

УДК 677.05:62-83

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ НАМОТКОЙ  
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ РАДИУСА РУЛОНА**

*В.Ф. ГЛАЗУНОВ, М.А. СОЛОМАНИЧЕВ*

(Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина)

Как показали результаты моделирования [1], [2], в системе управления (СУ) взаимосвязанным электроприводом (ЭП) двухмашинного перематывающего агрегата с регуляторами частоты вращения исполнительных двигателей и положения ролика петлеобразователя с заданными значениями коэффициента усиления и постоянной времени не удастся обеспечить

требуемую точность стабилизации параметров намотки. В связи с этим здесь рассматривается математическая модель СУ перематывающего агрегата, в которой реализованы структуры регуляторов линейной скорости намотки ткани и положения ролика петлеобразователя с учетом переменного радиуса намотки.

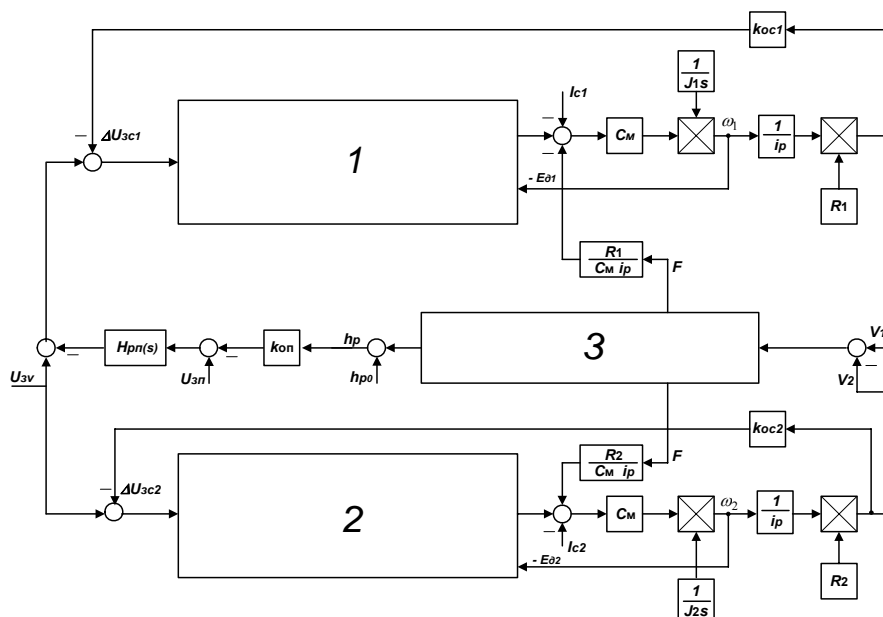


Рис. 1

линеаризованная структура указанной математической модели агрегата (рис. 1) содержит функциональные блоки ведущего 1, ведомого 2 электропривода, а также зоны транспортирования ткани 3.

Блоки 1 и 2 включают двухконтурные оптимизированные системы подчиненного регулирования линейной скорости намотки с ПИ-регулятором тока и П- или ПИ-

регуляторами скорости. Двигатели ведущего и ведомого ЭП имеют одинаковые параметры. СУ имеет внешний оптимизированный контур с ПИ-регулятором положения ролика петлеобразователя.

На рис. 1 обозначено:  $J_1, J_2$  – приведенные к валам двигателей моменты инерции,  $кг \cdot м^2$ ;  $i_p$  – передаточное отношение

редукторов ведущего и ведомого ЭП;  $\frac{R_{1,2}}{c_m i_p}$

– коэффициенты передачи силовых перекрестных связей, обусловленных натяжением ткани при намотке, А/Н;  $I_{c1}, I_{c2}$  – токи нагрузки ведущего и ведомого двигателей, зависящие от сил трения в механических частях привода, ткани о направляющие ролики и радиуса намотки, А [1];  $c_m$  – постоянная двигателей, Н·м/А;  $\omega_{1,2}$  – угловые частоты вращения двигателей, рад/с;  $k_{оп}$  – коэффициент усиления датчика положения ролика петлеобразователя, В/м;  $H_{рп}(s)$  – передаточная функция регулятора положения;  $U_{zv}, U_{зп}$  – напряжения задания по скорости намотки и положению ролика петлеобразователя, В;  $k_{oc1}, k_{oc2}$  – коэффициенты усиления датчиков линейной скорости намотки для ведущего и ведомого ЭП, В·с/м;  $h_{p0}$  – задание начального положения измерительного ролика петлеобразователя, м;  $F$  – натяжение ткани, Н.

Блок зоны транспортирования содержит модель ткани, учитывающую ее вязкоупругие свойства, и известную модель петлеобразователя [3] с вязкоупругим элементом.

Блоки задания текущих значений радиусов намотки ведомого  $R_1$  и ведущего  $R_2$  барабанов и суммарных приведенных моментов инерции  $J_1$  и  $J_2$  [1] обеспечивают формирование рулонов по Архимедовой спирали [2]. Переменные составляющие статических моментов сопротивления на валах двигателей учитываются соотношениями, приведенными в [1].

Реализация в рассматриваемой модели регуляторов скорости намотки ткани в рулон и положения ролика петлеобразователя с учетом переменного радиуса намотки обеспечивает с достаточной точностью стабилизацию линейной скорости намотки в заданном диапазоне изменения радиусов намотки и повышает точность регулирования величины натяжения ткани.

Синтез регуляторов выполнен методом последовательной коррекции при настройке на модульный оптимум [4]. При этом передаточные функции (ПФ) регуляторов скорости намотки ткани и положения ро-

лика содержат переменные величины радиусов намотки  $R_{1,2}$  и приведенных моментов инерции  $J_{1,2}$ .

При синтезе регуляторов в качестве желаемых ПФ разомкнутых контуров тока, линейной скорости намотки и положения ролика петлеобразователя приняты ПФ фильтров Баттерворта [5].

Из условия последовательной коррекции получены следующие ПФ регуляторов:

– тока:

$$H_{PT}(S) = \frac{T_я s + 1}{2T_μ s k_{п} k_{от} / R_Σ}, \quad (1)$$

– скорости:

$$H_{PV}^I(S) = \frac{J_{1,2} k_{от} i_p}{4T_μ c_m k_{oc1,2} R_{1,2}}, \quad (2)$$

$$H_{PV}^{II}(S) = \frac{J_{1,2} k_{от} i_p}{c_m k_{oc1,2} R_{1,2}} \frac{1 + 8T_μ s}{32T_μ^2 s}, \quad (3)$$

– положения:

$$H_{PI}(S) = \frac{T_h s + 1}{8T_μ s k_h / k_{oc1,2}}, \quad (4)$$

$$H'_{PI}(S) = \frac{T_h s + 1}{16T_μ s k_h}, \quad (5)$$

где  $T_я$  – постоянная времени якорной цепи двигателей, с;  $T_μ$  – малая некомпенсированная постоянная времени, принятая равной постоянной времени силового преобразователя [5] (СП), с;  $k_{п}$  – коэффициент передачи СП;  $k_{от}$  – коэффициент передачи обратной связи по току якоря двигателей, В/А;  $R_Σ$  – сопротивление якорной цепи двигателей, Ом;  $k_{oc1,2}$  – коэффициенты передачи обратных связей по току якоря ведущего (ведомого) двигателей, В·с/м;  $k_h$  – коэффициент передачи обратной связи по положению ролика петлеобразователя;  $T_h$  – постоянная времени натяжения ткани, учитывающая параметры петлеобразователя, с.

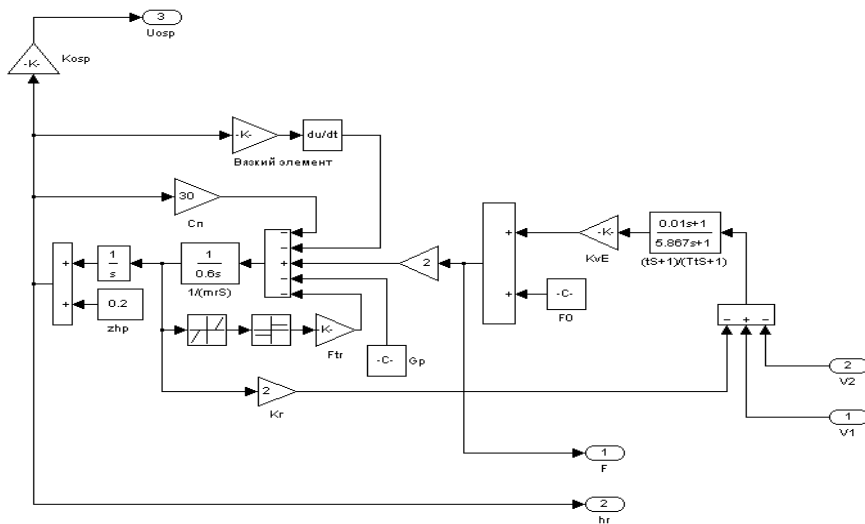


Рис. 2

Следует отметить, что при синтезе регуляторов положения (для СУ с П- и ПИ-регуляторами скорости намотки) использование ПФ объекта регулирования, полученной в результате свертки структурной схемы (рис. 2), представляет определенные трудности в связи с ее высоким порядком. В связи с этим целесообразно ее упрощение [4], которое выполнено в результате анализа логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ) исход-

ной ПФ объекта.

Анализ показал, что в окрестности частоты среза наклон исходной ЛАЧХ объекта составляет  $-20$  дБ/дек, поэтому в динамике данный объект близок по своим свойствам к аperiodическому звену с коэффициентом передачи  $k_h$  и постоянной времени  $T_h$ , которые определяются в результате сопряжения низко- и среднечастотных участков исходной и упрощенной ЛАЧХ объекта.

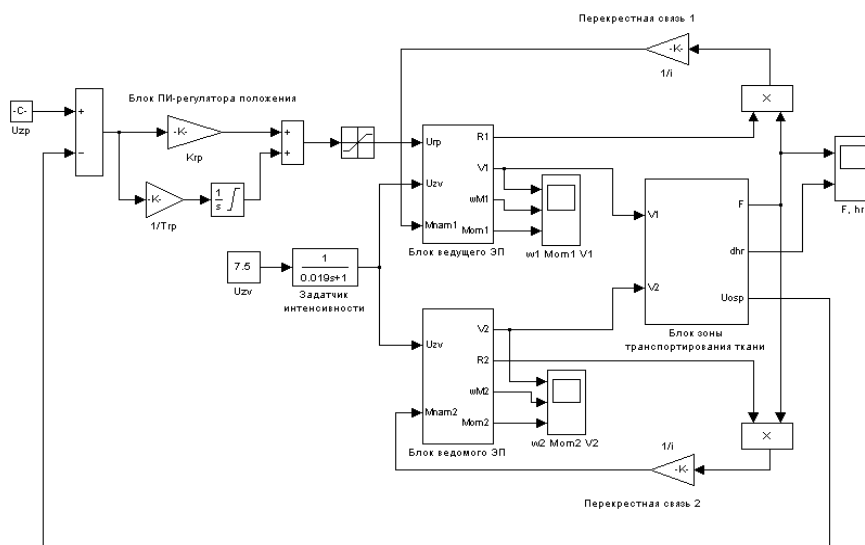


Рис. 3

В соответствии с приведенной на рис. 1 линеаризованной структурой математической модели разработана нелинейная макро модель (рис. 3). Она включает в себя

указанные выше функциональные блоки, а также блоки напряжений задания по скорости намотки для блоков ведущего и ведомого ЭП  $U_{zv}$  и по положению ролика

$U_{zp}$ , задатчика интенсивности  $ZI$ , обеспечивающего аperiodический характер изменения линейной скорости намотки при пуске агрегата, блок ПИ-регулятора положения и силовые перекрестные связи по натяжению ткани.

Данная макро модель позволяет получить временные зависимости линейной скорости ткани на входе и выходе зоны транспортирования, натяжения ткани и координаты положения ролика петлеобразователя.

вателя.

Также имеется возможность получить временные зависимости изменения частоты вращения и моментов на валах ведущего и ведомого двигателей в процессе намотки, что позволяет оценить уровень стабилизации скорости намотки ткани и точность регулирования ее натяжения. Указанные факторы являются одними из определяющих при исследовании качества процесса намотки ткани в рулон.

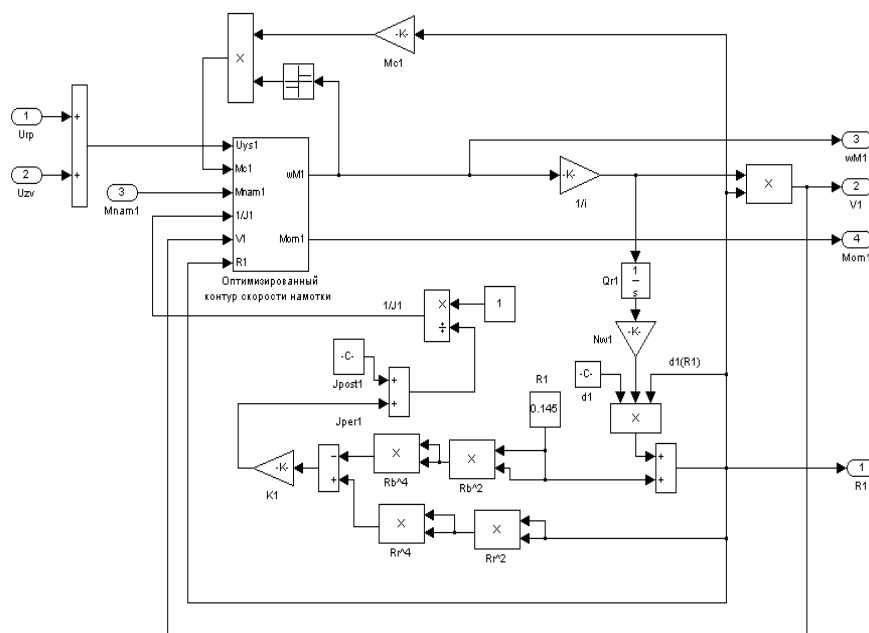


Рис. 4

Структура блока ведущего ЭП представлена на рис. 4. Здесь  $U_{rp}$  – сигнал управления на выходе ПИ-регулятора положения,  $B$ ;  $M_{nam1}$ ,  $M_{c1}$  – моменты сопротивления на валу ведомого двигателя, обусловленные натяжением ткани при намотке и трением в механических частях привода, а также трением ткани о направляющие ролики, Н·м;  $\omega_{M1}$ ,  $Mom1$ ,  $V1$ ,  $R1$  – соответственно выходные сигналы скорости (рад/с) и момента на валу ведомого двигателя (Н·м), линейной скорости движения ткани (м/с) и величины радиуса намотки (м).

В данном блоке также учтено изменение толщины ткани от радиуса намотки

$\delta_r(R_1)$ , обусловленное давлением слоев ткани друг на друга. Блок ведомого ЭП имеет структуру, аналогичную приведенной на рис. 4.

Анализ переходных процессов показал, что модель СУ с ПИ-регулятором скорости намотки ткани обеспечивает более высокую степень стабилизации ее скорости намотки и точность регулирования натяжения ткани. Это иллюстрируют представленные ниже графики временных зависимостей ее линейной скорости намотки, натяжения ткани и положения ролика петлеобразователя (рис. 5-а и б) в начале и в конце процесса намотки.

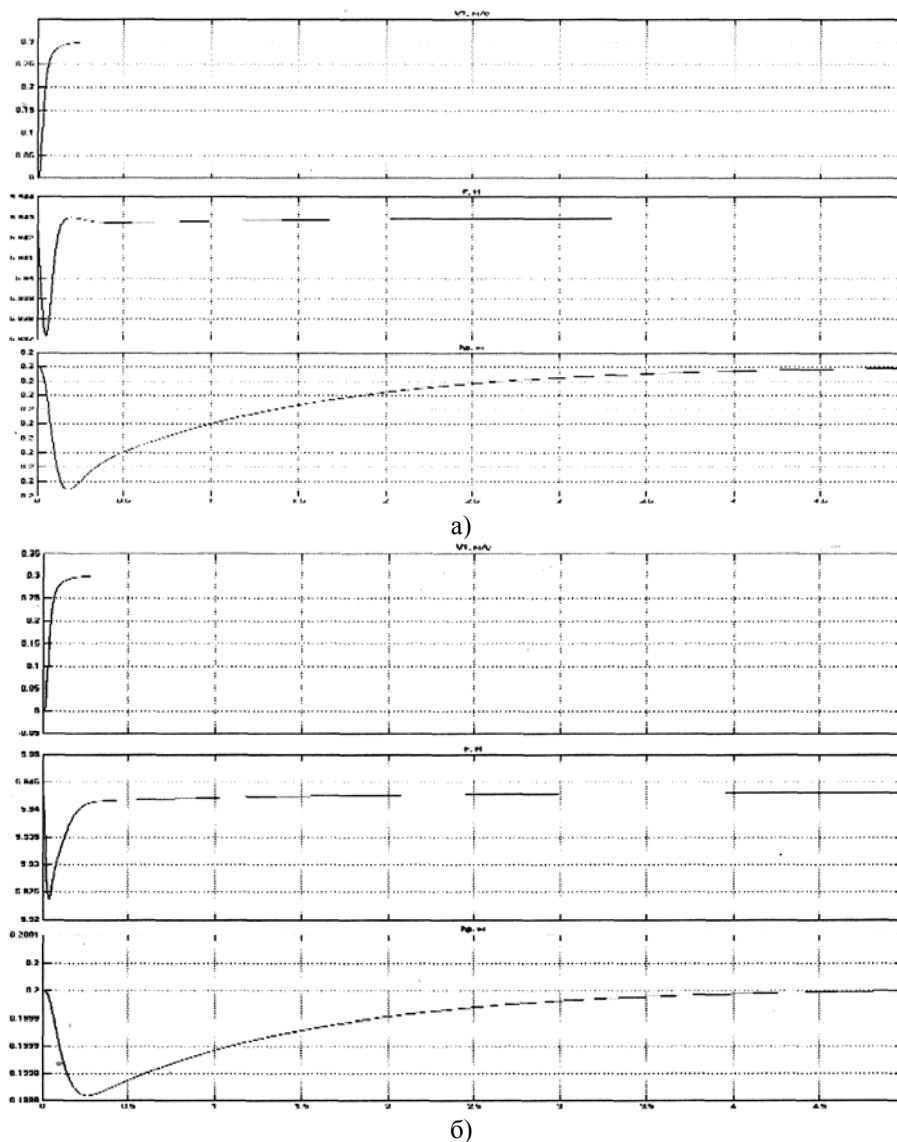


Рис. 5

Графики переходных процессов на рис. 5-а и б соответствуют заданной скорости намотки  $V_1 = 0,3$  м/с (а – линейная скорость намотки, натяжение ткани и положение ролика петлеобразователя при  $R_{\min} = 0,06$  м; б – то же для  $R_1 = 0,145$  м).

Переходные процессы (рис. 5-а и б), а также ПФ регуляторов (1)...(5) получены при следующих значениях параметров макромодели (рис. 3):  $E=78,5$  Н;  $c_n=30$  Н/м;  $m_p = 0,6$  кг;  $k_r = 2$ ;  $k_v = 3,33$  с/м;  $\tau = 0,01$  с;  $T_T = 5,87$  с;  $L_T = 1,76$  м;  $R_{\min} = 0,06$  м;  $R_{\max}=0,15$  м;  $k_{oc1,2} = 25$  В·с/м;  $\delta_T = 0,001$  м;  $B_T = 0,8$  м;  $\rho_T = 0,25$  кг·м<sup>3</sup>;  $i_p = 19,5$ ;  $T_y = 0,017$  с;  $T_\mu = 0,0033$  с;  $k_{от} = 4,97$  В/А;  $R_\Sigma = 19,67$  Ом;  $c_m = 0,52$  Н·м;  $k_h = 219,8$ ;  $T_h = 40$  с;  $k_n = 6,3$ .

## ВЫВОДЫ

Разработаны математические модели аналоговой системы управления намоткой ткани с П- и ПИ-регуляторами скорости намотки, учитывающие изменение радиуса рулона в процессе намотки и обеспечивающие стабилизацию скорости намотки ткани и заданную точность регулирования ее натяжения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №6. С.105...109.
2. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н., Колесова А.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1981, №1. С.64...67.

3. Тарарыкин С.В., Глазунов В.Ф., Спичков Ю.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №2.

4. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, №6. С.62...65.

5. Баширин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г.

Управление электроприводами.– Л.: Энергоатомиздат, 1982.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 29.11.05.

---