

# АДАПТИВНО - ИНВАРИАНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ СВЯЗАННОГО ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

УДК 621.34:677

## ЯКИМЧУК Георгий Сергеевич

кандидат технических наук, профессор кафедры технической кибернетики  
Херсонского национального технического университета.

**Научные интересы:** - автоматизированные электромеханические системы.

## КИРИЛЛОВ Олег Леонидович

кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники Херсонского национального технического университета.

**Научные интересы:** применение ЭВМ для расчетов электрических и магнитных полей;  
системы автоматического управления технологическими объектами.

## ДОН Наталья Леонидовна

к.ф.-м.н., доцент кафедры энергетики, электротехники и физики.

**Научные интересы:** возобновляемые источники энергии.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Целью работы является составление математического обоснования построения системы управления частотно – регулируемые, технологически связанными электродвигателями, на основании которого осуществляется доказательство необходимости использования адаптивного регулирования натяжения нити в зависимости от изменения радиуса и инвариантности при согласовании линейных скоростей.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Функциональная схема навивающего устройства, применительно к шлихтовальной машине приведена на рис.1. Устройство предназначено для осуществления транспортирования и формирования ткацких навоев ТН из ошлихтованных нитей основы, используемых в ткацких станках [1].

Вся технологическая часть машины, в том числе выпускные валы ВВ, приводятся в движение от электродвигателя Д<sub>1</sub> посредством мажорного вала через редуктор Р<sub>1</sub>, а вращение ткацкого навоя ТН осуществ-

ляется от электродвигателя Д<sub>2</sub> через редуктор Р<sub>2</sub>. Оба двигателя питаются от тиристорного преобразователя частоты, соответственно ТПЧ<sub>1</sub> и ТПЧ<sub>2</sub>.

Для управления линейной скоростью движения основных нитей V<sub>1</sub>, что определено технологией шлихтования, предусмотрен блок управления БУВ, выходной сигнал U<sub>c</sub> из которого одновременно поступает в электроприводы: мажорного вала W<sub>п1</sub> и ткацкого навоя W<sub>п2</sub>, а для поддержания постоянства окружной скорости V<sub>2</sub> и натяжения F нитей на участке выпускные валы – ткацкий навой (ВВ - ТН) служит блок регулирования натяжения БРФ. На этот блок подается задание U<sub>f</sub> по натяжению и сигнал отрицательной обратной связи U<sub>fo</sub> от датчика натяжения ДФ.

При частотном регулировании скорость вращения асинхронных двигателей, питающихся от тиристорных преобразователей частоты, управляется частотой питающегося напряжения, а та – частотой задающего генератора. Тогда частота задающего генератора привода мажорного вала будет определяться:

$$f_{Г1} = \frac{3P_{П}}{2\pi} \omega_1 = \frac{3F_{П}}{2\pi} \cdot \frac{V_1}{R_B} \cdot i = K_{Г1} \cdot U_{CV}, \quad (1)$$

где  $P_{\Pi}$  — число пар полюсов двигателя  $D_i$ ;  $\omega_1$  — скорость вращения двигателя  $D_i$ ;  $R_B$  — радиус выпускных валов;  $i$  — передаточное число редуктора;  $K_{\Gamma 1}$  — коэффициент передачи задающего генератора;  $U_{CV}$  — согласующее напряжение по линейной скорости.

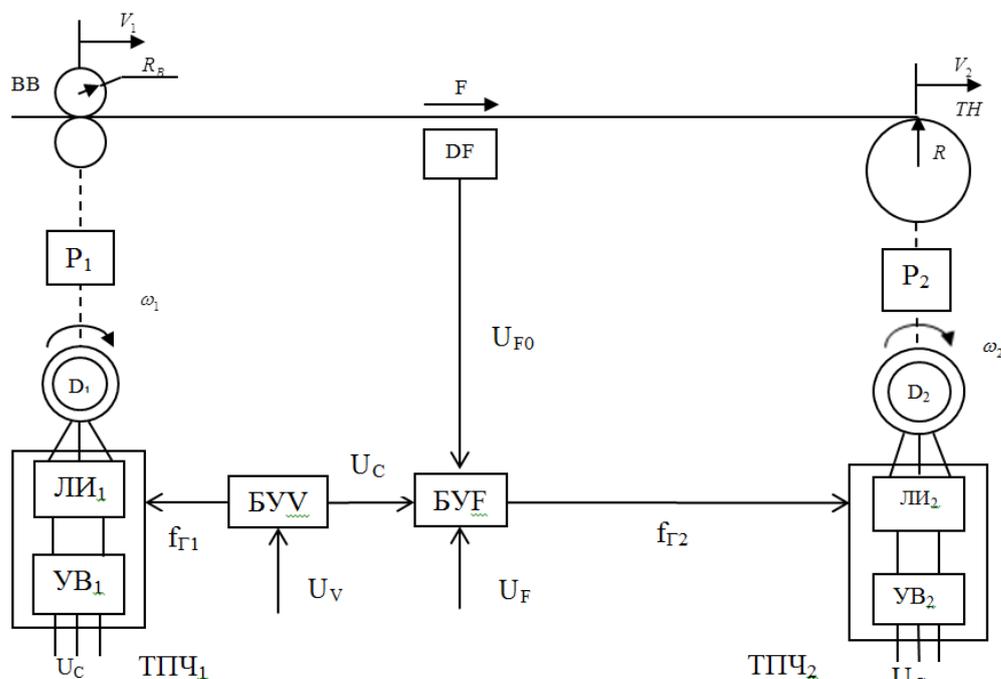


Рисунок 1 - Функциональная схема двухдвигательного навивающего устройства

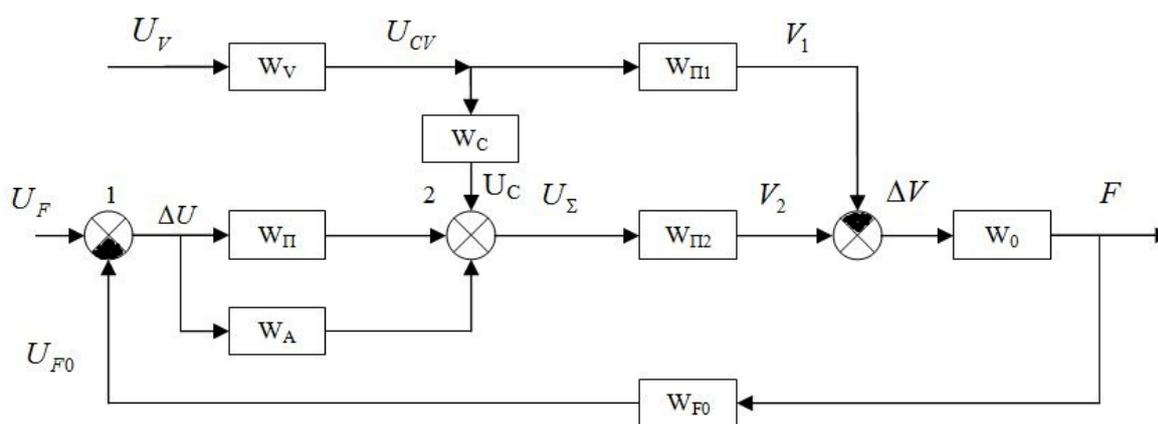


Рисунок 2 - Упрощенная эквивалентная структурная схема управления навивающим устройством

Иной принцип управления заложен в системе привода навоём. Так как в процессе формирования поковки ткацкого навоя увеличивается его радиус  $\uparrow R_H$  то для поддержания постоянства  $V_2$  и  $F$  в схеме ТПЧ<sub>2</sub> используется специальный задающий генератор, который имеет два входа  $U_1$  и  $U_2$ . Выходная частота его находится в зависимости:

$$f_{\Gamma 2} = K_{\Gamma 2} \cdot \frac{U_1}{U_2}, \quad (2)$$

где  $K_{\Gamma 2}$  — коэффициент передачи генератора, что соответствует скорости вращения  $D_2$ :

$$\omega_2 = i_2 \cdot \frac{V_2}{R_H}, \quad (3)$$

где  $i_2$  — передаточное число редуктора  $P_2$ .

Если в схеме управления приводом навоя сформировать сигналы  $U_1 \cong V_1$  и  $U_2 = R_H$ , то скорость  $V_2$  и натяжение  $F$  не будут зависеть от изменения радиуса.

С этой целью в БРФ параллельно с каналом пропорционального регулирования  $W_{\Pi}$  включена адаптивная интегрирующая цепочка  $W_A$  с запоминающимся уровнем выходного сигнала  $U_2$ , что показано на упрощенной структурной схеме рис.2. Такая цепочка корректирует коэффициент передачи задающего генератора и тем самым компенсирует влияние нарастания радиуса навоя (параметра объекта управления).

На этой схеме элементы системы представлены передаточными функциями:

- объекта управления – нитей основы на участке ВВ – ТН

$$W_{0(p)} = \frac{\Delta F(p)}{\Delta V(p)} = \frac{K_{\varepsilon}}{T_{\varepsilon} p + 1}, \quad (4)$$

где  $K_{\varepsilon} = E \cdot s / V_1$  – коэффициент передачи;  $E$  – модуль упругости;  $s$  – площадь сечения всех нитей;  $T_{\varepsilon} = \frac{L}{V_1}$  – постоянная времени;  $L$  – длина нитей на участке ВВ – ТН;

- выпускных валов

$$W_{B(p)} = \frac{\Delta V_{1(p)}}{\Delta \omega_{1(p)}} = \frac{R_B}{i_1} = K_B, \quad (5)$$

где  $i_1$  – передаточное число редуктора  $P_1$ ;

- ткацкого навоя

$$W_{H(p)} = \frac{\Delta V_{2(p)}}{\Delta \omega_{2(p)}} = \frac{R_0}{i_2} \cdot \rho = K_H, \quad (6)$$

где  $R_0$  – радиус ствола навоя;  $\rho = R_H / R_0$ ;  $i_2$  – передаточное число редуктора  $P_2$ ;

- электромеханического каскада асинхронных двигателей

$$W_{M1(p)} = \frac{\Delta \omega_{1(p)}}{\Sigma \Delta M(p)} = \frac{1}{J'_1 p}, \quad (7)$$

$$W_{M2(p)} = \frac{\Delta \omega_{2(p)}}{\Sigma \Delta M(p)} = \frac{1}{J'_2 p}, \quad (8)$$

где  $J'_1$  и  $J'_2$  – приведенные моменты всех подвижных частей приводов мажорного вала и ткацкого навоя, соответственно;

- электромагнитного каскада асинхронных двигателей

$$W_{\varepsilon(p)} = \frac{\Delta M(p)}{\Delta S(p)} = \frac{2 \cdot M_{K3} / S_K}{T_{\varepsilon} p + 1}, \quad (9)$$

где  $M_{K3}$  и  $S_K$  – критические моменты и скольжения соответствующих двигателей  $D_1$  и  $D_2$ ;  $T_{\varepsilon} = L_3 / R$  – электромагнитная постоянная времени этих электродвигателей;  $L_3$  и  $R$  – индуктивности и активные сопротивления обмотки двигателей;

- частотных преобразователей

$$W_{f(p)} = \frac{\Delta \omega(p)}{\Delta f_{\Gamma(p)}} = \frac{2 \cdot \pi}{3 P_{\Gamma}}, \quad (10)$$

где  $P_{\Gamma}$  – число пар полюсов двигателей  $D_1$  и  $D_2$ , соответственно;

- пропорционального канала регулирования

$$W_{\Pi(p)} = \frac{\Delta U_{1(p)}}{\Delta U(p)} = K_{\Pi}, \quad (11)$$

где  $\Delta U = U_F - U_{F0}$  – погрешность процесса регулирования натяжения;

- адаптивной цепочки

$$W_{\Gamma(p)} = \frac{\Delta U_{2(p)}}{\Delta U(p)} = \frac{K_A}{\rho} \cdot \frac{U_{D1}}{U_{D2}}, \quad (12)$$

где  $K_A$  – коэффициент передачи адаптивной цепочки;  $u_1$  и  $u_2$  – начальные напряжения по первому и второму входу задающего генератора;

- звена формирования темпа разгона механизма

$$W_{V(p)} = \frac{\Delta U_{C(p)}}{\Delta U_{V(p)}} = \frac{K_V}{T_V p + 1}, \quad (13)$$

где  $K_V$  – коэффициент передачи и постоянная времени, определяемая режимом работы машины;

- периодическая функция согласующего звена  $\odot$

определяется после исследования всей системы на инвариантность отклонения натяжения  $\Delta$  в процессе изменения линейной скорости транспортирования основных нитей. Для этого, в соответствии со схемой (рис.2), система уравнений ее элементов имеет вид. Все величины взяты в приращениях и операционном виде

$$\left. \begin{aligned} \Delta F &= W_0 \cdot \Delta V \\ \Delta V &= V_L - V_1 \\ V_1 &= W_{\Pi 1} \cdot U_C \\ V_2 &= W_{\Pi 2} \cdot U_{\Sigma} \\ U_{\Sigma} &= (W_{\Pi} + W_A) \Delta U + W_C \cdot U_C \\ \Delta U &= U_F - U_{F0} \\ U_C &= W_V \cdot \Delta U_V \\ U_{C0} &= W_{F0} \cdot \Delta F \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Решение уравнений этой системы относительно погрешности  $\Delta$ , имеет вид:

$$\Delta U = \frac{U_F - (W_{F0} \cdot W_0 \cdot W_C \cdot W_V - W_{F0} \cdot W_0 \cdot W_{П1} \cdot W_V) U_V}{1 + W_{F0} \cdot W_0 \cdot W_{П2} \cdot (W_{П1} + W_A)} \quad (15)$$

Так как в инвариантной системе автоматического регулирования этой погрешности не должно быть, т.е.

$\Delta = 0$ , тогда числитель (15) принимает вид:

$$U_F - (W_{F0} \cdot W_0 \cdot W_C \cdot W_V - W_{F0} \cdot W_0 \cdot W_{П1} \cdot W_V) U_V = 0 \quad (16)$$

Принимая, что на систему действует только возмущающее воздействие, а задающее  $= 0$ , условие абсолютной инвариантности примет вид:

$$W_C = W_{П1} \quad (17)$$

Так как схема, описываемая передаточной функцией, включена в слаботочную часть системы управле-

ния, то она легко реализуема при помощи корректирующих звеньев, построенных на использовании, , , — элементов.

### ВЫВОДЫ

Показано, что использование частотно – регулируемых асинхронных приводов для наматывающих устройств, является возможным.

Однако для этого нужно использовать адаптивное регулирование по росту радиуса навоя и инвариантное управление по согласованию скоростей двигателей мажорного вала и ткацкого навоя.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Borodin A.I., Borodin V.A. Preparation of basic yarn to weaving. - М.: Easy industry, 1978. - 224 p.
2. Jakimchuk S.G. System of the automatic electric frequency-managed twomotive drive with the in-out parameters // of Announcer of Kremenchug SPU, 2003.-№19.-С.140-141.
3. Jakimchuk S.G, Kitayev V. A. the Frequency-managed electromechanic of навивающего device // of Information institute of higher. Electromechanics, 1986.-№2.-С.82-88.
4. Jakimchuk S.G., Kirillov O.L., Boyarchuk V. P. Research of flow diagram of control system by a twomotive automatic electric drive with in-out parameters // Announcer HTU the "Kharkiv polytechnic institute", 2010.-№28.-С.240-241.