

УДК 677.05:062.83

**СТАБИЛИЗАЦИЯ НАТЯЖЕНИЯ ТКАНИ  
В ОБОРУДОВАНИИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**

**STABILISATION OF A FABRIC TENSION  
IN THE EQUIPMENT OF CONTINUOUS WORK**

*В.Ф. ГЛАЗУНОВ, П.В. ВИЛКОВ*  
*V.F. GLAZUNOV, P.V. VILKOV*

**(Ивановский государственный энергетический университет)**  
**(Ivanovo State Power University)**  
E-mail: wpw@inbox.ru

*В статье рассмотрен вариант системы управления натяжением ткани со специальным тканенатяжителем, построенным на базе соленоида. Разработана математическая модель системы стабилизации натяжения с учетом ее переменной структуры.*

*The variant of a control system of a fabric tension with special looper mode on the solenoid basis is considered in the article. The mathematical model of the tension stabilisation system is developed subject to its variable structure.*

**Ключевые слова:** электропривод, натяжение, петлеобразователь, быстроедействие.

**Keywords:** an electric drive, a tension, a looper, speed.

Развитие техники электропривода, современных технических средств управления, реализуемых на основе микропроцессоров, позволяет удовлетворять самым жестким требованиям к эксплуатационным характеристикам оборудования непрерывного действия для обработки ткани, включая требования к энергетике, надежности, статическим и динамическим показателям. Здесь необходимо указать на получающее все более широкое промышленное использование частотно-регулируемых электроприводов, построенных на базе асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и успешно вытесняющих электроприводы постоянного тока практически по всем техническим и экономическим показателям и позволяющих удовлетворять указанным выше требованиям.

Однако полная реализация несомненных преимуществ такой техники в технологическом оборудовании непрерывного действия для обработки ткани может быть достигнута при учете особенностей объекта управления, в частности, конструктивного исполнения тканеведущих и направляющих узлов оборудования и деформационных характеристик ткани, обладающей анизотропными свойствами и подвижной структурой [1].

Так, наличие сосредоточенных возмущений в виде моментов трения в цапфах направляющих роликов вызывает необходимость задания натяжения полотна на входе в зону обработки на уровне, обеспечивающем его натянутое состояние на ее выходе.

При этом перед началом пуска необходимо создать на выходе зоны обработки  $F_2 > 0$  за счет

увеличения натяжения  $F_1$  на ее входе, чтобы компенсировать силу трения в цапфах роликов:

$$F_1 = \sum_{i=1}^n \Delta F_i + F_2, \quad (1)$$

где  $\Delta F_i$  – составляющая натяжения полотна, обусловленная трением в цапфах ролика;  $n$  – число роликов.

При пуске силы трения изменяют свое направление, и натяжение полотна  $F_2$  на выходе зоны обработки увеличивается до значения:

$$F_2 = F_1 + \sum_{i=1}^n \Delta F_i', \quad (2)$$

где  $\Delta F_i' = \alpha_c v + \beta_c R_p + \Delta F_i$ .

Здесь  $\alpha_c$  и  $\beta_c$  – экспериментально определяемые коэффициенты [1], [2], характеризующие соответственно силы трения, действующие на движущееся полотно и сосредоточенные на роликах в обрабатываемой среде;  $v$  – скорость движения полотна;  $R_p$  – радиус ролика.

Таким образом, после начала движения полотна необходимо уменьшить его натяжение на входе зоны обработки. В условиях применения петлеобразователя с грузовым заданием натяжения это сделать затруднительно. Задача может быть решена в системе с датчиком натяжения и контроллером, реализующим логические функции переключения и условно представленным на рис. 1 функциональным блоком ФБ, где ЭП-1,2 – электроприводы валковых пар 1 и 2; ВФ1,2 – датчики натяжения ткани.

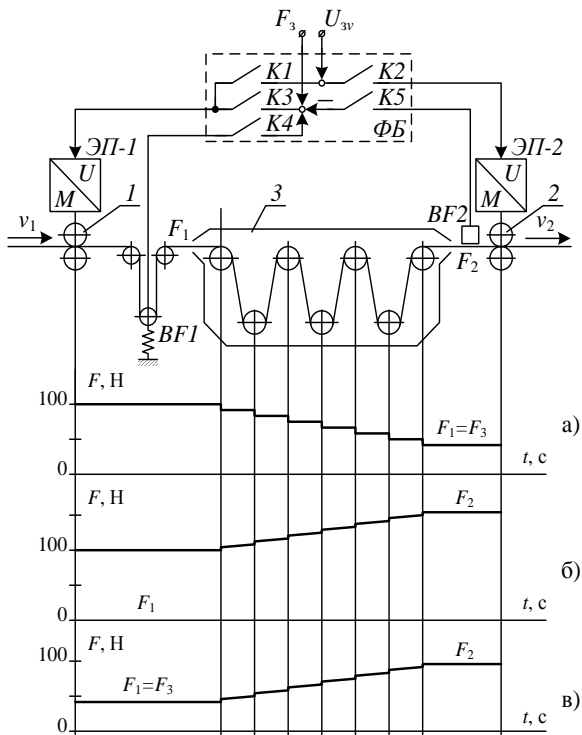


Рис. 1

При этом перед началом пуска необходимо натянуть полотно по всей длине зоны обработки между валковыми парами 1 и 2 (рис. 1-а), замкнув для этого ключи К1, К3 и К5 функционального блока ФБ. Тогда натяжение  $F_1$  на входе устанавливается в соответствии с соотношением (1) на заданном  $F_3$  уровне.

В момент начала пуска дополнительно размыкается ключ К5, замыкаются ключи К2 и К4, и при этом натяжение  $F_2$  полотна на выходе зоны обработки в соответствии с (2) возрастет (рис. 1-б). Однако действующая отрицательная обратная связь по натяжению  $F_1$  уменьшает его до значения  $F_3$  (рис. 1-в).

При уменьшении заправочной длины полотна между машинами поточной линии и повышении скорости его движения регулятор скорости системы электропривода на входе зоны обработки не успевает вовремя обрабатывать сигнал управления с датчика натяжения.

Как показано в [3], резерв времени  $t_g$  на регулирование натяжения при возникшем рассогласовании скоростей зависит от длины полотна и скорости его движения, а также начального  $F_n$  и вновь установивше-

гося  $F_{уст}$  значений натяжения полотна [(7)3]:

$$t_g = T_t \ln \frac{F_n - F_{уст}}{F_{уст}} = T_t \ln \frac{\Delta F}{F_{уст}}$$

Анализ представленных зависимостей допустимого времени регулирования натяжения от  $\Delta F$  (рис. 2) показывает, что с уменьшением длины полотна в зоне деформации и ростом скорости его движения быстродействие системы регулирования натяжения должно возрастать.

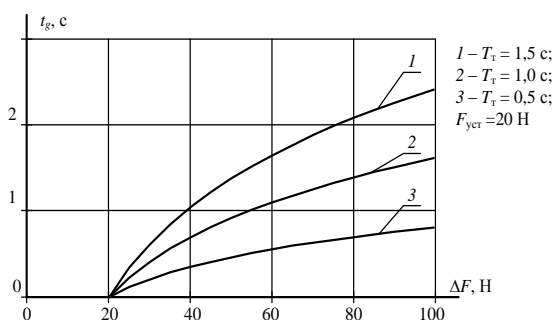


Рис. 2

Традиционно регулирование натяжения полотна осуществляется изменением соотношения его скоростей на входе и выходе зоны деформации. Однако такой способ регулирования даже при максимально возможном быстродействии приводного устройства при некотором заданном натяжении не может ограничить его недопустимого уменьшения.

Одним из способов устранения недопустимого снижения натяжения в переходном режиме, обусловленном инерционностью зоны деформации полотна, является непосредственное силовое воздействие на ролик петлеобразователя с помощью специального тканенатяжителя [4], построенного, например, на базе соленоида 1 (рис. 3).

Система управления, функциональная схема которой представлена на рис. 3, содержит электроприводы ЭП-1,2 входных и выходных приводных валков, петлеобразователь 2, измерительный ролик которого связан с сердечником соленоида 1, имеющего обмотку, подключенную к преобразо-

зователю  $U_1$ , на вход которого подается напряжение с блока задания натяжения БЗФ.

При подаче напряжения  $U_{3F}$  сердечник соленоида перемещается вниз и натягивает полотно, после отключения соленоида включается канал косвенного регулирования натяжения, обрабатывая задающее напряжение  $U_{3F}$  на входе регулятора  $R_F$ . При этом регулируется скорость  $v_1$ , обеспечивая натяжение, равное заданному.

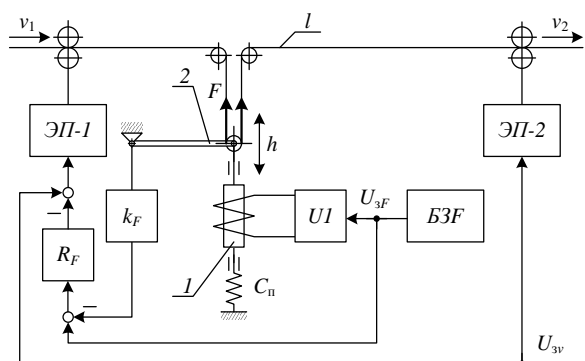


Рис. 3

На рис. 4 представлена структурная схема рассматриваемой системы.

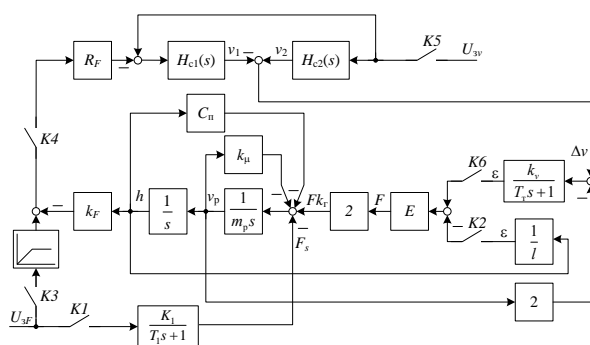


Рис. 4

Здесь  $H_{c1,2}(s) = \frac{v_{1,2}(s)}{U_{3v}(s)} = \frac{k_\delta/k_c}{T_c s + 1}$  – пере-

даточные функции тиристорных электроприводов ведомых и ведущих валков, принятые здесь равными, скоростные контуры которых оптимизированы на модульный оптимум [5], где  $k_\delta = D_k/(2 i_p)$  – коэффициент передачи, связывающий частоту вращения вала приводного двигателя и ли-

нейную скорость движения полотна;  $D_k$  – диаметр валков, м;  $i_p$  – коэффициент передачи редукторов;  $k_c$  – коэффициент обратной связи по скорости;  $T_c$  – постоянная времени контура скорости, с;  $E$  – модуль упругости полотна;  $k_v = 1/v$ ;  $m_p$  – масса ролика;  $C_n$  – жесткость пружины;  $R_F$  – коэффициент передачи регулятора натяжения;  $k_F$  – коэффициент обратной связи по натяжению;  $k_\mu$  – коэффициент демпфирования;

$H_1(s) = \frac{F_s(s)}{U_{3F}(s)} = \frac{K_1}{T_1 s + 1}$  – передаточная

функция соленоида, представленная аperiodическим звеном с коэффициентом усиления по натяжению полотна  $K_1$  и постоянной времени его обмотки  $T_1$ .

В процессе пуска изменяется структура системы управления натяжением ткани, что в процессе моделирования реализуется с помощью ключей  $K1 \dots K6$ . В начале пуска замкнуты ключи  $K1$  и  $K2$ , при этом устанавливается натяжение  $F$  полотна в соответствии с заданием  $U_{3F}$ , после чего замыкаются ключи  $K3 \dots K6$ , а ключ  $K2$  размыкается. При этом электроприводы ЭП-1 и ЭП-2 разгоняются в соответствии с заданием скорости  $U_{3v}$  и заданным натяжением  $U_{3F}$ , которое подается ключом  $K3$  через датчик интенсивности на вход регулятора натяжения  $R_F$ . Далее соленоид отключается ключом  $K1$  и натяжение стабилизируется регулятором  $R_F$ .

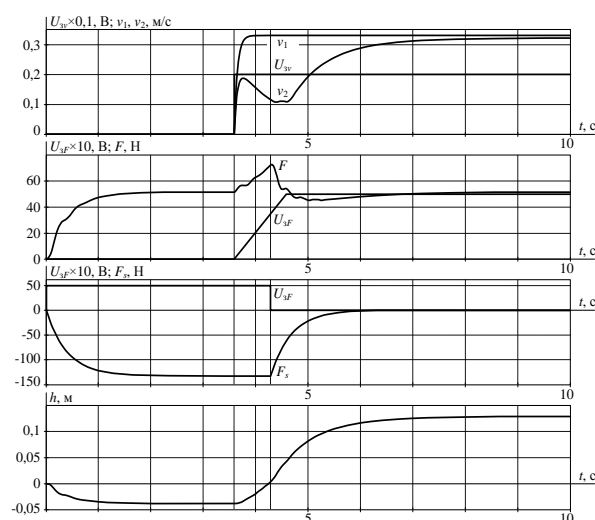


Рис. 5

На рис. 5 представлены зависимости выходных координат и задающих воздействий от времени, полученные методом математического моделирования с использованием программы MatLab Simulink 6.0 для системы управления с параметрами:  $k_{\delta} = 0,01$  м;  $k_c = 0,061$  В·с/рад;  $v = 0,33$  м/с;  $k_v = 3$  с/м;  $E = 2 \cdot 10^3$  Н;  $F = 100$  Н;  $\ell = 1,5$  м;  $T_c = 0,06$  с;  $T_T = \ell / v = 1,5 / 0,33 = 4,5$  с;  $m_p = 10$  кг;  $C_{п} = 800$  Н/м;  $k_{\mu} = 80$  Н·с/м;  $T_1 = 0,4$  с;  $K_1 = 26,7$ ;  $k_F = 38$ ;  $R_F = 0,4$ ;  $U_{3V} = 2$  В;  $U_{3F} = 5$  В.

Как показывает анализ зависимости  $F(t)$ , время выхода натяжения на установившееся значение составляет порядка 2,0 с. В системе, укомплектованной только регулятором натяжения  $R_F$ , при отсутствии соленоида это время составляет  $t_{уст} \approx (3 \dots 5)T_T \approx 18$  с.

## ВЫВОДЫ

1. Представлен алгоритм управления натяжением ткани на входе и выходе многовалковой зоны в переходном процессе, ориентированный на его микроконтроллерную реализацию.

2. Повышение быстродействия в системе управления натяжением достигается введением канала силового воздействия на полотно, согласованного с традиционным контуром стабилизации натяжения путем изменения соотношения скоростей приводных валов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.Ф. О регулировании натяжения и деформации ткани в отделочном оборудовании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №1. С. 97...100.
2. Глазунов В.Ф., Прокушев С.В. Автоматизация оборудования для непрерывной обработки текстильных материалов. – Иваново, Изд-во ИГЭУ, 2002.
3. Глазунов А.В. К выбору натяжения ткани в зоне деформации. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, №4. С. 97...101.
4. А.с. №732194 СССР. Регулятор натяжения / В.Ф. Глазунов, В.П. Александров. МКИ В65Н 77/00, заявл. 31.07.78, опубл. 05.05.80 Б.И.№17.
5. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н., Куленко М.С. Инженерные расчеты взаимосвязанных электроприводов текстильных машин. – Иваново, Изд-во ИГЭУ, 1999.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 23.03.11.