$ Н, $m_p = 0,6$ кг с учетом логарифмических функций чувствительности).

Переходные процессы, представленные на рис. 4-а – в, получены при следующих значениях параметров макромоделей: $E = 7000$ Н; $c_n = 30$ Н/м; $m_p = 0,6$ кг; $k_T = 2$; $k_v = 3,33$ с/м; $\tau = 0,01$ с; $T_T = 5,87$ с; $L_T = 1,76$ м; $R_{\min} = 0,06$ м; $R_{\max} = 0,09$ м; $k_1 = 65$ В/м; $k_2 = 32,5$ В/м; $V_1 = 0,3$ м/с; $\delta_T = 0,001$ м; $V_T = 0,8$ м; $\rho_T = 0,25$ кг·м³; $i_p = 19,5$.

ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель системы управления намоткой ткани, позволяющая контролировать скорость движения ткани в зоне деформации, радиус намотки, переменный момент инерции рулона, скорости вращения ведущего и ведомого двигателей и силовые перекрестные связи между ними, натяжение ткани, плотность намотки и положение измерительного ролика петлеобразователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н., Колесова А.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1981, №1. С.64...67.
2. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н., Куленко М.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №1. С.110...114.
3. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1971, №2.
4. Тарарыкин С.В., Глазунов В.Ф., Сичков Ю.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №2.
5. Глазунов В.Ф., Красильникьянц Е.В., Пикуннов В.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1983, №3.
6. Розенвассер Е.Н., Юсунов Р.М. Чувствительность систем автоматического управления. – Санкт-Петербург: Энергия, 1969.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 28.09.04.