

УДК 677.053.001.5:621.01

НАМОТКА НИТЕЙ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОГО КЛИНОРЕМЕННОГО ВАРИАТОРА СНОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ТИПА СП

К.Д. ДЖАМАНКУЛОВ, Г.В. АРХАНГЕЛЬСКИЙ, А.К. ДЖАМАНКУЛОВ

**(Кыргызский технический университет им. И. Раззакова,
Одесский технологический институт им. М.В. Ломоносова)**

Наматывание текстильных нитей в рулоны осуществляется при соблюдении определенных скоростных и силовых режимов намотки, которые обеспечиваются регулируемыми электродвигателями, гидравлическими передачами и управляемыми механическими вариаторами [1...3].

В [3] исследована динамика намотки с помощью вариаторного привода, который для получения требуемого скоростного

режима должен иметь систему автоматического управления. Представляется возможным осуществлять намотку при помощи автоматического клиноременного вариатора для сновальной машины типа СП [4] достаточно простого по конструкции (обладающего внутренним автоматизмом) и не требующего специальной электронной системы автоматического управления.

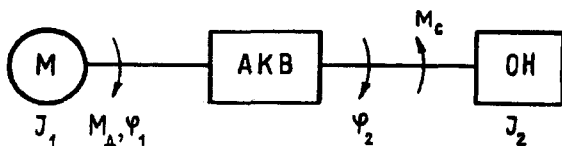


Рис. 1

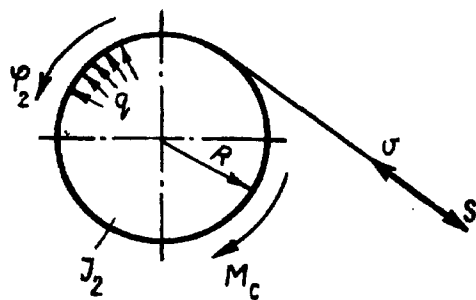


Рис. 2

Схема агрегата для намотки представлена на рис.1, где М – асинхронный электродвигатель; АКВ – автоматический клиноременный вариатор; ОН – объект намотки. Вариатор делит агрегат на две части: ведущую и ведомую с моментами инерции J_1 и J_2 . К ведущей системе приложен движущий момент M_d , а к ведомой – момент сил сопротивления M_c . Положение ведущей и ведомой систем агрегата определяется углами φ_1 и φ_2 .

клиноременный вариатор [5] с регулятором по моменту на ведомом шкиве. Данный тип вариатора при помощи регулятора по моменту обеспечивает стабилизацию мощности при меняющейся нагрузке, являясь трансформатором вращающего момента.

Объект намотки ОН – рис.2 имеет переменный радиус R и к нему приложено усилие натяжения S , создающее момент сопротивления $M_c = SR$. Большинство процессов намотки осуществляется при постоянной линейной скорости v нитей и постоянном усилии натяжения S . Таким образом, в период намотки обеспечивается постоянство мощности

$$N = vS = \text{const.} \quad (1)$$

Поскольку $S = \text{const}$, при намотке за счет увеличения R увеличивается момент сил сопротивления M_c . В то же время (с учетом $v = \text{const}$) происходит уменьшение угловой скорости $\dot{\varphi}_2 = v/R$ за счет возрастания R . Следовательно, для намотки нитей и обеспечения условия (1) в качестве привода необходимо использовать автоматический трансформатор вращающего момента, которым является автоматический

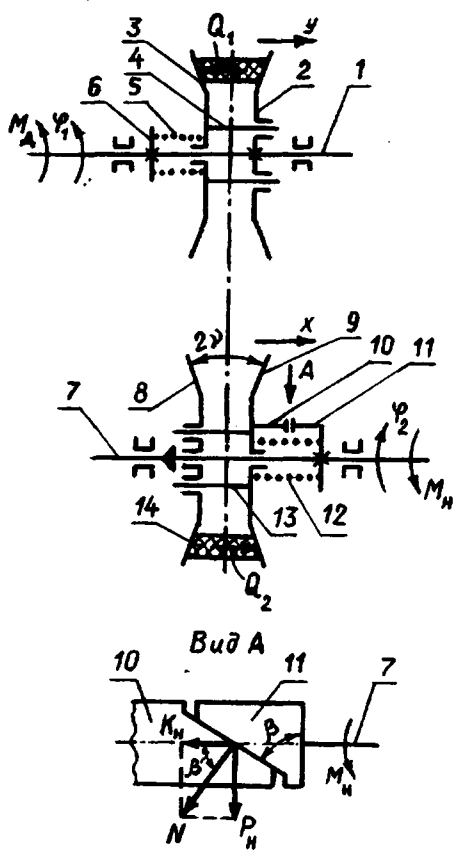


Рис. 3

На рис.3 изображена схема автоматического клиноременного вариатора. На ведущем валу 1 закреплен неподвижный диск 2. Подвижный диск 3 может совершать осевое перемещение y вдоль оси вала 1. Пальцы 4 предназначены для передачи вращающего момента на диск 3. Пружина сжатия 5 с одной стороны упирается на опорный диск 6, а с другой – на диск 3, прижимая таким образом диск вправо. На ведомом валу 7 установлены диски 8 и 9. С последним жестко связана кулачковая полумуфта 10, взаимодействующая с кулачковой полумуфтой 11, закрепленной на ведомом валу. Пружина сжатия 12 стремится сблизить диски. Вращающий момент от вала 7 передается через кулачковую муфту на диск 9 и далее через пальцы 13 на диск 8. Передача движения между шкивами совершается при помощи клинового ремня 14. Принцип действия вариатора основан на том, что распорные усилия Q_1 и Q_2 , создаваемые ремнем на ведущем и ведомом шкивах, уравниваются соответственно усилием пружины ведущего шкива и осевой силой K_H , создаваемой кулачковой муфтой, выполняющей функции регулятора по моменту, а также силой пружины ведомого шкива.

Возрастание момента нагрузки M_H , приложенного к ведомому валу, вызывает увеличение усилия $K_H = (M_H/r)\text{ctg}\beta$, где r – радиус взаимодействия кулачков полумуфт; β – угол наклона кулачков по отношению к плоскости вращения шкива (рис.3). При этом усилие K_H и сила пружины становятся больше Q_2 и подвижный диск 9 совершает осевое перемещение x , при котором клиновой ремень 14 переходит на ведомом шкиве на больший диаметр, а на ведущем, преодолевая усилие пружины, на меньший диаметр, что вызывает увеличение передаточного отношения и до тех пор, пока не устанавливается равновесие

$$M_H = M_{Дu}. \quad (2)$$

Рассмотрим динамику работы агрегата для намотки с автоматическим клиноре-

менным вариатором. Приведенный момент инерции ведущей системы $J_1 = \text{const}$, а ведомой J_2 состоит из постоянной J_0 (момент инерции пустого сновального вала) и переменной составляющих объекта намотки $J(\varphi_2)$:

$$J_2 = J(\varphi_2) + J_0,$$

$$\text{где } J(\varphi_2) = C\varphi_2^2 + D\varphi_2^3 + E\varphi_2^4. \quad (3)$$

Здесь C, D, E – величины постоянные, вычисляемые согласно [6].

Рассматриваемый вариатор представляет неголономную систему, в которой между ведущим и ведомым шкивами имеется связь

$$\dot{\varphi}_1 = u\dot{\varphi}_2. \quad (4)$$

Используя [7] и [8], получим дифференциальные уравнения движения агрегата для намотки с данным типом вариатора:

$$\begin{aligned} & \ddot{\varphi}_{ш} (J_1 u^2 + J_2^0) + \dot{\varphi}_{ш} \ddot{y} J_1 u u^1 - \\ & - \ddot{y} b J_2 - \dot{y}^2 b^1 J_2 = M_{Дu} - M_c, \quad (5) \\ & - \ddot{\varphi}_{ш} b J_2 + \ddot{y} (J_2 b^2 + m_1 + m_2 a^2) + \\ & + \dot{y}^2 (J_2 b b^1 + m_2 a a^1) - C_1 (\lambda_1 - y) + \\ & + C_2 [\lambda_2 - C_0(y)] a(y) = \\ & = M_c b - (Q_1 - Q_2 a), \end{aligned}$$

где $\varphi_{ш}$ – угол поворота ведомого шкива; $x = C_0(y)$; $a = a(y) = -dx/dy$; $b = b(y) = (-a/r)\text{ctg}\beta/r$; C_1, C_2, λ_1 ; λ_2 – коэффициенты жесткости и предварительные деформации пружин ведущего и ведомого шкивов; m_1, m_2 – массы подвижных дисков ведущего и ведомого шки-

вов; $J_2^0 = J_2 + J_{ш}$; $J_{ш}$ – момент инерции ведомого шкива.

Первое уравнение системы (5) описывает поведение агрегата во вращательном движении, а второе – перемещение системы подвижных дисков шкивов. Зависимости $x = C_0(y)$, $a = a(y)$, $u = u(y)$ приведены в [5]. Момент сил сопротивления $M_c = SR$, где R в первом приближении изменяется при намотке в зависимости от угла φ_2 поворота объекта намотки (сновальной паковки) по закону [6]:

$$R = R_H + a_2\varphi_2,$$

где $R_H = R(0)$; a_2 – константа.

При изучении процессов намотки движущий момент можно задавать по статической характеристике приводного электродвигателя. Необходимо отметить, что усилия Q_1 и Q_2 являются реакциями связей, которые не удовлетворяют условию идеальности и поэтому входят в дифференциальные уравнения. Вследствие работы регулятора по моменту имеет место поворот ведомого шкива относительно вала:

$$\dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_{ш} - b\dot{y}. \quad (6)$$

Так как $(m_1 + m_2 a^2) \ll J_0 b^2$, то слагаемыми, пропорциональными m_1 и m_2 , для практических расчетов можно пренебречь. Тогда второе уравнение системы (5) запишется так:

$$-\ddot{\varphi}_{ш} b J_2 + \ddot{y} b^2 J_2 + \dot{y}^2 b b^1 J_2 - P_1 + P_2 a = M_c b - (Q_1 - Q_2 a), \quad (7)$$

где $P_1 = C_1(\lambda_1 - y)$; $P_2 = C_2[\lambda_2 - C_0(y)]$.

В выражении (7) слагаемые $-\ddot{\varphi}_{ш} b J_2 + \ddot{y} b^2 J_2 + \dot{y}^2 b b^1 J_2 = -b\ddot{\varphi}_2 J_2$ и тогда члены $(M_c + J_2 \ddot{\varphi}_2) \text{ctg} \beta / r = K_H$ представляют собой осевое усилие K_H , развиваемое регулятором по моменту под действием момента нагрузки:

$$M_H = M_c + J_2 \ddot{\varphi}_2.$$

С учетом вышеизложенного (7) будет иметь вид

$$(K_H + P_2 - Q_2)a = P_1 - Q_1. \quad (8)$$

Уравнение (8) свидетельствует о связи между усилиями K_H, P_1, P_2, Q_1, Q_2 , под действием которых происходит автоматическое изменение угловой скорости ведомого шкива в зависимости от нагрузки.

Если же обеспечить давление $q = \text{const}$ (рис.2), то согласно [3] закон усилия натяжения S опишется выражением

$$S = (R_H + a_2\varphi_2)S_H/R_H,$$

где $S_H = S(0)$, и автоматический клиноременный вариатор не позволит создать $v = \text{const}$, так как $S = \text{const}$, и скорость намотки определится с помощью условия (1):

$$v = N/S.$$

Система дифференциальных уравнений (5) является нелинейной. Получить ее решение в общем виде не представляется возможным, поэтому целесообразнее воспользоваться ЭЦВМ.

ВЫВОДЫ

Установлено, что в системе привода намоточных устройств целесообразно использовать автоматические клиноременные вариаторы с регулятором по моменту, обладающие внутренним автоматизмом и позволяющие стабилизировать скоростной режим намотки, так как они являются автоматическими трансформаторами вращающего момента. Динамика намоточного агрегата с данным типом вариатора описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений (5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбников С.И. Автоматическое управление намоткой. – М.: Энергия, 1972.
2. Кэмпбелл Д.П. Динамика процессов химической технологии. – М.: Госкомхимиздат, 1982.
3. Архангельский Г.В., Джаманкулов К.Д., Рачек И.Ю. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №5. С.87...90.
4. А.с. №1796705 СССР. Сновальная машина / К.Д. Джаманкулов, Г.В. Архангельский, А.К. Джаманкулов. – Оpubл. 1993. Бюл. №7.

5. Архангельский Г.В. / Теория механизмов и машин. – Харьков, 1981, вып.30. С.82...86.
6. Бессонов А.П. Основы динамики механизмов с переменной массой звеньев. – М.: Наука, 1967.
7. Архангельский Г.В. / Теория механизмов и машин. – Харьков, 1982, вып.32. С.72...75.
8. Минчев Н.Д. // Машиноведение. – 1977, №1. С.27...32.

Рекомендована кафедрой основ конструирования машин КТУ им. И. Раззакова. Поступила 26.12.00.
