

УДК 621.34: 62-50

**РЕДУЦИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ПЕТЛЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ НАТЯЖЕНИЕМ ТКАНИ***В.Ф. ГЛАЗУНОВ, М.С. КУЛЕНКО***(Ивановский государственный энергетический университет)**

Повышение требований к качеству обрабатываемых тканей в условиях возрастания рабочих скоростей технологического оборудования обуславливает необходимость совершенствования его приводных устройств, обеспечивающих управление натяжением транспортируемого полотна в процессе его обработки.

В системах автоматической стабилизации натяжения ткани, применяемых в оборудовании непрерывного действия, традиционно используются петлеобразователи в различном конструктивном исполнении [1]. Их основным достоинством является простота конструкции при достаточно высокой функциональной надежности. Связывая через транспортируемое полотно технологические машины и контролируя его натяжение, петлеобразователь позволяет придать ему свойства датчика натяжения, а выбором его параметров уменьшить чувствительность системы стабилизации натяжения к вариации упругих свойств ткани [2].

Практический опыт использования упругой модели ткани при анализе системы регулирования ее натяжения показал наличие медленно затухающих колебаний с частотой, обусловленной массой измерительного ролика петлеобразователя и упругими свойствами полотна.

Реальные процессы деформации ткани демпфируются ее вязкими свойствами, учет которых может быть выполнен двухзвенной моделью Фойгта-Кельвина [3] при соотношении:

$$T_T/\tau < 3,$$

где $\tau = \eta/E$, $T_T = \ell/v$, E , η – соответственно модули упругости и вязкости полотна, ℓ , v – длина и скорость движения полотна в зоне деформации.

В результате экспериментальных исследований процессов нагружения образцов ткани [4], [5] установлено, что постоянная τ для тканей различных переплетений может изменяться в пределах $\tau = 1 \dots 6$ с.

Стремление к созданию модели, наиболее полно отражающей динамические характеристики петлеобразователя, приводит к чрезмерному усложнению ее структуры. Так учет нелинейностей, связанных с ограничением перемещения измерительного ролика, трением в подвижных частях, возможным проскальзыванием полотна по поверхности измерительного ролика, не только усложняет модель, но и уменьшает ее точность.

Однако в большинстве случаев при проектировании систем управления натяжением требуется модель, отражающая лишь наиболее общие характеристики системы и отличающаяся достаточной точностью при ее максимальной простоте. Это делает актуальным решение задачи редуцирования передаточных функций петлеобразователя.

В практике проектирования автоматических систем регулирования натяжения ткани, построенных на базе петлеобразователей, традиционно используются скоростная [1] и метрическая [5] модели зоны

деформации. В основу их положено известное дифференциальное уравнение де-

$$L \frac{1 + \varepsilon_0}{1 + \varepsilon_1} \frac{d\varepsilon_1}{dt} = v_{p2} - v_{p1} + v_{p2}\varepsilon_0 - v_{p1}\varepsilon_1 \pm k_r v_k. \quad (1)$$

Здесь L – длина полотна в зоне деформации; $\varepsilon_1, \varepsilon_0$ – относительное удлинение полотна соответственно в зоне деформации и на ее входе; v_{p1}, v_{p2} – линейные скорости полотна на входе и выходе зоны; v_k – линейная скорость перемещения измерительного ролика; k_r – коэффициент, учитывающий геометрию охвата измерительного ролика ветвями ткани.

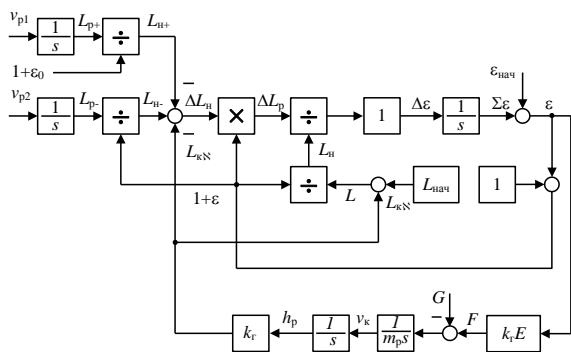


Рис. 1

Рассмотрим динамические характеристики системы регулирования натяжения ткани (рис. 2 – структурная схема замкнутой системы регулирования натяжения полотна), представив электропривод звеном второго порядка с электромеханической T_m и электромагнитной T_a постоянными времени, коэффициентом передачи усилителя мощности k_n и редукции k_p . На рис. 2 c_n – жесткость упругого элемента петлеобразователя; μ – коэффициент вязкого трения; k_F – коэффициент передачи датчика перемещения измерительного ролика; $R_n(s), H_n(s), H_T(s)$ – передаточные функции регулятора, приводного устройства и петлеобразователя.

С целью решения задачи редуцирования математической модели зоны деформации, включающей петлеобразователь, и выбора параметров системы регулирова-

формации полотна в петлеобразователе:

В скоростной модели относительное удлинение вычисляется непосредственно по скоростям v_{p1} и v_{p2} , в метрической – на основе длин нерастянутого материала на входе и выходе зоны деформации (рис.1 – метрическая модель петлеобразователя: L_{H+}, L_{H-} – длина нерастянутого материала, вошедшего в зону и вышедшего из нее за время Δt ; L_H – длина нерастянутого полотна в зоне на отрезке времени Δt).

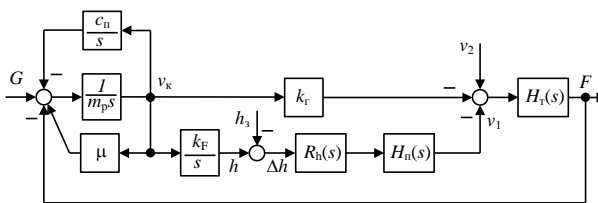


Рис. 2

ния натяжения рассмотрим следующие варианты реализации передаточной функции $H_T(s)$.

1. $c_n = 0, \mu = 0$. Передаточная функция петлеобразователя в этом случае имеет вид:

$$H_T = \frac{h(s)}{\Delta v(s)} = \frac{1}{s(a_2 s^2 + a_1 s + a_0)}, \quad (2)$$

где $a_2 = T_m m_p / k_r k_v E$; $a_1 = m_p / k_r k_v E$; $a_0 = k_r$.

Анализ (2) показывает, что при $E \rightarrow \infty$, равно как и при $m_p \rightarrow 0$, $H_T(s)$ имеет вид

$$H_T(s) = \frac{1}{k_r s}. \quad (3)$$

В этом случае характеристическое уравнение замкнутой системы имеет вид:

$$k_r T_M T_a s^3 + k_r T_M s^2 + k_r s + k_p k_n k_F / c_e = 0, \quad (4)$$

где $T_M = JR_a/c_e^2$; J – приведенный к валу двигателя момент инерции ведомой машины; R_a – сопротивление якорной цепи двигателя; c_e – коэффициент ЭДС двигателя.

Анализ характеристического уравнения (4) системы позволяет определить условие ее устойчивости:

$$c_e > T_a k_p k_r k_F.$$

В статическом режиме работы системы электропривода зависимость перемещения ролика h от статического момента двигателя имеет вид:

$$h = \frac{R_a}{k_n k_r c_e} M_C. \quad (5)$$

Необходимо отметить, что по отношению к скорости v_{p2} система регулирования является астатической.

2. $c_n \neq 0, \mu \neq 0$:

$$H_T(s) = \frac{1}{b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0}, \quad (6)$$

$$b_3 = T_T m_p / 2k_v E,$$

$$b_2 = (T_T \mu + m_p) / 2k_v E,$$

$$b_1 = (T_T c_n + \mu + 4k_v E) / 2k_v E,$$

$$a_1 T_a T_M s^5 + (a_1 T_M + a_2 T_a T_M) s^4 + (a_1 + a_2 T_M + a_3 T_a T_M) s^3 + (a_2 + a_3 T_M + a_4 T_a T_M) s^2 + (a_3 + a_4 T_M) s + a_4 + b = 0, \quad (8)$$

где $a_1 = m_p T_T / 2k_v E$; $a_2 = (m_p + \mu T_T) / 2k_v E$; $a_3 = (c_n T_T + \mu + 4k_v E) / 2k_v E$; $a_4 = c_n / 2k_v E$; $b = k_p k_n k_F / c_e$.

Сравнение коэффициентов при соответствующих производных в (4) и (8) позволяет выявить условия использования редуцированной математической модели (3) петлеобразователя с упругим элемен-

$$b_0 = c_n / 2k_v E.$$

С учетом реального, наблюдаемого на практике соотношения параметров, входящих в коэффициенты b_i , передаточную функцию (6) можно представить аperiодическим звеном

$$H_T(s) = \frac{k_1}{T_0 s + 1}, \quad (7)$$

где $k_1 = 2k_v E / c_n$, $T_0 = T_T + (\mu + 4k_v E) / c_n$.

Из (2) следует, что собственная частота колебаний ролика петлеобразователя без упругого элемента и демпфирования:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{4E}{Lm_p}}$$

не зависит от скорости движения полотна.

С целью конкретизации соотношения параметров, при котором возможно допущение (3), сопоставим характеристическое уравнение замкнутых систем с упрощенной моделью (4) и с моделью, соответствующей наличию упругого и демпфирующего элементов.

В последнем случае характеристическое уравнение имеет вид:

том ($c_n \neq 0$) и демпфированием ($\mu \neq 0$):

$$k_{эн} \square \frac{1}{k_{дн}}, \quad (9)$$

где $k_{эн} = k_p k_n k_F / c_n$; $k_{дн} = 2k_v E / c_n$.

При $c_n = 0, \mu = 0$:

$$T \ll \sqrt{\frac{T_a T_M T_T}{T_M + T_T}}, \quad (10)$$

где $T = 0,5 \sqrt{\frac{Lm_p}{E}}$.

Обычно в оборудовании для обработки ткани электромеханическая постоянная времени T_m значительно меньше постоянной времени полотна T_T .

С учетом этого соотношения условие (10) примет вид:

$$0,25 \frac{Lm_p}{E} \ll T_a T_m. \quad (11)$$

Предложенный подход к редуцированию математических моделей петлеобразователей позволяет упростить настройку регулятора положения измерительного ролика.

ВЫВОДЫ

Предложены упрощенные математические модели петлеобразователя ткани, полученные на основе частотного анализа его исходных передаточных функций с учетом возможного на практике соотношения параметров.

1. Быстров А.М., Глазунов В.Ф. Многодвигательные автоматизированные электроприводы поточных линий текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1977.

2. Глазунов В.Ф., Тарарыкин С.В., Спичков Ю.П. О рациональном построении датчика натяжения ткани в поточных линиях текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1981, № 1. С.78...82.

3. Князев Ю.Б. Разработка и исследование приводных устройств для малонапряженной проводки ткани в сушильных машинах: Дис...канд. техн. наук. – МТИ, 1973.

4. Глазунов В.Ф., Бурков А.П. Об учете вязкоупругой постоянной времени ткани в электроприводах текстильных машин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, № 6. С.66...71.

5. Куленко М.С. Система управления осевой намоткой ткани на основе прогнозирующей модели рулона: Дис...канд. техн. наук. – ИГЭУ, 2002.

6. Глазунов В.Ф., Спичков Ю.П., Красильников А.И. О некоторых особенностях моделирования трикотажного полотна в устройствах стабилизации его натяжения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, № 4. С.71...75.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 19.05.08.