

УДК 681.511.4

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ
В СИСТЕМЕ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

**IMPROVEMENT OF QUALITY OF REGULATION
IN SYSTEM OF STABILIZATION OF PRODUCTIVITY
OF MACHINE UNITS WITH USE OF INDISTINCT SETS**

А.Д. СЕМЁНОВ, В.В. ВОЛКОВ, С.В. ВОЛКОВ, Н.К. ПАКУЛОВА, А.Б. НЕКРАШЕВИЧ
A.D. SEMENOV, V.V. VOLKOV, S.V. VOLKOV, N.K. PAKULOVA, A.B. NEKRASHEVICH

(Пензенский государственный технологический университет,
Ивановский государственный политехнический университет)
(Penza State Technological University,
Ivanovo State Polytechnical University)
E-mail: vvv@penzgtu.ru

Предлагается использовать нечеткий регулятор уровня для повышения качества регулирования в системе стабилизации производительности машинных агрегатов.

It is proposed to use indistinct level controller to improve the quality of regulation in the stabilization performance of machine units.

Ключевые слова: нечеткая логика, регулирование уровня, лингвистические правила.

Keywords: indistinct logic, level regulation, linguistic rules.

Системы машинных агрегатов, объединенных в организационно-технологические комплексы, широко используются в различных отраслях промышленности. Эффективная работа такой системы невозможна без согласованной работы машинных агрегатов, причем в первую очередь должны быть согласованы их производительности.

В настоящее время согласование работы машинных агрегатов по производительности в поточных линиях по переработке хлопка осуществляется за счет стабилизации уровня перерабатываемого продукта в накопительных бункерах агрегатов путем регулирования скорости подачи этого продукта в бункер.

Несмотря на кажущуюся простоту данного алгоритма согласования производительности, его реализация приводит к значительным колебаниям уровня в накопительных бункерах, что, как правило, обусловлено наличием большого транспортного запаздывания между агрегатами. В некоторых случаях величина этого запаздывания может на порядок превосходить постоянные времени системы стабилизации производительности.

Для преодоления трудностей, связанных с наличием большого запаздывания, машинные агрегаты оснащаются накопительными бункерами, а система регулирования производительности машинных агрегатов строится по каскадной схеме. В такой системе контроль уровня волокна в бункерах осуществляется применением двух- или трехпозиционных оптических датчиков уровня, а регулирование подачи волокна в бункер – путем двух- или трехпозиционного регулирования частоты вращения питающих органов, подающих это волокно.

Колебания уровня перерабатываемого продукта при таком регулировании приводят к колебаниям его плотности, а следовательно, и производительности, что в конечном итоге неблагоприятно сказывается на качестве конечного продукта [1].

Для уменьшения ошибки регулирования уровня в накопительном бункере предложено использовать нечеткий регулятор [2].

Экспериментальным путем были определены следующие параметры нечеткого регулятора, при которых результаты моделирования обеспечивают минимизацию ошибки регулирования: в регуляторе реализована нечеткая модель Мамдани, в качестве метода, реализующего логическое "И" над нечеткими множествами, используется метод минимума, импликация реализована также методом минимума, в качестве типа агрегации установлен метод максимума, в качестве метода дефазификации используется метод центра тяжести.

Для регулирования производительности машинных агрегатов нечеткий регулятор использует базу лингвистических правил, которая приведена в табл. 1, где h/h_{\max} – относительный уровень наполнения бункера (-1 – уровень меньше нормы, 0 – уровень в норме, 1 – уровень больше нормы); $Q_{\text{вых}}$ – относительная производительность; 2 – частота вращения питающих органов номинальная, 1 – частота вращения питающих органов пониженная, 0 – частота вращения питающих органов равна нулю).

Таблица 1

h/h_{\max}	-1	0	1
$Q_{\text{вых}}$	2	1	0

Результаты моделирования трехпозиционной системы регулирования уровня и нечеткой системы показали, что среднеквадратичное отклонение уровня относительно его максимального значения, равного максимальной высоте бункера, уменьшилось в 2,2 раза и составило 7,4% от максимальной высоты бункера.

При объединении агрегатов в поточную линию и каскадном включении регуляторов происходит взаимное влияние подсистем регулирования уровня отдельных агрегатов друг на друга. Исследование динамики подобных систем связано с исследованиями нелинейных эффектов синхронизации и захватывания.

Методом математического моделирования было проведено исследование динамики регулирования уровня в поточной линии по переработке хлопка. Экспериментальные данные агрегатов поточной линии представлены в табл. 2. В таблице приняты следующие обозначения: $Q_{\text{в}}$ – максимальная производительность, $Q_{\text{н}}$ – минимальная производительность, Q_0 – средняя производительность поточной линии.

По данным табл. 2 была построена каскадная система трехпозиционного регулирования уровня в данных агрегатах – Simulink [3].

Таблица 2

Наименование агрегата	$k = \frac{Q_n}{Q_n}$	$d = \frac{Q_n}{Q_0}$	Постоянная времени агрегата T	Транспортное запаздывание τ
Кипный питатель АП-18	∞	1,4	544	118
Смешивающая машина СН-4	∞	4,5	28	5
Наклонный очиститель ОН-6	2,1	1,6	320	65
Пильчатый разрыхлитель РПХ	2,3	1,5	288	93

Результаты моделирования такой системы приведены на рис. 1, где показаны относительные изменения уровней наполнения бункеров машинных агрегатов при трехпозиционном регулировании.

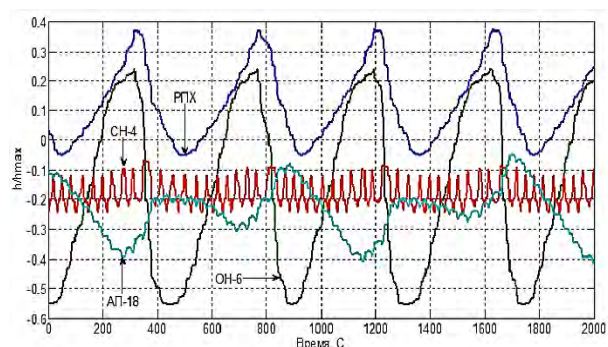


Рис. 1

Анализ осциллограмм позволяет сделать вывод, что наблюдаются эффекты захватывания частоты и синхронизации, причем характер осциллограмм существ-

венно зависит от производительности линии.

Общее относительное среднеквадратичное отклонение уровня от его максимального значения, равного высоте бункера, не превышает 17 %.

Так как использование нечеткого регулятора уровня волокнистого материала в отдельном агрегате привело к повышению точности регулирования уровня в накопительном бункере и снижению колебаний производительности, то было предложено применить нечеткие регуляторы уровня и в каскадной системе согласования производительностей машинных агрегатов.

В отличие от индивидуального нечеткого регулятора в групповом регуляторе была расширена база лингвистических правил, учитывающая взаимное влияние систем регулирования уровня друг на друга. Фрагмент базы лингвистических правил приведен в табл. 3.

Таблица 3

АП-18	h/h_{\max}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
СН-4	h/h_{\max}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	...
ОН-6	h/h_{\max}	0	0	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	...
РПХ	h/h_{\max}	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	...
АП-18	$Q_{\text{вых}}$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	...
СН-4	$Q_{\text{вых}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
ОН-6	$Q_{\text{вых}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	...
РПХ	$Q_{\text{вых}}$	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	...

Результаты моделирования работы системы машинных агрегатов с нечеткими регуляторами приведены на рис. 2.

Введение такого регулирования позволяет снизить колебания уровня продукта в бункерах и минимизировать частоту переключения электроприводов подачи. Захват частоты осуществляется подсистемой, имеющей минимальную частоту автоколебаний. В данном случае – системой, регулирующей уровень волокна в СН-4.

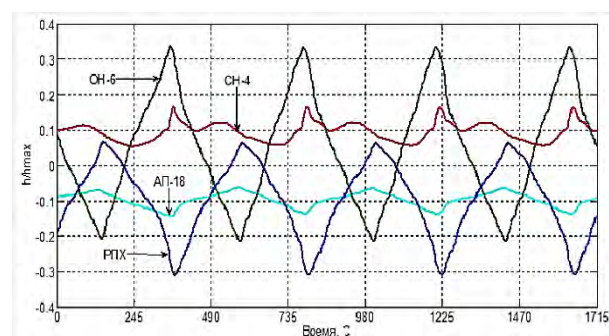


Рис. 2

Общее относительное среднеквадратичное отклонение уровня от его максимального значения не превышает 12%.

ВЫВОДЫ

1. Разработана модель каскадной системы стабилизации производительности машинных агрегатов с использованием нечеткого регулятора уровня. Доказано, что использование нечеткого регулятора приводит к повышению точности регулирования уровня (дисперсия ошибки регулирования уменьшилась в 2,2 раза).

2. В результате моделирования работы системы был сделан вывод, что использование нечеткого регулятора в каскадной микропроцессорной схеме стабилизации производительности поточной линии позволяет синхронизировать работу агрегатов, минимизировать частоту переключения питающих органов и снизить среднеквадратичное отклонение уровня перерабатываемого продукта в накопительных бункерах в 1,4 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.В., Семенов А.Д., Котов В.В., Доронькина Е.Ю. Влияние физико-механических свойств ставки кип на внешнюю неровноту продуктов переработки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 1. С. 48...51.
2. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
3. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.

REFERENCES

1. Volkov V.V., Semenov A.D., Kotov V.V., Doron'kina E.YU. Vliyanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv stavki kip na vneshnyuyu nerovnotu produktov pererabotki // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, № 1. S. 48...51.
2. SHtovba S.D. Proektirovanie nechetkih sistem sredstvami MATLAB. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2007.
3. Pegat A. Nechetkoe modelirovanie i upravlenie / Per. s angl. – M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2009.

Рекомендована кафедрой физики ПГТУ. Поступила 10.02.17.