

УДК 677.054.823-52

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА  
РЕГУЛЯТОРА НАТЯЖЕНИЯ ОСНОВЫ  
ДЛЯ ТКАЦКИХ СТАНКОВ**

*В.В. ГУБИН, А.А. МАКАРОВ*

**(ОАО "ВНИИЛТЕКМАШ",  
Московский государственный текстильный университет им А.Н. Косыгина)**

Выпускаемые ведущими фирмами в мире ткацкие станки оснащены современными электромеханическими системами автоматического регулирования (САР) натяжения основы, позволяющими с достаточно высокой точностью стабилизировать натяжение. Ткацкие станки, выпускаемые отечественной промышленностью, до настоящего времени оснащаются устаревшими механическими САР.

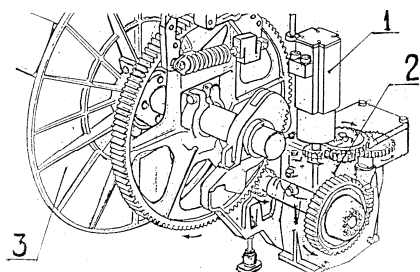


Рис. 1

При создании современных САР натяжения основы необходимо разработать исполнительный механизм, динамические характеристики которого позволяли бы обеспечить качественное регулирование натяжения основы. Для современных САР натяжения основы на ткацких станках характерно использование исполнительного механизма (рис.1), состоящего из приводного электродвигателя постоянного тока 1 с независимым возбуждением, соединенного с помощью редуктора 2 с регулирующим органом-навоем 3 [1].

С целью определения возможности использования данного исполнительного механизма в САР натяжения основы для скоростных ткацких станков необходимо исследовать его основные динамические характеристики.

Широкий диапазон изменения частоты вращения для регулируемых электродвигателей постоянного тока приводит к значительному снижению мощности двигателя при работе его на низких частотах вращения. Для устранения этого исполнительный механизм имеет редуктор с возможностью изменения передаточного отношения в зависимости от скорости работы ткацкого станка, плотности уточных нитей на единицу длины ткани и уработки основных нитей.

Исходя из выбранного диапазона передаточного отношения редуктора и предъявляемых выше требований минимальная частота вращения вала электродвигателя должна быть не более  $10,46 \text{ с}^{-1}$ , а диапазон регулирования при этом должен составлять 1:5,4 при мощности 0,5 кВт. Этим требованиям отвечает электродвигатель постоянного тока типа ДПУ127-450-1-57-Д09 с независимым возбуждением при применении якорной схемы управления, обеспечивающей весьма жесткие механические характеристики.

Структурная схема и передаточная функция такого электродвигателя приведены в [1] и [2] и могут быть использованы

при анализе данного исполнительного механизма.

Из рис.1 видно, что электромеханическая постоянная времени  $T_M$  данного исполнительного механизма зависит от моментов инерции ткацкого навоя и редуктора, приведенных к валу электродвигателя. Поскольку момент инерции навоя изменяется в процессе сматывания основы, то постоянная времени  $T_M$  будет величиной переменной.

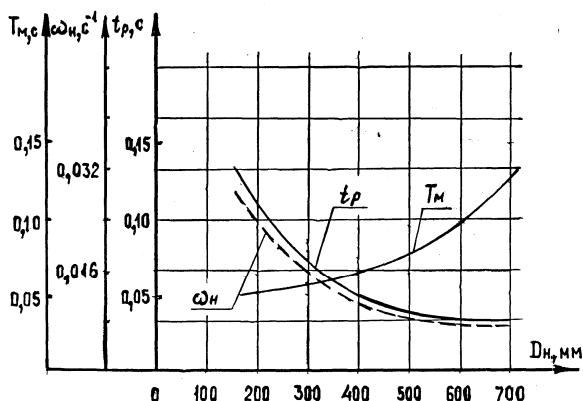


Рис. 2

Зависимость электромеханической постоянной времени от радиуса сматывания основы на навое  $R_H$  исполнительного механизма регулятора натяжения основы с навоем приведена на рис.2.

Исследования передаточной функции данного исполнительного механизма с регулирующим органом (навоем) и численный анализ показывают, что исследуемое звено является колебательным; при этом относительный коэффициент затухания данного звена меньше единицы, а характеристическое уравнение имеет пару сопряженных комплексных корней с отрицательной вещественной частью, что соответствует устойчивости данного звена.

Собственная частота колебаний данного звена определяется согласно выражению

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{T_J T_M}}, \quad (1)$$

где  $T_J = L_J / R_J$  – электромагнитная постоянная времени якорной цепи, с; при этом она является величиной переменной, изменяющейся в зависимости от радиуса сматывания основы с навоя.

Исследования показывают, что для колебательных звеньев с относительным коэффициентом затухания  $\xi > 0,8$  переходный процесс протекает сравнительно медленно, и колебания относительно предельного установившегося значения отсутствуют. В этом случае величина перерегулирования, как правило, не превышает 1,5%.

Следует отметить, что при изменении радиуса сматывания основы с навоя от 0,35 до 0,075м относительный коэффициент затухания удовлетворяет условию

$$1 > \xi > 0,45. \quad (2)$$

В этих пределах резонансное усиление колебаний невелико и, следовательно, у электропривода постоянного тока переходный процесс будет протекать с весьма небольшими амплитудами колебания отпуса основы.

Это обстоятельство при рассмотрении электроприводов постоянного тока, как объекта автоматического регулирования, позволяет прибегать к упрощенному представлению их передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{K_{ДВ}}{(\sqrt{T_J T_M} p + 1)^2}, \quad (3)$$

где  $K_{ДВ}$  – коэффициент передачи электродвигателя,  $(В \cdot с)^{-1}$ , то есть позволяет заменить колебательное звено двумя аperiodическими звеньями с постоянной времени  $T_1 = \sqrt{T_J T_M}$ .

Время переходного процесса, когда скорость вращения электродвигателя достигает значения, отличающегося от установившегося не более чем на 5%, изменяется в зависимости от радиуса сматывания ткацкого навоя ориентировочно от 0,117 до 0,147с и определяется из соотношения

$$t_v = \frac{3}{\xi \omega_0}. \quad (4)$$

Основной причиной изменения натяжения основы в процессе выработки тканей является уменьшение радиуса сматывания основы и удлинение ее в процессах прибоа и зевобразования. Качественное регулирование натяжения основы возможно при условии, что исполнительный механизм позволяет обрабатывать управляющий сигнал САР натяжения основы, вызванный возмущающими воздействиями – изменением радиуса сматывания основы с навоа и удлинением ее в процессе зевобразования.

Вследствие этого при скорости прокладки уточной нити на ткацком станке 4,5 уточ/с период циклического изменения натяжения основы, связанный с зевобразованием, составляет 0,222 с, а переходный процесс отпуска основы практически заканчивается в 1,5...1,89 раза быстрее, чем данный период циклического изменения натяжения основы.

К динамическим показателям исполнительного механизма также относится время разгона навоа; при этом обеспечение кратчайшего времени разгона выходного вала электропривода с редукторной передачей может быть достигнуто выбором оптимального передаточного числа редуктора.

При пренебрежении потерями в редукторе минимальное время разгона достигается выбором оптимального передаточного числа редуктора при заданных значениях моментов инерции ротора электродвигателя  $J_d$ , производственного механизма (навоа)  $J_H$  и момента сопротивления  $M_H$ .

Оптимальное передаточное отношение  $i_0$  исходя из правила определения максимума  $d\omega_H/dt$  и полагая  $M_H = \text{const}$ , а также  $M_d = \text{const}$  (средним за период переходного режима), определяется из следующего выражения:

$$i_0 = \frac{M_H}{M_d} + \sqrt{\left(\frac{M_H}{M_d}\right)^2 + \frac{J_H}{kJ_d}}, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий момент инерции передач;  $\omega_H$  – частота вращения навоа,  $\text{с}^{-1}$ ;  $M_d$  – момент, развиваемый двигателем,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ .

Подстановка цифровых значений параметров данного исполнительного механизма в (5) показывает, что оптимальное передаточное отношение редуктора не полностью удовлетворяет требованиям технологического режима ткацкого станка СТБ, а следовательно, фактическое время разгона будет несколько отличаться от оптимального.

В нашем случае  $iM_d \gg M_H$  и  $J_H \ll ki^2J_d$ , поэтому

$$\frac{d\omega_H}{dt} \approx \frac{M_d}{ikJ_d}, \quad (6)$$

откуда время разгона навоа определяется согласно выражению

$$t_p = ik \frac{\omega_H J_d}{M_d}, \quad (7)$$

где  $\omega_H$  – частота вращения навоа, зависящая от диаметра навивки основы,  $\text{с}^{-1}$ .

При условии что  $d\omega_H/dt = \text{const}$ , время разгона является величиной переменной. Зависимости электромеханической постоянной времени, частоты вращения и времени разгона навоа от диаметра навивки основы приведены на рис.2. Изменение инерционных сил навоа в широком диапазоне, обусловленное изменением его радиуса сматывания, сказывается на времени разгона; при этом с уменьшением радиуса момент инерции уменьшается, и время разгона также должно было бы уменьшаться. Однако, ввиду того, что уменьшение радиуса сматывания сопровождается возрастанием частоты вращения навоа, время разгона также возрастает.

Для ткацкого навоя с плотностью намотки основы  $0,7 \text{ г/см}^3$  максимальное время разгона составляет  $0,15 \text{ с}$ . Хотя это превышает оптимальное значение времени разгона примерно в три раза, тем не менее, оно не является лимитирующим фактором при оценке общих динамических свойств как звена исполнительного механизма, так и регулятора в целом.

Для исполнительного механизма входным параметром является напряжение якоря электродвигателя, а выходным – отпуск основы. С учетом передаточного числа редуктора и связи между частотой вращения навоя и величиной отпуска основы передаточная функция имеет следующий вид:

$$W_p(p) = \frac{K_{\text{ИМ}}}{(\sqrt{T_y T_M} p + 1)^2}, \quad (8)$$

где  $K_{\text{ИМ}} = \frac{K_{\text{ДВ}} R_H}{i}$ .

Коэффициент передачи исполнительного механизма  $K_{\text{ИМ}}$  в зависимости от передаточного отношения редуктора при  $R_H = 0,4 \text{ м}$  лежит в пределах от  $1,08 \cdot 10^{-4}$  до  $3,47 \cdot 10^{-3} \text{ В}^{-1} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ , а при  $R = 0,1 \text{ м}$  – от  $2,7 \cdot 10^{-5}$  до  $8,67 \cdot 10^{-4} \text{ В}^{-1} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика, соответствующая (8), при  $\omega < 1/\sqrt{T_y T_M}$  имеет вид горизонтальной прямой, проведенной на высоте  $20 \lg K_{\text{ИМ}}$ , а при  $\omega > 1/\sqrt{T_y T_M}$  представляет собой прямую линию с наклоном –  $40 \text{ дБ/дек}$ .

Так, для выбранного исполнительного механизма с передаточным отношением редуктора 954 и плотностью намотки основы на навое  $0,7 \text{ г/см}^3$ , при радиусе навивки основы на навое  $R_H = 0,4 \text{ м}$  и  $R_H = 0,1 \text{ м}$  логарифмические амплитудно-частотные характеристики имеют вид, приведенный на рис.3.

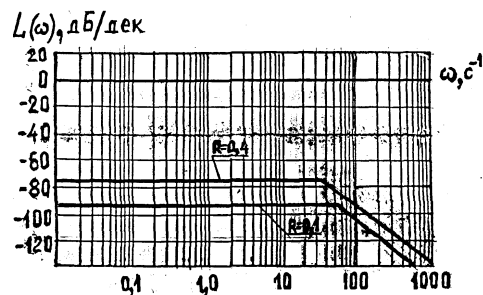


Рис. 3

Полоса пропускания разработанного нами исполнительного механизма лежит в пределах от 0 до  $48,75 \text{ с}^{-1}$ . Данный исполнительный механизм позволил разработать САР натяжения, которая имеет более высокие показатели качества регулирования натяжения основы. Ткацкие станки, оснащенные такой САР, могут работать со скоростью до  $465 \text{ об/мин}$  и выше при высоком качестве регулирования натяжения основы. Исходя из ЛАЧХ видно, что ввиду изменения диаметра навивки основы на навое в 4 раза значение частоты сопряжения изменяется всего на 31%. Кроме того, в обоих случаях коэффициент относительного затухания остается большим ( $\xi = 0,85$  и  $0,98$ ).

## ВЫВОДЫ

Разработанный исполнительный механизм дает возможность создать современную САР натяжения основы для ткацких станков СТБ, позволяющую значительно повысить качество регулирования натяжения и одновременно делает возможным применение этой САР на вновь разрабатываемых скоростных ткацких станках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Б.И. и др. Динамика следящих приводов. – М.: Машиностроение, 1982.
2. Иванов В.А. и др. Математические основы теории автоматического регулирования. – М.: Высшая школа, 1971.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 05.12.06.