

УДК 62-501.7:677.057:658.011.56

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОСВЕННОЙ КОРРЕКЦИИ НЕСИММЕТРИИ АВТОКОЛЕБАНИЙ
В РЕЛЕЙНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ
УРОВНЕМ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЕ**

**THE ANALYSIS OF EFFICIENCY
OF INDIRECT CORRECTION OF ASYMMETRY OF SELF-OSCILLATIONS
IN THE RELAY CONTROL SYSTEM OF THE LEVEL
OF TEXTILE MATERIAL IN THE TECHNOLOGICAL MACHINE**

В.П. АЛЕКСАНДРОВ, С.М. КУЛАГИН
V.P. ALEKSANDROV, S.M. KULAGIN

**(АО "Ивэлектроналадка",
Ивановский государственный политехнический университет)
(АО "Ivelectronaladka",
Ivanovo State Polytechnical University)
E-mail: 89109843671@mail.ru; kulagin-stanislav@mail.ru).**

Рассмотрены возможные варианты компенсации влияния внешних и параметрических возмущающих воздействий на работу релейной системы управления уровнем текстильного материала в технологической машине, основанные на стабилизации разности или отношения линейных скоростей текстильного материала на входе и выходе технологической машины.

Possible options of compensation of influence of the external and parametrical revolting impacts on work of a relay control system of the level of textile material in the technological machine, the differences based on stabilization or the relations of linear speeds of textile material on an entrance and an exit of the technological machine are considered.

Ключевые слова: текстильный материал, релейная система управления, уровень, автоколебания, несимметрия, косвенная коррекция.

Keywords: textile material, relay control system, level, self-oscillations, asymmetry, indirect correction.

Актуальная задача обеспечения необходимой длительности пребывания в зоне обработки текстильного материала (ТМ), транспортируемого в свободном состоянии, решается при заданной линейной скорости текстильного материала поддержанием его количества (длины) в технологической машине непрерывного действия (ТМНД).

Наиболее простым и надежным техническим решением для стабилизации количества ТМ в ТМНД является релейная система управления уровнем текстильного материала (РСУУТМ) [1], [2], релейный элемент (РЭ) которой, как правило, имеет характеристику двухпозиционного реле с гистерезисом [3].

Для подобной РСУУТМ характерен режим автоколебаний с параметрами:

$$V_{1\max} = V_2(1+m_\varepsilon) + \Delta V \uparrow, \quad (1)$$

$$V_{1\min} = V_2(1+m_\varepsilon) - \Delta V \downarrow, \quad (2)$$

где $V_{1\max}$ – максимальное значение линейной скорости V_1 ТМ на входе ТМНД, м/с; $V_{1\min}$ – минимальное значение линейной скорости V_1 ТМ на входе ТМНД, м/с; V_2 – линейная скорость ТМ на выходе ТМНД, м/с; m_ε – математическое ожидание усадки ε ТМ в процессе обработки; $\Delta V \uparrow$ – устанавливаемое РЭ увеличение линейной скорости V_1 ТМ на входе ТМНД, м/с; $\Delta V \downarrow$ – устанавливаемое РЭ уменьшение линейной скорости V_1 ТМ на входе ТМНД, м/с.

Если $\Delta V \uparrow = \Delta V \downarrow$, а $V_2 = \text{const}$, то среднее значение линейной скорости V_1 ТМ на входе ТМНД равно:

$$V_{1\text{cp}} = 0,5 (V_{1\max} + V_{1\min}) = V_2(1+m_\varepsilon), \quad (3)$$

при этом автоколебания в РСУУТМ оказываются симметричными, то есть с минимальным периодом колебаний $\tau = \tau_{\min}$ и с выраженными полупериодами [3].

Наличие внешних и/или параметрических возмущающих воздействий вследствие неправильной исходной настройки линейных скоростей $V_{1\max}$ и $V_{1\min}$, износа транспортирующих ТМ рабочих органов ТМНД, изменения проскальзывания ТМ в рабочих органах ТМНД и т.п. приводит к

несимметрии автоколебаний в РСУУТМ. При этом становится несправедливым соотношение (3), $\tau > \tau_{\min}$ с отсутствием полупериодов, а это эквивалентно неравенству $\Delta V \uparrow \neq \Delta V \downarrow$, что ведет в итоге к неработоспособности РСУУТМ [3], когда

$$V_{1\max} < V_2(1+m_\varepsilon), \quad (4)$$

или

$$V_{1\min} > V_2(1+m_\varepsilon). \quad (5)$$

В результате создается аварийная ситуация, так как ТМНД может быть переполнена ТМ или полностью опорожнена.

В [4...6] предложен, обоснован и смоделирован косвенный способ восстановления симметрии автоколебаний в РСУУТМ за счет контроля линейных скоростей V_1 и V_2 ТМ и стабилизации разности $V_1 - V_2$, а влияние внешних и параметрических возмущающих воздействий учтено как эквивалентное дополнительное изменение линейной скорости V_2 на величину $\Delta V_{2в}$, на которую затем предполагается корректировать линейную скорость V_1 ТМ.

Функциональная схема устройства [5], реализующего предлагаемый принцип косвенной стабилизации симметрии автоколебаний в РСУУТМ, приведена на рис. 1.

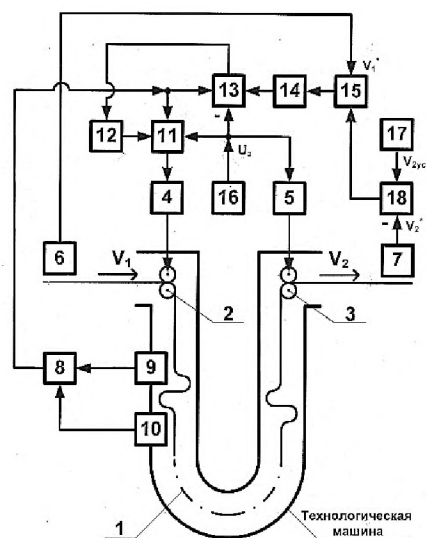


Рис. 1

Здесь ТМ 1 подается в ТМНД рабочими органами 2 с приводом 4, а выбирается из ТМНД рабочими органами 3 с приводом 5. Линейные скорости V_1 и V_2 ТМ измеряются

датчиками линейной скорости соответственно 6 и 7. К РЭ 8 подключены датчик 9 максимального уровня ТМ и датчик 10 минимального уровня ТМ в ТМНД. Кроме того, устройство содержит сумматор 11, усилитель 12, сумматор 13, усилитель 14, сумматор 15, задающий блок 16, блок задания линейной скорости V_2 17 и сумматор 18. Дублирующая функция блока задания линейной скорости V_2 17 при наличии общего задающего блока 16 представляется сомнительным решением.

Рассмотрим работу данного регулятора, допуская для простоты, что усадка ТМ 1 в процессе обработки $\varepsilon = 0$, исходная настройка РСУУТМ выполнена строго по соотношениям (1)...(3), эквивалентное возмущающее воздействие $\Delta V_{2в} = 0$, а измерение линейных скоростей V_1 и V_2 ТМ1 осуществляется с абсолютной точностью, то есть

$$V_1^* = V_1, \quad (6)$$

$$V_2^* = V_2 = V_{2уст}, \quad (7)$$

где V_1^* и V_2^* – измеренные значения линейных скоростей соответственно V_1 и V_2 ; м/с; $V_{2уст}$ – заданное значение линейной скорости ТМ 1 V_2 , м/с.

$$U_{11} = U_{12} + U_3 \pm U_c = (V_1 K_{14} - U_3 \pm U_c) K_{12} + U_3 \pm U_c. \quad (13)$$

Очевидно, что $K_{14} = 1/K_{4-2} = U_3/V_1$, где K_{4-2} – коэффициент передачи привода 4 с рабочими органами 2, м/В·с, поэтому выражение (13) принимает вид:

$$U_{11} = \pm U_c K_{12} + U_3 \pm U_c. \quad (14)$$

Сигнал U_3 на выходе задающего блока 16 определяет величину $V_{1ср}$ и V_2 , а сигнал $\pm U_c$ на выходе РЭ 8 определяет величины $\Delta V \uparrow$ и $\Delta V \downarrow$, поэтому значение сигнала U_{11} на выходе сумматора 11 (на входе привода 4) должно соответствовать соотношению:

$$U_{11} = U_3 \pm U_c, \quad (15)$$

что возможно лишь при $K_{12} = 0$ в формуле (14), то есть при разрыве корректирующего

При указанных допущениях сигнал U_{18} на выходе сумматора 18 равен:

$$U_{18} = V_{2уст} - V_2 = V_{2уст} - V_{2уст} = 0, \quad (8)$$

сигнал U_{15} на выходе сумматора 15 равен:

$$U_{15} = V_1 + U_{18} = V_1, \quad (9)$$

сигнал U_{14} на выходе усилителя 14 равен:

$$U_{14} = U_{15} K_{14} = V_1 K_{14}, \quad (10)$$

где K_{14} – коэффициент передачи усилителя 14, В·с/м,

сигнал U_{13} на выходе сумматора 13 равен:

$$U_{13} = U_{14} - U_3 + U_8 = V_1 K_{14} - U_3 \pm U_c, \quad (11)$$

где U_3 – сигнал на выходе задающего блока 16, В; U_c – сигнал на выходе РЭ 8, В,

сигнал U_{12} на выходе усилителя 12 равен:

$$U_{12} = U_{13} K_{12} = (V_1 K_{14} - U_3 \pm U_c) K_{12}, \quad (12)$$

где K_{12} – коэффициент передачи усилителя 12,

сигнал U_{11} на выходе сумматора 11 (или на входе привода 4) равен:

канала, следовательно, функциональная схема рассматриваемого устройства [5], призванного обеспечить стабилизацию симметрии автоколебаний в РСУУТМ, содержит принципиальную ошибку.

По аналогии при эквивалентном возмущающем воздействии $\Delta V_{2в} \neq 0$ находим выходной сигнал U_{11} на выходе сумматора 11 (на входе привода 4) в виде:

$$U_{11} = (-\Delta V_{2в} U_3 / V_1 \pm U_c) K_{12} + U_3 \pm U_c. \quad (16)$$

Однако для обеспечения компенсации $\Delta V_{2в}$ необходима следующая зависимость U_{11} :

$$U_{11} = \Delta V_{2в} U_3 / V_1 + U_3 \pm U_c, \quad (17)$$

поэтому, сравнивая выражения (16) и (17), можно заключить, что устройство [5] (рис. 1) не может обеспечить компенсацию возмущающих воздействий, следовательно, результаты моделирования РСУ-УТМ, приведенные в [4], [6], не в полной мере соответствуют указанной на рис. 1 функциональной схеме устройства.

На рис. 2 предложен иной вариант исполнения функциональной схемы устройства, реализующего принцип косвенной стабилизации симметрии автоколебаний в РСУУТМ за счет поддержания разности или отношения линейных скоростей V_1 и V_2 ТМ 1. Здесь условные обозначения 1...10 идентичны условным обозначениям рис. 1. Дополнительно устройство содержит задающий блок 11, сумматор 12 и блок коррекции 13.

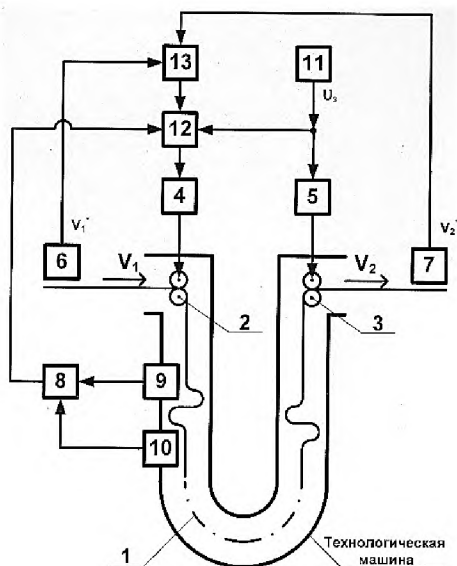


Рис. 2

Задающий блок 11 формирует задающий сигнал U_3 с целью выполнения соотношения (3), а сигнал $\pm U_c$ на выходе РЭ 8 определяет величины $\Delta V \uparrow$ и $\Delta V \downarrow$ изменения линейной скорости V_1 ТМ 1 при достижении соответственно нижнего и верхнего значений уровня ТМ 1 в технологической машине. Для $\Delta V_{2в}=0$ выходной сигнал U_{12} на выходе сумматора 12 (на входе привода 4) соответствует соотношению:

$$U_{12} = U_3 \pm U_c. \quad (18)$$

При $\Delta V_{2в} \neq 0$ соотношение (3) нарушается, для его восстановления необходимо изменить величину V_{1cp} на ΔV_1 , то есть

$$V_{1cp} + \Delta V_1 = (V_2 + \Delta V_{2в})(1 + m_\varepsilon), \quad (19)$$

откуда с учетом соотношения (3) находим:

$$\Delta V_1 = \Delta V_{2в}(1 + m_\varepsilon). \quad (20)$$

В результате блок коррекции 13 формирует на своем выходе сигнал:

$$U_{13} = \Delta V_{2в}(1 + m_\varepsilon)U_3/V_1, \quad (21)$$

а сигнал U_{12} на выходе сумматора 12 (или на входе привода 4) принимает вид:

$$U_{12} = \Delta V_{2в}(1 + m_\varepsilon)U_3/V_1 + U_3 \pm U_c. \quad (22)$$

Таким образом, линейные скорости V_1 и V_2 изменяются по величине согласованно, причем независимо от места приложения возмущающего воздействия, то есть коррекция величины V_1 произойдет и в том случае, если под действием возмущений величина V_1 изменится.

Данный вариант устройства основан на известных технических решениях, позволяет корректно реализовать процесс косвенной стабилизации симметрии автоколебаний в РСУУТМ, но вместе с тем имеет ряд принципиальных недостатков:

- во-первых, точная исходная настройка РСУУТМ невозможна без непосредственного контроля несимметрии автоколебаний, а точное измерение линейной скорости ТМ в зоне обработки представляет собой чрезвычайно серьезную техническую проблему, особенно в случае транспортирования ТМ свободным жгутом, поэтому несимметричные колебания в РСУУТМ при косвенной коррекции неизбежны;
- во-вторых, усадка отдельных кусков ТМ $\varepsilon \neq m_\varepsilon$, что способствует возникновению несимметрии автоколебаний в РСУУТМ, в частности при смене артикула обрабатываемого ТМ;
- в-третьих, применение датчиков линейной скорости ТМ лишь существенно

усложняет РСУУТМ и снижает ее надежность, но не решает задачу полного устранения несимметрии автоколебаний.

Таким образом, перспективным направлением создания релейных систем управления уровнем текстильного материала в технологических машинах безусловно является разработка и применение способов непосредственного контроля и компенсации несимметрии автоколебаний.

ВЫВОДЫ

Косвенная коррекция несимметрии автоколебаний в релейной системе управления уровнем текстильного материала в технологической машине ведет к усложнению и удорожанию системы управления, но принципиально не может обеспечить высокую степень компенсации внешних возмущающих воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. СССР № 220217. Машина для многооперационной жидкостной обработки полотна в жгуте / Зельдин Ю.Р., Щеголев А.И., Панков А.Е. В05С03/13. Заявитель и патентообладатель: Научно-исследовательский, экспериментально-конструкторский машиностроительный институт. – Заявл. 07.01.1966, опубл. 05.06.1972 – 4 с., ил.

2. А.с. СССР № 323662. Устройство для контроля уровня ткани в машинах отделочного текстильного производства / Семенов В.Н., Конькова М.Б., Корягин П.П. G01F23/10. D06C01/02. Заявитель и патентообладатель: Научно-исследовательский, экспериментально-конструкторский машиностроительный институт. – Заявл. 30.01.1967, опубл. 10.12.1971 – 3 с., ил.

3. Александров В.П., Глазунов В.Ф. Особенности построения локальных САУ транспортированием ткани свободным жгутом в технологических машинах непрерывного действия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №1. С.72...75.

4. Глазунов В.Ф., Филичев В.Т., Вилков П.В. Стабилизация времени обработки ткани в жгуте в оборудовании непрерывного действия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С. 128...131.

5. Патент на изобретение РФ № 2540571. Устройство стабилизации уровня ткани в технологической машине / Глазунов В.Ф., Филичев В.Т.,

Вилков П.В. В65Н51/20. Заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВПО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина". – Заявл. 19.07.2013, опубл. 10.02.2015 – 5 с., ил.

6. Филичев В.Т., Вилков П.В. Моделирование системы стабилизации уровня ткани в технологической машине // Мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Состояние и перспективы развития электротехнологии, (XVII Бенардосовские чтения), 29-31 мая. III том. Электротехника – Иваново. Изд. ИГЭУ. 2013. С. 51...53.

REFERENCES

1. A.s. SSSR № 220217. Mashina dlja mnogooperacionnoj zhidkostnoj obrabotki polotna v zhgute / Zel'din Ju.R., Shhegolev A.I., Pankov A.E. B05C03/13. Zayavitel' i patentoobladatel': Nauchno-issledovatel'skij, jeksperimental'no-konstruktorskij mashinostroitel'nyj institut. – Zayavl. 07.01.1966, opubl. 05.06.1972 – 4 s., il.

2. A.s. SSSR № 323662. Ustrojstvo dlja kontrolja urovnja tkani v mashinah otdelochnogo tekstil'no go proizvodstva / Semenov V.N., Kon'kova M.B., Korjagin P.P. G01F23/10. D06C01/02. Zayavi-tel' i patentoobladatel': Nauchno-issledovatel'skij, jeksperimental'no-konstruktorskij mashinostroitel'nyj institut. – Zayavl. 30.01.1967, opubl. 10.12.1971 – 3 s., il.

3. Aleksandrov V.P., Glazunov V.F. Osobennosti postroenija lokal'nyh SAU transportirovanem tkani svobodnym zhgutom v tehnologicheskijh mashinah nepreryvnogo dejstvija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1986, №1. S.72...75.

4. Glazunov V.F., Filichev V.T., Vilkov P.V. Stabilizacija vremeni obrabotki tkani v zhgute v oborudovanii nepreryvnogo dejstvija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2. S. 128...131.

5. Patent na izobretenie RF № 2540571. Ustrojstvo stabilizacii urovnja tkani v tehnologicheskoy mashine / Glazunov V.F., Filichev V.T., Vilkov P.V. B65N51/20. Zayavitel' i patentoobladatel': FGBOU VPO "Ivanovskij gosudarstvennyj jenergeticheskij universitet imeni V.I. Lenina". – Zayavl. 19.07.2013, opubl. 10.02.2015 – 5 s., il.

6. Filichev V.T., Vilkov P.V. Modelirovanie sistemy stabilizacii urovnja tkani v tehnologicheskoy mashine // Mat. Mezhdunar. nauchn.-tehn. konf.: Sostojanie i perspektivy razvitija jelektrotehnologii, (XVII Benardosovskie chtenija), 29-31 maja. III tom. Jelektrotehnika – Ivanovo. Izd. IG-JeU. 2013. S. 51...53.

Рекомендована кафедрой автоматике и радиотехники ИВГПУ. Поступила 05.12.16.