

УДК 677.053.74.001.5

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАМОТКИ ПРЯЖИ
НА ПАРТИОННОЙ СНОВАЛЬНОЙ МАШИНЕ**

**INCREASING OF ACCURACY OF INDIRECT CALCULATIONS
OF KINEMATIC PARAMETERS OF YARN WINDING
AT A BEAM WARPING MACHINE**

Н.А. КУЛИДА, Н.А. ДЕМИДОВ
N.A. KULIDA, N.A. DEMIDOV

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo state Textile Academy)
E-mail: info@igta.ru

Рассмотрены возможности повышения точности косвенных измерений кинематических параметров партионного снования с помощью инкрементальных энкодеров. Экспериментально исследовано влияние условий фрикционного взаимодействия валов на точность косвенного измерения радиуса намотки.

The possibilities of increasing of accuracy of indirect calculations of kinematic parameters of beam warping with the help of incremental encoders have been considered herein. The influence of conditions of shafts friction interaction on accuracy of indirect calculation of winding radius has been experimentally researched.

Ключевые слова: партионное снование, косвенные измерения, кинематические параметры, угловая скорость, радиус намотки, длина нитей.

Keywords: beam warping, indirect calculations, kinematic parameters, angular speed, winding radius, threads length.

Косвенные измерения основных кинематических параметров процесса наматывания нитей на вал партионной сновальной машины [1] характеризуются определенной точностью измерения длины и линей-

ной скорости нитей, угловой скорости сновального вала, радиуса намотки и др. Погрешность вычисления параметров напряженно-деформированного состояния формируемой паковки, наряду с физико-

механическими характеристиками наматываемых нитей и формируемого в процессе намотки тела, зависит от того, с какой погрешностью измерены кинематические параметры процесса [2]. Их уменьшение обеспечивает более точную идентификацию напряженно-деформированного состояния сновального вала и приемлемое качество управления процессом наматывания.

В инструментальной составляющей погрешности измерения угловой скорости и радиуса намотки определяющими являются выбранный способ измерения частоты и разрешающая способность сенсоров сновального и укатывающего валов. Для вычисления радиуса намотки, наряду с выражением $r_c = \omega_y r_y / \omega_c$ [1], может использоваться $r_c = \phi_y r_y / \phi_c$, где r_c, ϕ_c, ω_c – соответственно радиус, угол поворота и угловая скорость сновального вала, r_y, ω_y – радиус и угловая скорость укатывающего вала. Измерение угла поворота, наряду с датчиком импульсов ДИ-3-3 с разрешением 33 имп/об, может осуществляться с помощью современных инкрементальных энкодеров, разрешение которых достигает 5000 имп/об. При сложностях конструктивного сопряжения энкодера с укатывающим валом может применяться инкрементальный энкодер серии ЕНС с мерильными колесами для прямого измерения длины наматываемых нитей.

Установленная ранее зависимость относительной погрешности измерения частоты датчика импульсов от его разрешения и времени счета при использовании для измерения способа электронно-счетного частотомера [3] позволяет определить пути повышения точности. Действительно, если относительная погрешность измерения частоты равна $\delta_f = 1/(f_x \tau)$, то для повышения точности необходимо увеличивать частоту f и время счета τ . Увеличение времени счета ограничивается частотой изменения кинематических параметров процесса намотки. Если, например, время счета увеличить до 10^2 с, то в течение такого промежутка времени могут произойти существенные изменения кинематиче-

ских параметров и параметров напряженно-деформированного состояния тела намотки, которые не будут зафиксированы.

Другие составляющие погрешности, связанные с кратковременной и долговременной нестабильностями частоты опорного генератора, формирующего временной интервал заданной длительности τ , на результирующую погрешность оказывают несущественное влияние, поэтому при анализе могут не учитываться.

В этих условиях погрешность измерения частоты определяется, в первую очередь, диапазоном ее изменения. При использовании энкодера с разрешением m_c частота составляет $f_x = \omega m_c / 2\pi$ и для сновального вала равна $f_x = V m_c / 2\pi r_c$, где V – линейная скорость снования. Отсюда относительная погрешность:

$$\delta_f = \frac{2\pi r_c}{m_c V \tau} \quad (1)$$

Для датчика ДИ-3-3 при времени счета $\tau = 0,1$ с и скорости снования $V = 400$ м/мин на максимальном радиусе намотки $r_{c\max} = 0,36$ м она составляет 10,3%, что уже неприемлемо при оценке параметров напряженно-деформированного состояния намотки. При снижении скорости до заправочной (20 м/мин) погрешность возрастает более чем на порядок. Таким образом, чтобы достичь заданной погрешности $\|\delta_f\|$, которая определяется требуемой точностью измерения радиуса намотки и длины нитей, разрешение m_c энкодера нужно увеличить до

$$m_c = 2\pi r_{c\max} / (\|\delta_f\| V \tau), \quad (2)$$

то есть оно определяется отношением длины окружности с радиусом $r_{c\max}$ к длине нитей, наматываемых на вал за время измерения τ . Чем меньше заданная погрешность $\|\delta_f\|$ и линейная скорость снования и чем больше $r_{c\max}$, тем больше требуемое разрешение m_c . Например, если скорость снования 400 м/мин, то при нормативной

погрешности $\|\delta_f\| = 0,5\%$ и времени измерения $\tau = 0,1$ с $m_c \approx 679$ имп/об, а при заправочной скорости 20 м/мин разрешение должно составить $m_c = 1,36 \cdot 10^4$ имп/об, что превышает предельное разрешение серийных энкодеров. В этих условиях, видимо, следует отказаться от косвенного измерения радиуса намотки на заправочной

$$\Theta_{rc}(P) = k \sqrt{\left(\frac{r_y}{\omega_{c0}}\right)^2 \Theta_{\omega_y}^2(P) + \left(\frac{\omega_{y0} r_y}{\omega_{c0}^2}\right)^2 \Theta_{\omega_c}^2(P) + \left(\frac{\omega_{y0}}{\omega_{c0}}\right)^2 \Theta_{r_y}^2(P)} \quad (3)$$

учесть, что относительные погрешности измерения угловой скорости сновального и укатывающего валов в соответствии с (1) зависят от скорости и радиуса намотки, то $\Theta_{\omega_y}(P) = \Theta_{\omega_c}(P) = 2\pi/m_c \tau$ от скорости уже не зависят, в результате погрешность измерения радиуса намотки $\Theta_{rc}(P)$ незначительно зависит от скорости только в начале намотки, увеличиваясь по линейному закону с ростом радиуса от $8,1 \cdot 10^{-3}$ до 0,024 м, то есть относительная погрешность на всем протяжении намотки при выбранном разрешении составляет $\approx 6,8\%$. Увеличение разрешения до 3000 имп/об снижает погрешность до 2,4%.

Выбранное время счета τ дает возможность зафиксировать изменения кинематических параметров практически в пределах одного оборота сновального вала. Если в режимах пуска и останова машины измерение длины наматываемых нитей осуществлять по вычисленному радиусу сновального вала и углу его поворота, то время счета может быть увеличено. Это дает возможность уменьшить погрешность измерения радиуса намотки в стационарном режиме работы машины. Например, при $\tau = 1$ с погрешность уменьшается до 0,7 %.

Для вычисления радиуса намотки можно использовать выражение $r_c = \phi_y r_y / \phi_c$, то есть вместо угловой скорости измеряться угол поворота валов. В этом случае погрешность измерения радиуса намотки определяется в соответствии с выражением (3), где вместо погрешностей измерения угловой скорости сно-

скорости и условно считать радиус намотки в этот период неизменным.

Оценим величину погрешности измерения радиуса намотки при использовании серийного энкодера E30S4 с разрешением 1024 имп/об. Если в выражении погрешности косвенного измерения радиуса намотки [1]:

вального и укатывающего валов используется погрешность измерения угла поворота.

Значительное влияние на погрешность косвенных измерений кинематических параметров оказывают условия фрикционного взаимодействия сновального и укатывающего валов, которые зависят от свойств материала укатывающего вала и наматываемых на сновальный вал нитей, величины усилия прижима укатывающего вала к сновальному, фрикционных свойств наматываемых на сновальный вал нитей и материала, из которого изготовлен укатывающий вал. Все они влияют на точность косвенных измерений кинематических параметров. Следует также иметь в виду, что скорость вращения валов, их диаметры и ряд других параметров влияют на точность передачи угла поворота от ведущего вала к ведомому.

Рассмотрим составляющие погрешности, связанные с условиями фрикционного взаимодействия валов. В связи со сложностью аналитического описания указанное взаимодействие исследовалось экспериментально на физической модели процесса – при наматывании цилиндрической бобины на мотальной головке крестовой намотки. Измерение угловой скорости мотального барабанчика ω_b и цилиндрической паковки ω_n осуществлялось с помощью энкодеров E30S4 с разрешением 1024 имп/об и частотомера ЧЗ-34.

Исследовалось влияние угловой скорости и диаметра паковки на точность его измерения. В качестве действительного зна-

чения измеряемого параметра принимался

результат измерения диаметра цилиндрической паковки d_n с помощью кронциркуля и штангенциркуля. Выполнялись многократные измерения отношения частот датчиков и частота импульсов энкодера фрикционного барабанчика. Далее рассчитывалась его угловая скорость ω_6 , а по отношению частот датчиков диаметр паковки d_n и относительная погрешность δ_n . Измерения выполнялись с бобиной хлопчато-

бумажной пряжи 29 текс на различных скоростях вращения мотального барабанчика и при разных диаметрах паковки (табл.1). Установлено, что погрешность измерения диаметра в значительной степени зависит от выбранного времени счета частотомера, усилия прижима паковки к барабанчику и угловой скорости. На угловой скорости мотального барабана до 150 с^{-1} погрешность измерения диаметра паковки не превышала 1,7%.

Т а б л и ц а 1

$d_n = 0,1612 \text{ м}$			$d_n = 0,1700 \text{ м}$			$d_n = 0,2109 \text{ м}$		
$\omega_6, \text{ с}^{-1}$	$d_n, \text{ м}$	$\delta_n, \%$	$\omega_6, \text{ с}^{-1}$	$d_n, \text{ м}$	$\delta_n, \%$	$\omega_6, \text{ с}^{-1}$	$d_n, \text{ м}$	$\delta_n, \%$
51,91	0,1614	0,10	52,66	0,1710	0,56	47,65	0,2127	0,84
78,99	0,1616	0,22	76,82	0,1725	1,47	75,98	0,2142	1,58
112,28	0,1613	0,05	106,42	0,1724	1,40	104,30	0,2140	1,48
141,27	0,1613	0,05	146,03	0,1682	-1,05	138,90	0,2041	1,63

ВЫВОДЫ

1. Применение инкрементальных энкодеров для измерения кинематических параметров наматывания пряжи на вал партионной сновальной машины обеспечивает повышение точности косвенных измерений.

2. Для достижения заданной точности измерений необходимо использовать энкодеры с разрешением, зависящим от скорости снования и выбранного времени счета импульсов.

3. Физическое моделирование фрикционного взаимодействия сновального и укатывающего валов подтвердило возможность использования сопряженных с валами инкрементальных энкодеров для осуществления косвенных измерений кинематических параметров наматывания нитей на партионной сновальной машине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулида Н.А., Линькова Л.В., Кулида А.Н. Косвенные измерения параметров намотки пряжи на партионной сновальной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 1. С. 67...72.
2. Кулида Н.А., Демидов Н.А. Погрешность оценки напряженно-деформированного состояния сновальной паковки на основе кинематических параметров наматывания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 2. С.100...107.
3. Измерения в электронике: Справочник / В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских и др. Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 20.12.11.