

УДК 677.05:062.83

К ВЫБОРУ НАТЯЖЕНИЯ ТКАНИ В ЗОНЕ ДЕФОРМАЦИИ

А. В. ГЛАЗУНОВ

(Ивановский государственный энергетический университет)

Важнейшим параметром, характеризующим процесс обработки ткани врасправку на поточной линии, является ее натяжение, минимальное значение которого выбирается из условия отсутствия складкообразования. Обработка полотна при больших натяжениях нецелесообразна, так как увеличивает его остаточную деформацию, снижающую потребительские свойства продукта.

Минимальный уровень натяжения ткани с учетом заданного ограничения зависит от быстродействия приводного устройства, конструктивных особенностей тканеведущих узлов, а также деформационных свойств материала.

Требование к быстродействию системы автоматического регулирования натяжения полотна, связывающего его относительное удлинение, длину в зоне деформации и интеграл от разности скоростей валковых пар на входе и выходе зоны деформации, сформулированное в виде критерия [(10)1], не позволяет учесть параметры замкнутой системы стабилизации натяжения.

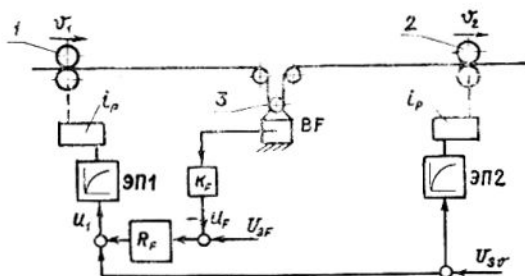


Рис. 1.

Рассмотрим локальную автоматическую систему стабилизации натяжения ткани (рис. 1), содержащую тканеведущие валковые пары 1 и 2 и петлеобразователь 3 полотна, измерительный ролик которого связан с преобразователем BF, а также регулятор натяжения с коэффициентом передачи R_F , на вход которого подаются сигналы обратной связи по натяжению u_F и задающий $U_{зФ}$.

Систему электропривода ЭП1 представим аperiodическим звеном с передаточной функцией

$$H_{\text{пн}}(s) = v_1(s)/u_1(s) = k_{\text{пн}}/(T_{\text{пн}}s + 1). \quad (1)$$

Допустимость такого представления подтверждается близкой к аperiodической оптимальной настройкой контура регулирования частоты вращения приводного двигателя в системе электропривода постоянного тока с подчиненным регулированием координат [2], причем для оптимизированной на технический оптимум системы $T_{\text{пн}}$ является некомпенсированной постоянной времени контура скорости, а $k_{\text{пн}} = k_p/k_c$, где $k_p = D_n/2i_p$; D_n — диаметр ведущего вала, м; i_p — передаточное отношение редуктора; k_c — коэффициент усиления обратной связи по частоте вращения двигателя, В·с/рад.

Выполним анализ для системы с петлеобразователем, жесткость упругого элемента которого на порядок превышает жесткость обрабатываемого материала. Такой петлеобразователь может рассматриваться как датчик натяжения с малым перемещением измерительного ролика [3]. При этом малый запас полотна в петлеобразователе из-за отсутствия канала прямого регулирования натяжения [4, рис. 1] повышает требование к быстродействию приводного устройства.

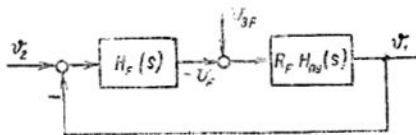


Рис. 2.

В этом случае передаточная функция датчика натяжения с учетом введенных в [3] обозначений имеет вид

$$H_F(s) = F(s)/(v_2 - v_1)(s) = k_v k_r k_F E_0 / (T_T s + 1). \quad (2)$$

Рассмотрим работу системы, структурная схема которой приведена на рис. 2, в наиболее характерном для нее режиме компенсации скоростного рассогласования рабочих органов ведущей и ведомой машин вследствие уменьшения скорости v_2 за счет возрастания нагрузки двигателя или действия других возмущающих факторов. Очевидно, что запаздывание компенсирующего действия скорости v_1 является причиной уменьшения натяжения полотна. При этом, чем меньше уровень его задания U_{3F} , тем более быстродействующим должно быть приводное устройство.

Обозначим через $k_3 = k_v k_r k_F E_0 k_{\text{пн}} R_F$ — коэффициент усиления замкнутой по натяжению системы электропривода с передаточной функцией

$$H_3(s) = v_1(s)/v_2(s) = k_3 / [T_T T_{\text{пн}} s^2 + (T_T + T_{\text{пн}}) s + 1 + k_3]. \quad (3)$$

Анализ знаменателя (3) позволяет установить соотношение параметров системы, соответствующее границе аperiodического процесса регулирования при отработке скоростных возмущений:

$$(T_T + T_{\text{пн}})^2 \geq 4 T_T T_{\text{пн}} (1 + k_3), \quad (4)$$

которое при возможном на практике соотношении $T_{\text{пн}} \ll T_T$ принимает вид

$$T_T \geq 4 T_{\text{пн}} (1 + k_3). \quad (5)$$

С целью предварительной оценки резерва времени на регулирование натяжения при возникновении скоростного рассогласования рассмотрим процессы в разомкнутой по натяжению системе ($k_F = 0$).

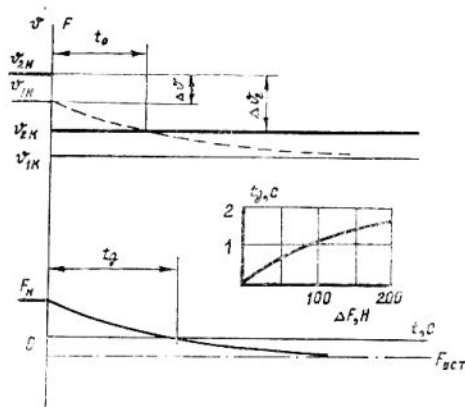


Рис. 3.

Пусть выходная скорость v_2 получает приращение $-\Delta v_2 = v_{2н} - v_{2к}$ (рис. 3), обусловленное, например, изменением статического момента электродвигателя приводного устройства ЭП2, а $v_{1н} = \text{const}$. Тогда натяжение F полотна в зоне деформации стремится к $F_{уст} = E(v_{2к} - v_{1н})/v_{1н}$, где E — модуль упругости полотна, отнесенный к его ширине, H .

Нетрудно показать в этом случае, что зависимость натяжения от времени имеет вид

$$F(t) = F_H \exp(-t/T_T) - F_{уст} (1 - \exp(-t/T_T)), \quad (6)$$

где F_H — начальное натяжение полотна (Н), а время, за которое натяжение, уменьшаясь, выйдет на ограничение $F=0$, составит

$$t_g = T_T \ln((F_H - F_{уст})/F_{уст}), \quad (7)$$

и может рассматриваться как максимально допустимое для корректирования скорости v_1 в целях предупреждения недопустимого ослабления натяжения ткани. При всяком уменьшении v_1 в процессе ее регулирования в направлении синхронизации с v_2 время t_g возрастает.

Анализируя (7), устанавливаем, что с уменьшением F_H и увеличением Δv_2 время t_g уменьшается по экспоненциальному закону (рис. 2).

Оценим действительное время регулирования v_1 в замкнутой по натяжению системе и получим зависимость для натяжения F_H , при котором выполняется условие его ограничения в заданных параметрах системы электропривода и зоны деформации, для чего рассмотрим передаточную функцию замкнутой системы (3) с учетом условия (4), представляя (3) в виде

$$H_3(s) = v_1(s)/v_2(s) = k_3/(1+k_3)/(T_T's+1), \quad (8)$$

где

$$T_T' = T_T/(1+k_3). \quad (9)$$

Анализ (8) показывает, что в системе, замкнутой по натяжению полотна, скорость регулирования v_1 изменяется с постоянной времени $T_T' < T_T$ согласно соотношению

$$v_1(t) = v_{1н} \exp(-t/T_T') + v_{1н} (1 - \exp(-t/T_T')). \quad (10)$$

Принимая допущение о малом влиянии отклонения скоростей на постоянную времени $T_T = l/v_2$, а также $\Delta v = v_{2н} - v_{1н} = v_{2к} - v_{1к}$, имеем

$$v_1(t) = v_{2н} \exp(-t/T_T') + v_{2к} (1 - \exp(-t/T_T')) - \Delta v. \quad (11)$$

После преобразований (11) примет вид

$$v_1(t) = v_{1н} - \Delta v_2 (1 - \exp(-t/T_T')), \quad (12)$$

где $\Delta v_2 = v_{2н} - v_{2к}$.

Натяжение F в процессе регулирования скорости v_1 уменьшится за время t_0 (рис. 2). Тогда (12) для этого момента времени запишется в виде

$$v_{2к} = v_{1н} - \Delta v_2 + \Delta v_2 \exp(-t_0/T_T'), \quad (13)$$

откуда

$$t_0 = T_T' \ln[(v_{2н} - v_{2к})/(v_{2н} - v_{1н})] = T_T' \ln(\Delta v_2/\Delta v). \quad (14)$$

Натяжение полотна за это время уменьшится на величину

$$\Delta F = \frac{E}{l} \int_0^{t_0} (v_1(t) - v_{2k}) dt. \quad (15)$$

Решая (15), получаем

$$\Delta F = E[\Delta v_2 T_{\tau'}(1 - \exp(-t_0/T_{\tau'})) - \Delta v t_0]/l. \quad (16)$$

При этом для проводки ткани без складкообразования необходимо выбрать ее натяжение с учетом условия

$$F_{II} > \Delta F. \quad (17)$$

Для системы с параметрами $k_F = 0.02$ В/Н, $k_C = 0.062$ В·с/рад, содержащей электродвигатель П32 ($P_{II} = 2.2$ кВт; $\Omega_{II} = 157$ рад/с, $U_{II} = 220$ В; $I_{II} = 12$ А), реверсивный тиристорный преобразователь типа ЭПУ1-2, тахогенератор ТМГ-30П ($U_{II} = 230$ В, $\Omega_{II} = 418$ рад/с), используемый в качестве датчика обратной связи по скорости в системе электропривода ЭП1, валковые пары ($D_n = 0.16$ м; $i_p = 7.5$) и зону деформации ($l = 1.5$ м; $k_r = 2$; $E = 2 \cdot 10^3$ Н), на рис. 4 построены зависимости ΔF от скорости v_{2II} движения материала, длины l его заправки в зоне, коэффициента k_3 усиления замкнутой системы и отклонения скорости Δv_2 ведущей валковой пары.

Анализ зависимостей показывает, что уменьшение v_{2II} , k_3 и l , как и увеличение Δv_2 , приводит к быстрому уменьшению натяжения в зоне деформации. Минимальное натяжение полотна при заданном отклонении ведущей скорости Δv_2 можно оценить по соотношению (16) после предварительного определения k_3 из условия (5) и параметров (9) и (14).

ВЫВОДЫ

Минимальное натяжение ткани в зоне деформации определяется из условия отсутствия ее складкообразования в переходных процессах с учетом параметров зоны и системы регулирования натяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быстров А. М. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1974, № 3.
2. Лебедев Е. Д. и др. Управление вентиальными электроприводами постоянного тока. — М.: Энергия, 1970.
3. Глазунов В. Ф. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1981, № 1.
4. Глазунов В. Ф., Куленко М. С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1995, № 6.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 05.02.97.

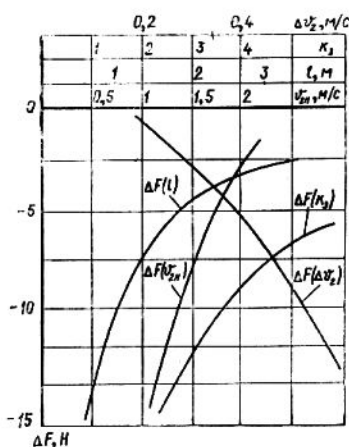


Рис. 4.