

УДК 677.023:62-83

**АНАЛИЗ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ ДЕФОРМАЦИИ ОСНОВЫ
В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
МЕХАНИЗМА НАМОТКИ СНОВАЛЬНЫХ ВАЛОВ**

**THE DEFORMATION ZONE'S PARAMETERS VARIATION ANALYSIS
OF THE WARPING BEAMS WINDING MECHANISMS'
ELECTRIC DRIVE SYSTEM**

В.Ф. ГЛАЗУНОВ, А.А. РЕПИН, Ю.А. РОДИОНОВ
V.F. GLAZUNOV, A.A. REPIN, YU.A. RODIONOV

(Ивановский государственный энергетический университет)
(Ivanovo State Power University)
E-mail: glazunov@drive.ispu.ru

На основе модели частотно-регулируемого электропривода механизма сновального вала, построенного на базе асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, показано влияние параметров зоны деформации основы на ее относительное удлинение при пуске сновальной машины.

The deformation zone's parameters variation influence to its elongation during start time is shown based on warping beam's frequency controlled induction electric motor drive.

Ключевые слова: электропривод, математическая модель, основа, относительное удлинение.

Keywords: electric drive, mathematical model, fabric basis, elongation.

В решении задач совершенствования сновального оборудования значительная роль принадлежит электроприводу и его системе управления, обеспечивающих движение основы и стабилизацию кинематических параметров намотки. Использование современного частотно-регулируемого электропривода, построенного на базе асинхронного электродвигателя с ко-

роткозамкнутым ротором [1], [2], позволяет удовлетворить самым высоким требованиям надежности, экономичности, статической и динамической точности.

Однако практическая реализация указанных достоинств при решении задач управления процессом намотки основы осложняется нестабильностью целого ряда параметров ее зоны деформации в процес-

се движения нитей от бобин шпулярика до сновального вала. Сюда относятся вариации деформационных свойств нитей, момента инерции наматываемой паковки и давления на нее укатывающего вала, а также действующих на нити основы сил сосредоточенного и распределительного трения. На точность стабилизации скорости движения основы и натяжения нитей влияет нестабильность параметров контактного измерителя скорости, построенного на основе мерильного вала [3], [4], упругие свойства передачи от сновального вала к валу электродвигателя.

Рассмотрим влияние вариации параметров зоны транспортирования основы и нитей на их деформацию в переходных процессах при пуске сновальной машины.

Учитывая сложность решения задачи, связанную с действующими на основу и нити случайными факторами, остановимся на линеаризованном варианте системы электропривода и рассмотрении переходных процессов при фиксированном значении момента инерции сновального вала.

На рис. 1 представлена функциональная схема системы электропривода, где сновальный вал 1 получает вращение через клиноремennую передачу 2 с коэффициентом

редукции i_p и жесткостью C_{12} от комплектного электропривода, включающего асинхронный электродвигатель M с короткозамкнутым ротором и преобразователь частоты U .

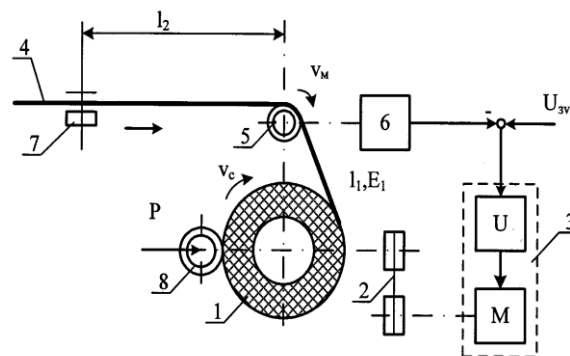


Рис. 1

На сновальный вал действует давление P укатывающего вала 8, обеспечивающего центрирование намотки и ее уплотнение [5]. Будем учитывать его изменением момента нагрузки электродвигателя M_y . Электропривод работает в режиме стабилизации скорости снования v_c основы 4, транспортируемой через мерильный вал 5, кинематически связанный с измерителем скорости 6.

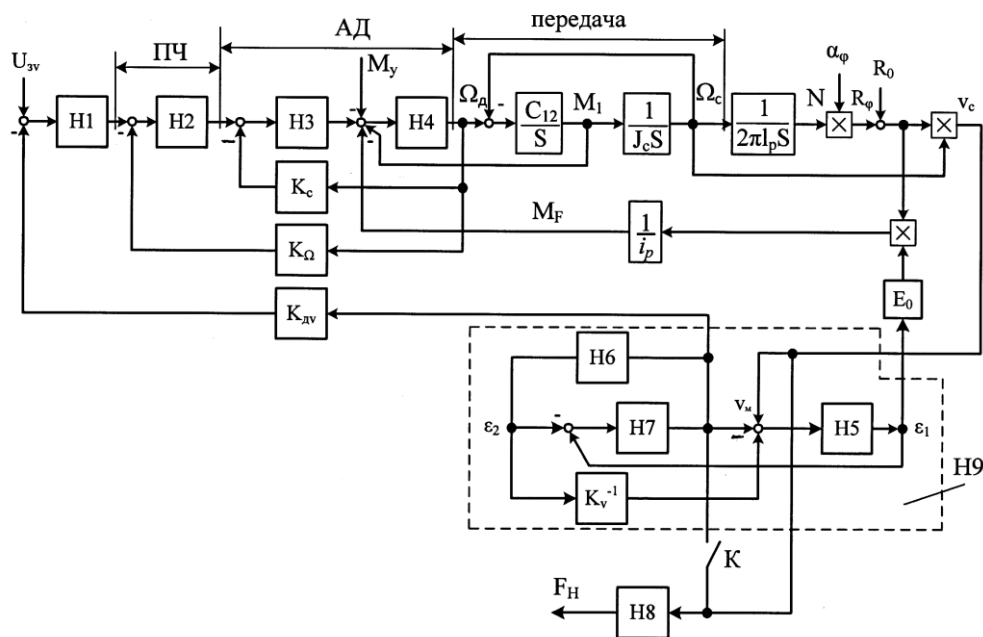


Рис. 2

На рис. 2 представлена соответствующая функциональной схеме структурная схема системы электропривода механизма сновального вала, построенная с учетом введенных ранее [6] допущений и обозначений переменных. Передаточные функции блоков структурной схемы приведены в табл. 1. Обозначения параметров соответствуют принятым в [6].

Коэффициент передачи электродвигателя [7]:

$$k_d = 2M_k \frac{s}{s_k}, \quad (1)$$

где M_k , s_k , s – соответственно критический момент электродвигателя, Нм; критическое и текущее значения скольжения.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Наименование	Передаточная функция	Обозначение
1	Регулятор скорости v_c	$H_1(s) = \frac{U_1}{(U_{zv} - k_{dv} v_m)(s)} = k_{pv} + \frac{1}{T_p s}$	k_{dv} , k_{Ω} , k_c – коэффициенты обратных связей по скорости основы, частоте вращения электродвигателя; T_n , T_s , T_c , T' – соответственно постоянные времени преобразователя частоты электродвигателя и участков зоны деформации основы, с; ε_0 – относительное удлинение основы на входе зоны деформации; R_ϕ , R_0 – текущее и начальное значения радиуса катушки;
2	Преобразователь частоты	$H_2(s) = \frac{\omega(s)}{U_1(s)} = \frac{2\pi k_n}{p_n (T_n s + 1)}$	
3	Электродвигатель сновального вала	$H_3(s) = \frac{M(s)}{(\omega_0 - k_{\Omega} \Omega_d)(s)} = \frac{k_d}{T_s s + 1}$	
		$H_4(s) = \frac{\Omega_d}{(M - M_F - M_y)(s)} = \frac{1}{J_d s}$	
4	Зона деформации основы	$H_5(s) = \frac{\varepsilon_1(s)}{(v_c - v_m + \varepsilon_2 k_v^{-1})(s)} = \frac{k_v}{T_c s + 1}$	
		$H_6(s) = \frac{\varepsilon_2(s)}{v_m(s)} = \frac{1}{k} (1 + \varepsilon_0) \frac{1}{T' s + 1}$	
		$H_7(s) = \frac{v_m(s)}{\varepsilon_1(s) - \varepsilon_2(s)} = \frac{E_0 R_m^2}{J_m s}$	
5	Деформация нити	$H_8(s) = \frac{F_{2n}(s)}{v_m(s)} = \frac{E_n}{k} \frac{1}{T' s + 1} (1 + \varepsilon_0)$	E_n – модуль упругости нити, Н/м

$$T' = \frac{\ell_2}{k},$$

где ℓ_2 – длина основы от шпулярика до мерильного вала, м; k – коэффициент пропорциональности между скоростью дви-

жения основы и ее относительным удлинением.

В цепь обратной связи по скорости v_c движения основы (рис. 2) включен блок с передаточной функцией:

$$H_9(s) = \frac{v_m(s)}{v_c(s)} = \frac{H_5(s)H_7(s)}{1 + (H_5(s) + H_6(s))H_7(s) + H_5(s)H_6(s)H_7(s)k_v^{-1}}. \quad (2)$$

После подстановки в (2) параметров пере-

даточных функций имеем $H_9(s)$ в виде:

$$H_9(s) = \frac{v_m(s)}{v_c(s)} = \frac{k_v k_m (T's + 1)}{N(s)}, \quad (3)$$

где
$$N(s) = T'T_c s^3 + (T' + T_c)s^2 + \left(T_c \frac{k_m}{k} + k_v k_m T' + 1 \right) s + k_m \left(1 + \frac{1}{k} \right). \quad (4)$$

Аналогично находится передаточная функция $H_{10}(s)$:

$$H_{10}(s) = \frac{M_F(s)}{v_c(s)} = \frac{E_0 \frac{R_\phi}{i_p} (T's + 1)}{N(s)}. \quad (5)$$

Таким образом, мерильный вал с охватывающей его основной образует звено с передаточной функцией (3), включенное в цепь обратной связи по скорости v_c . Наличие в числителе передаточных функций (3) и (5) дифференцирующего звена с постоянной времени T' положительно влияет на быстродействие цепи обратной связи.

Как показано в [4], в реальном режиме работы сновальной машины возможны ко-

лебания мерильного вала. На основе (4) условием такого режима является соотношение:

$$\frac{\left(T_c \frac{k_m}{k} + k_v T' + 1 \right)^2}{4(T' + T_c)} < k_m \left(k_v + \frac{1}{k} \right). \quad (6)$$

Соотношение (6) не учитывает демпфирующие свойства основы и трение в цапфах мерильного вала, уменьшающих колебательность.

При выборе параметров звена $H_{11}(s)$ целесообразно ориентироваться на условие (6) аperiodического процесса деформации. Соотношение инерционностей процессов деформации основы и электромагнитных процессов в электроприводе позволяет представить блок преобразователя частоты и электродвигателя, имеющих передаточную функцию:

$$H_{\text{эл}}(s) = \frac{\Omega_c(s)}{U_1(s)} = \frac{H_2(s)H_3(s)H_4(s)}{1 + H_3(s)H_4(s)k_c + H_2(s)H_3(s)H_4(s)k_\Omega} \quad (7)$$

в виде аperiodического звена.

После преобразований (7) и исключения за малостью постоянных времени T_3 и T_n имеем:

$$H_{\text{эл}}(s) = \frac{\Omega_c(s)}{U_1(s)} = \frac{k_{\text{эл}}}{T_{\text{эл}}s + 1}, \quad (8)$$

где

$$k_{\text{эл}} = \frac{k_n k_d}{k_d (k_n k_\Omega + k_c)}, \quad T_{\text{эл}} = \frac{J_d}{k_d (k_n k_\Omega + k_c)}.$$

Влияние упругих свойств передачи между сновальным валом и валом электродвига-

теля можно оценить, вычислив частоту собственных колебаний [8] передачи

$$\omega_{12} = \sqrt{\frac{c_{12} (J_d + J_c)}{J_d J_c}}, \quad \text{которая должна быть}$$

на порядок больше частоты колебаний мерильного вала.

В табл. 2 представлены зависимости $v_c(t)$, $v_m(t)$, $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_2(t)$, полученные методом математического моделирования системы электропривода с использованием программного комплекса MATLAB при увеличении задающего скорость основы напряжения U_{3v} (рис. 2).

№ п/п	— $v_c(t)$; --- $v_m(t)$, м/с	— $\varepsilon_1(t)$; --- $\varepsilon_2(t)$	Параметры
1			$C_{12} = 200 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$ $K = 100$ $J_c = 2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
2			$C_{12} = 200 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$ $K = 40$ $J_c = 2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
3			$C_{12} = 200 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$ $K = 40$ $J_c = 10 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Анализ полученных зависимостей показывает более высокую колебательность относительного удлинения ε_2 на участке от шпулярика до мерильного вала по сравнению с ε_1 (1, табл.2). Уменьшение

коэффициента k снижает колебательность ε_2 (2, табл.2), которая возрастает с увеличением момента инерции сновального вала (3, табл.2).

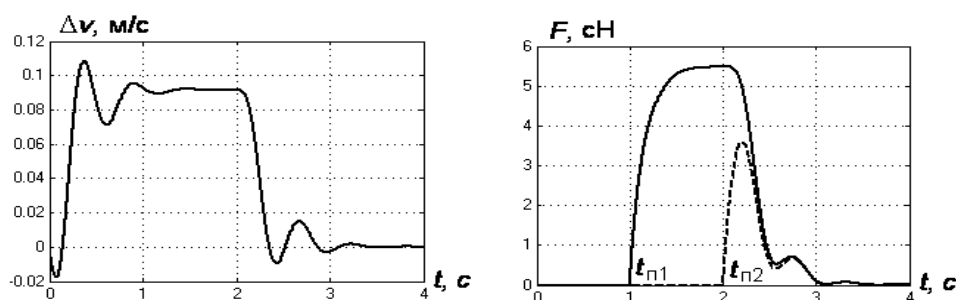


Рис. 3

В процессе пуска сновальной машины наибольшей вероятности обрыва подвержены провисающие на момент начала пуска нити. Они оказываются в условиях скачком

нарастающей разности скоростей $\Delta v(t) = v_c(t) - v_m(t)$ и натяжения F_n (рис. 3).

Указанный процесс деформации нити ($T = 25$ текс) моделировался передаточной

функцией $H_8(s)$ (табл. 1) и замыканием ключа К (рис. 2) через заданное после начала пуска время $t_{п1}$. На рис. 3 показана зависимость $\Delta v(t)$ в момент пуска и зависимость натяжения нити $F_n(t)$ при замыкании ключа К в моменты времени $t_{п1}$ и $t_{п2}$, соответствующие выборке заданной длины провисающей нити. Уменьшение бросков натяжения нитей и их обрывности достигается при плавном увеличении скорости электропривода в начальный момент времени пуска.

Параметры системы электропривода: $k_p = 0,9$; $T_p = 0,05$; $k_n = 15,7$; $T_n = 3 \cdot 10^{-3}$ с; $T_3 = 0,12$ с; $J_d = 0,03$ кг·м²; $c_{12} = 200$ Н·м/рад; $J_c = 2$ кг·м²; $\alpha_\phi = 2,12 \cdot 10^{-6}$ м/рад; $k_\Omega = 0,06$ В·с; $J_m = 0,02$ кг·м²; $k = 40$; $E_0 = 6 \cdot 10^3$ Н/м; $E_n = 55$ Н/м, $\varepsilon_0 = 0,02$.

ВЫВОДЫ

В результате математического моделирования процесса деформации основы нити при пуске системы электропривода механизма сновального вала установлено влияние на колебательность относительно удлинения основы ее коэффициента жесткости и действующего на нее трения. Одной из мер, уменьшающих броски неконтролируемых натяжений нитей, обусловленных их провисанием, является минимизация ускорения электропривода в начальный момент пуска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сабинин Ю.А. Частотно-регулируемые асинхронные электроприводы. – Л.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Виноградов А.Б., Сибирцев А.Н., Чистосердов В.Л. Новые серии преобразователей частоты и объектно-ориентированный электропривод на их основе // Электротехника. – 2005, №5. С. 47...54.
3. Кулида Н.А. Обеспечение контакта измерительного ролика с поверхностью катушки // Изв.

вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №3. С. 88...92.

4. Кулида Н.А. Влияние мерильного валика партионной сновальной машины на натяжение нити // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С.48...52.

5. Кутын А.Ю. Проектирование текстильных паковок рулонного типа и методы их воспроизводства. – Иваново: НПЦ "Стимул", 2006.

6. Глазунов В.Ф., Репин А.А., Родионов Ю.А. Математическое моделирование системы электропривода механизмов намотки сновальных валов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С. 183...187.

7. Автоматизированный электропривод промышленных установок / Под общей ред. Г.Б. Онищенко. – М.: РАСХН, 2001.

8. Ключев В.И. Ограничение динамических нагрузок электропривода. – М.: Энергия, 1971.

REFERENCES

1. Sabinin Ju.A. Chastotno-reguliruemye asinhronnye jelektroprivody. – L.: Jenergoatomizdat, 1985.
2. Vinogradov A.B., Sibircev A.N., Chistoserdov V.L. Novye serii preobrazovatelej chastoty i ob"ektno-orientirovannyj jelektroprivod na ih osnove // Jelektrotehnika. – 2005, №5. S. 47...54.
3. Kulida N.A. Obespechenie kontakta izmeritel'nogo roljka s poverhnost'ju namotki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №3. S. 88...92.
4. Kulida N.A. Vlijanie meril'nogo valjka partionnoj snoval'noj mashiny na natjazhenie niti // Izv.vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2000, №3. S.48...52.
5. Kut'in A.Ju. Proektirovanie tekstil'nyh pakovok rulonnogo tipa i metody ih vosproizvodstva. – Ivanovo: NPC "Stimul", 2006.
6. Glazunov V.F., Repin A.A., Rodionov Ju.A. Matematicheskoe modelirovanie sistemy jelektroprivoda mehanizmov namotki snoval'nyh valov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №2. S. 183...187.
7. Avtomatizirovannyj jelektroprivod promyshlennyh ustanovok / Pod obshej red. G.B. Onishhenko. – M.: RASHN, 2001.
8. Kljuhev V.I. Ogranichenie dinamicheskikh nagruzok jelektroprivoda. – M.: Jenergija, 1971.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 12.05.16.