

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ*Салмов Евгений Николаевич*

аспирант

Прошин Иван Александрович

д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный

технологический университет»

г. Пенза, Пензенская область

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
КАЛАНДРА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

Аннотация: работа направлена на разработку математической модели и проведение исследования каландра бумагоделательной машины как двухдвигательной многосвязной вентильно-электромеханической системы с жёстким типом механического взаимодействия между приводными секциями.

Ключевые слова: моделирование, двухдвигательный электропривод, жёсткое механическое взаимодействие, каландр.

Отделка с целью придания необходимых параметров лоска, гладкости и объёмной массы большинства видов бумаги и картона выполняется на каландрах бумагоделательных машин (БДМ). Каландр состоит из двух валов, расположенных один над другим и прижимаемых друг к другу во время работы с определённым усилием. Управляемым источником механического движения для каждого вала является двухдвигательная многосвязная вентильно-электромеханическая система (ВЭМС) [1–6]. Так как механическая связь между этими валами является жёсткой [4], использование двух замкнутых по скорости независимых электроприводов для их вращения невозможно и необходима организация управления, при котором один привод управляется по скорости, а второй – по моменту [1]. Задающим воздействием для второго привода является значение текущего момента в первом двигателе, а управление возможно по якорной цепи и по обмотке

возбуждения. На рисунке 1 представлена структурная схема электропривода каландра, выполненного на базе двигателей постоянного тока с раздельным управлением по цепи якоря. Управление двигателями обеспечивают силовые преобразователи СП1 и СП2. Через силовой блок питания БПС к приводам подводится питание.

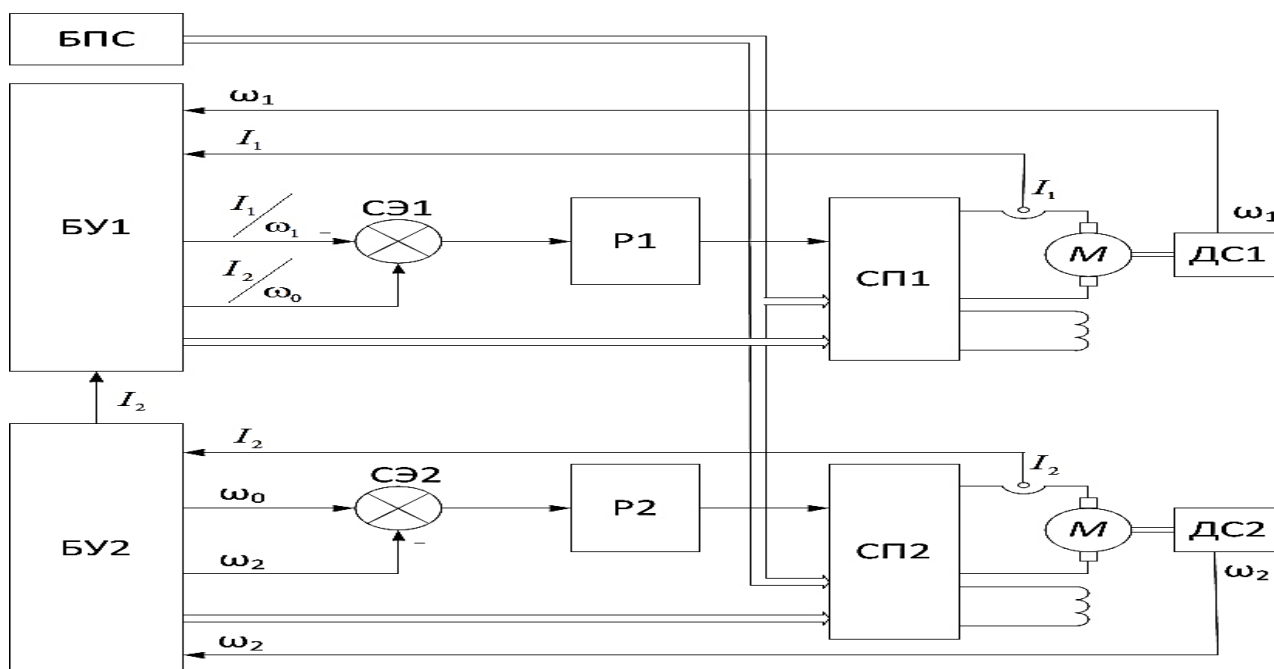


Рис. 1. Структура электропривода каландра БДМ

Представленная система обеспечивает управление распределением моментов на валах двигателей в функции технологического параметра. Она содержит два контура управления. Первый привод управляется регулятором Р1 по току, являющемуся функцией тока второго привода. Второй привод управляется регулятором Р2 с поддержанием заданного скоростного режима секции каландра БДМ. Все режимы управления реализуются блоками управления БУ1 и БУ2. При этом для первого и второго приводов используются сравнивающие элементы СЭ1 и СЭ2, датчики тока и датчики скорости ДС1 и ДС2. Предложенная система обеспечивает равномерную отделку и натяжение бумажного полотна.

Для двухдвигательной системы математическое описание включает уравнения для цепей возбуждения и якоря двигателей:

$$U_{B1} = R_{B1}i_{B1} + L_{B1} \frac{di_{B1}}{dt}; U_{B2} = R_{B2}i_{B2} + L_{B2} \frac{di_{B2}}{dt}; \quad (1)$$

$$U_{я1} = R_{я1}i_{я1} + L_{я1} \frac{di_{я1}}{dt} + E_{я1}; U_{я2} = R_{я2}i_{я2} + L_{я2} \frac{di_{я2}}{dt} + E_{я2}. \quad (2)$$

Выражения для ЭДС в цепи якоря:

$$\Phi_1 = f(i_{в1}); \Phi_2 = f(i_{в2}); \quad (3)$$

$$c_1 = k_1\Phi_1; c_2 = k_2\Phi_2; \quad (4)$$

$$E_{я1} = c_1\omega; E_{я2} = c_2\omega. \quad (5)$$

Выражения для момента:

$$M_1 = c_1i_{я1}; M_2 = c_2i_{я2}. \quad (6)$$

Уравнение движения:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_1 + M_2 - M_c; \quad (7)$$

$$T_{я1} = \frac{L_{я1}}{R_{я1}}; T_{я2} = \frac{L_{я2}}{R_{я2}}. \quad (8)$$

Математическую модель системы представим в нормальной форме Коши (9 – 11):

$$\frac{di_{я1}}{dt} = -\frac{1}{T_{я1}}i_{я1} - \frac{c_1}{T_{я1}R_{я1}}\omega + \frac{1}{T_{я1}R_{я1}}U_{я1}; \quad (9)$$

$$\frac{di_{я2}}{dt} = -\frac{1}{T_{я2}}i_{я2} - \frac{c_2}{T_{я2}R_{я2}}\omega + \frac{1}{T_{я2}R_{я2}}U_{я2}; \quad (10)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{c_1i_{я1}}{J} + \frac{c_2i_{я2}}{J} - \frac{M_c}{J}; \quad (11)$$

В матричной форме математическая модель системы двух электроприводов, работающих на один вал, зададим системой

$$\begin{bmatrix} \frac{di_{я1}}{dt} \\ \frac{di_{я2}}{dt} \\ \frac{d\omega}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_{я1}} & 0 & -\frac{c_1}{T_{я1}R_{я1}} \\ 0 & -\frac{1}{T_{я2}} & -\frac{c_2}{T_{я2}R_{я2}} \\ \frac{c_1}{J} & \frac{c_2}{J} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{я1} \\ i_{я2} \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{T_{я1}R_{я1}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{T_{я2}R_{я2}} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{я1} \\ U_{я2} \\ M_c \end{bmatrix}; \quad (12)$$

На рисунке 2 изображена структурная схема математической модели двухдвигательной системы с жёсткой механической связью.

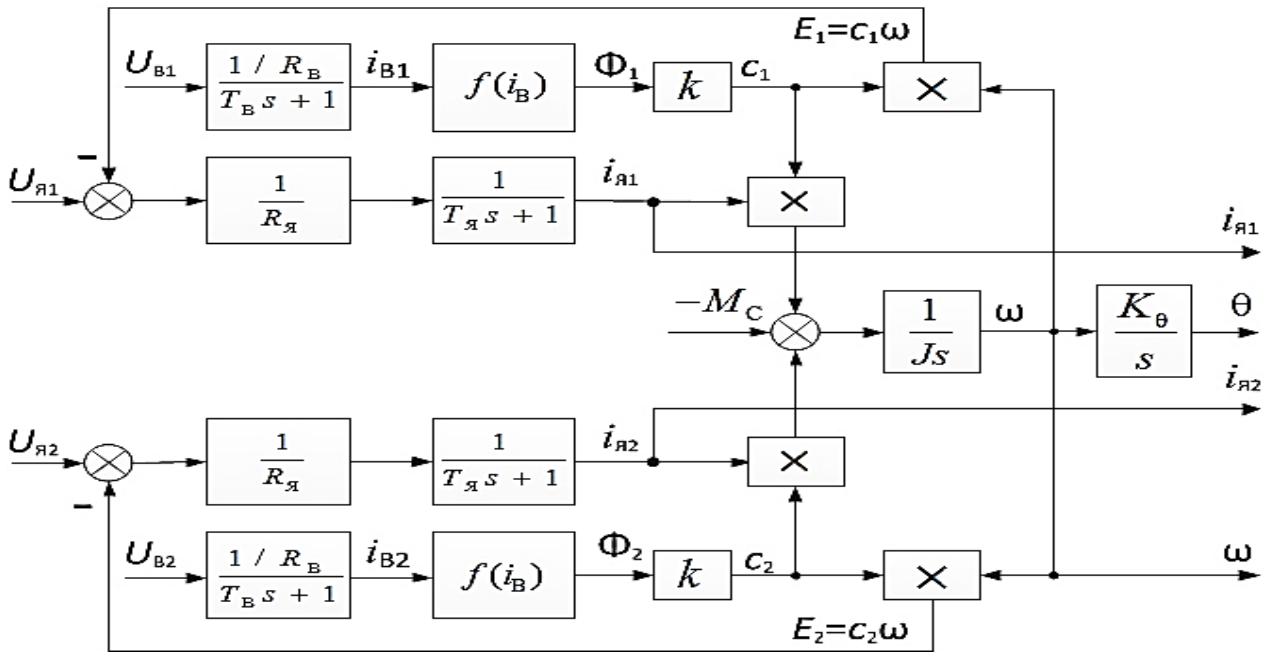


Рис. 2. Структура математической модели электропривода каландра БДМ

На рисунке 3 представлены переходные характеристики системы по скорости и току якоря двух двигателей. Управление током первого двигателя осуществлялось в функции тока якоря второго двигателя. Полученные характеристики показывают, что значения токов якорных цепей двигателей, имеющих различные сопротивления обмоток якоря ($R_{я1} = 0,0141 \text{ Ом}$, $R_{я2} = 0,0082 \text{ Ом}$) не совпадают. Изменение напряжения якоря одного из двигателей может быть использовано для компенсации различий в характеристиках. Для реализации компенсаторов необходимо использование обратной связи по току и скорости.

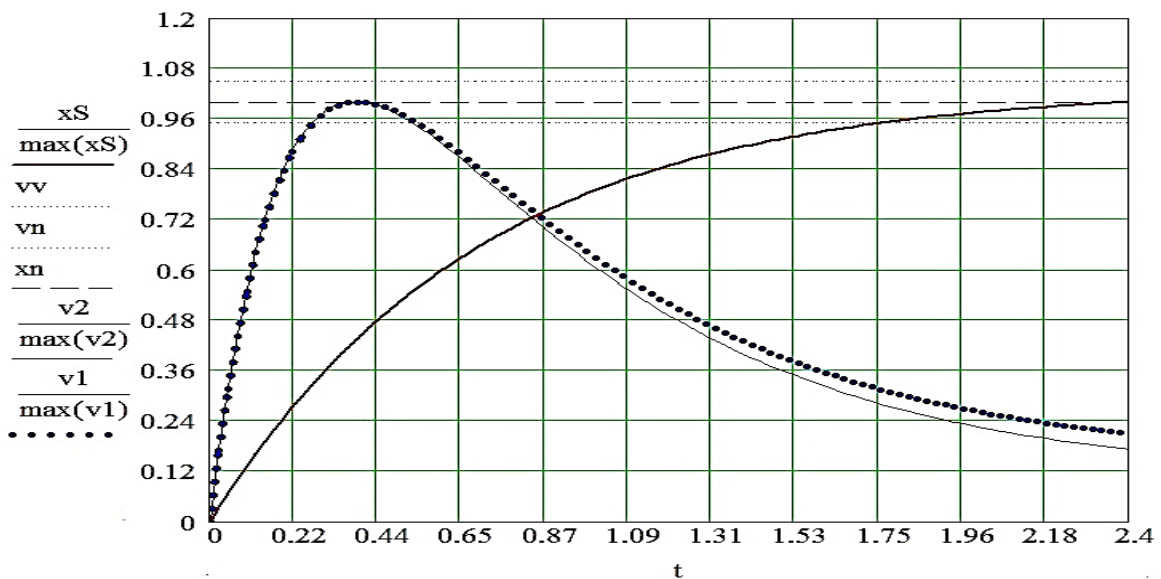


Рис. 3. Переходная характеристика системы по току, напряжению и скорости

Выполненное моделирование показывает эффективность и возможности применения подчинённого управления моментом первого двигателя в функции текущего момента второго двигателя в системе двух двигателей каландра БДМ с жёстким механическим взаимодействием при работе. Полученные математические модели составляют основу для имитационного моделирования многосвязных многосекционных электроприводов бумагоделательных машин.

Список литературы

1. Прошин И.А., Мещеряков А.С. Двухдвигательный электропривод роликоопор // Техника машиностроения. – 1996. – №2. – С. 63–64.
2. Прошин И.А., Прошин А.И., Мещеряков А.С. Математическая модель асинхронного двигателя с непосредственным преобразователем энергии в цепях статора // Наука производству. – 1998. – №4. – С. 13–15.
3. Прошин И.А., Прошин А.И., Обухов В.А., Мещеряков А.С. Математическая модель валогенераторной установки // Наука производству. – 1998. – №12. – С. 56–58.
4. Прошин И.А., Салмов Е.Н. Математическое описание механических связей в многосекционном электроприводе бумагоделательной машины. Модернизация современного общества: проблемы, пути развития и перспективы. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. – Ставрополь: Логос, 2014. – С. 74–79.
5. Прошин И.А. Теоретические основы моделирования управляемых вентильно-электромеханических систем с непосредственными преобразователями электрической энергии // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2000. – №4. – С. 65–70.
6. Прошин, И.А., Сапунов Е.А. Моделирование привода динамического стенда авиационного тренажера // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т.13 – №1(2). – С. 337–340.