

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАНЦИИ ПОДАЧИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПЕКА

А.С. Боченков, С.А. Терентьев, А.В. Шалунов

Бийский Технологический Институт, Бийск, Россия

Аннотация – в статье рассказывается об автоматизированной системе управления производством экологического пека, способе увеличения производительности путем модификации станции подачи смеси угля и растворителей в реактор, для терморастворения. Увеличение производительности достигается путем замены установки с маслостанцией на героторный насос. Для управления насосом, создана программа ПИД-регулятора, в среде программирования CoDeSys 2.3, для поддержания постоянного значения уставки.

Ключевые слова: экологический пек, насос, автоматизированная система, производительность.

ВВЕДЕНИЕ

Экологически чистый пек – пек полученный путем терморастворения угля (переработка мелко измельченного угля и органического растворителя при высокой температуре). Он призван заменить каменноугольный пек.

Традиционно каменноугольный пек получают путем перегонки каменноугольной смолы, выработка которой связана с производством металлургического кокса. Использование каменноугольного пека в качестве связующего при производстве анодной массы для алюминиевых производств, с загрязнением воздуха рабочей зоны.

Одним из вариантов решения данной проблемы является использование процессов термического растворения, суть которых в воздействии на органическую массу углей различными растворителями при повышенной температуре и давлении.

Как показали исследования при термическом растворении угля в смеси растворителей при температуре 420-430 °С и давлении 2,0-2,5 МПа без использования водорода и катализаторов возможно получение связующего материала, который по своим свойствам приближается к дефицитному на рынке продукту – каменноугольному пеку. Кроме того, достоинством подобной технологии является получение продукта с пониженным содержанием канцерогенных компонентов.

В среднем испытания показывали, что при температуре выше 420 °С синтез канцерогенных полициклических углеродов не происходит и, следовательно, содержание бензапирена в таком пека в 2-3 раза меньше, чем в традиционном каменноугольном пеке [1].

Для производства анодной массы требуется большое количество пека. Исследуемая линия, на предприятии ООО «Металл Пром Сервис», является опытной, поэтому на ней имеется возможность для

рассмотрения всех возможных вариантов, которые могут повысить производительность системы.

Цель работы: увеличение производительности автоматизированной системы управления производством экологического пека, путем модифицирования линии процесса терморастворения.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- выявление недостатков в работе установки с маслостанцией;
- разработка структурной схемы работы станции подачи с героторным насосом;
- увеличение производительности, путем установки насоса и написания программы для управления им.

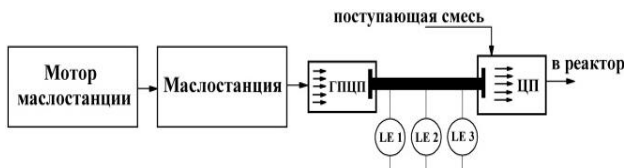
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Технологический процесс производства экологического пека можно разделить на три процесса:

- процесс подготовки сырья;
- процесс терморастворения угля;
- обработка пека и выгрузка готовой продукции.

Основным процессом при производстве экологического пека является процесс терморастворения, суть которого заключается в переработке мелко измельченного угля и смеси растворителей при высокой температуре и давлении [2]. В автоматизированной системе управления производством экологического пека имеется две линии процесса терморастворения. На каждой линии используется установка с маслостанцией, которая является станцией подачи смеси из накопительной емкости в реактор.

Основным достоинством установки с маслостанцией является высокая надежность. К основным недостаткам можно отнести сложную схему подключения, потери давления на выходе и низкую производительность. Производительность подобной установки ≈ 250 кг/сутки. Структурная схема работы маслостанции (рис. 1).



ГПЦП – гидропривод поршня центральной подачи; ЦП – центральная подача; LE 1, LE 2, LE 3 – индуктивные выключатели

Рис. 1. Структурная схема работы маслостанции

Индуктивные датчики LE 1, LE 2, LE 3 или как их называют индуктивные бесконтактные выключатели (ВБИ) установлены для регистрации положения штока проталкивающего смесь. Такие выключатели имеют чувствительный элемент в виде катушки индуктивности с открытым магнитопроводом. Перед ним образуется магнитное поле. При внесении металлического объекта в это поле колебания генератора затухают, демодулированное напряжение падает, срабатывает триггер и коммутационный элемент переключается. Схема функционирования индуктивных бесконтактных выключателей (рис. 2).

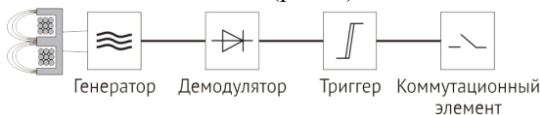


Рис. 2. Упрощенная схема функционирования ВБИ

Для увеличения производительности технологического процесса необходимо модифицировать линии процесса терморастворения, заменив установку с маслостанцией на героторный насос. Героторный (винтовой) насос – это насос, в котором замкнутое (рабочее) пространство, создается между винтом и корпусом. Увеличению производительности произойдет из-за того, что насос подает смесь в реактор непрерывно, в отличие от циклично работающей маслостанции, а так же это обеспечит отсутствие потерь давления на выходе из станции подачи. Схема подключения героторного насоса (рис.3).



Рис. 3. Структурная схема работы героторного насоса

Принцип работы героторного насоса: насос управляется мотором, который подключен к дискретному и аналоговому входу. С помощью дискретной точки ввода производится включение мотора, который управляет насосом, а с помощью аналоговой можно задавать и регулировать скорость вращения.

Так как с помощью насоса смесь подается непрерывно в реактор, в отличие от циклично работающей маслостанции, производительность увеличивается на 20-25 %.

К основным достоинствам линии с героторным насосом можно отнести:

- высокую надежность;
- отсутствие потерь давления;

– легкость подключения, в отличие от маслостанции, используемой до установки героторного насоса.

На выходе из станции подачи установлен датчик давления АГАТ-100М-ЕХЕ-ДИ2,5-1151-0.15-ЦИ. Датчик обладает низкой основной приведенной погрешностью – 0,15 %, по сравнению с другими датчиками давления. Так же он имеет встроенный цифровой индикатор для отображения текущего значения контролируемого параметра и обладает «искробезопасной электрической цепью», что увеличивает безопасность производства [4].

Для управления насосом была написана программа ПИД-регулятора в среде программирования CoDeSys 2.3. При написании программы была использована формула, для расчета вырабатываемого сигнала ПИД-регулятора:

$$Y_i = \frac{1}{K_p} \cdot \left[E_i + \tau_d \cdot \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{изм}} + \frac{1}{\tau_i} \sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{изм} \right] \cdot 100\%, (1)$$

где K_p – полоса пропорциональности; E_i – рассогласование; ΔE_i – разность между двумя соседними измерениями E_i и E_{i-1} ; $\Delta t_{изм}$ – время между двумя соседними измерениями T_i и T_{i-1} ; τ_i – постоянная времени интегрирования; τ_d – постоянная времени дифференцирования; $\sum E_i$ – накопленная в i -й момент времени сумма рассогласований (интегральная сумма).

Как видно из формулы, сигнал управления является суммой трех составляющих:

- пропорциональной (1-е слагаемое);
- интегральной (3-е слагаемое);
- дифференциальной (2-е слагаемое) [3].

Принцип работы состоит в том, что регулятор снижает обороты и давление падает. Давление меняется в пределах от 0 до 25 атм, а уставка 15 атм. При включении системы, насос начинает набирать обороты и давление растет, пока не достигнет уставки. Достигнув уставки, подача импульса прекращается, интегрирование не происходит, возмущения и колебания отсутствуют. ПИД-регулятор обрабатывает единственный импульс, если произойдет резкое увеличение или уменьшение текущего значения, то регулятор попытается уловить в предыдущем ШИМ импульсе рассогласование и в следующем отыграть его, подавая сигнал, формируя новый. При превышении значения уставки сигнал начинает затухать и интегральная часть начинает терять свою накопленную часть, чтобы уменьшить значение до значения уставки.

Поскольку в системе нет воздействия отрицательной части, т.е. используется только положительный сигнал, то ограничение в программе можно задать с помощью элемента LIMIT.

Значение с выхода этого блока фиксируется и поступает на блок сравнения, где проверяется выполнение условий для разрешения интегрирования.

Пример работы блока сравнения в среде CoDeSys 2.3 (рис. 4).

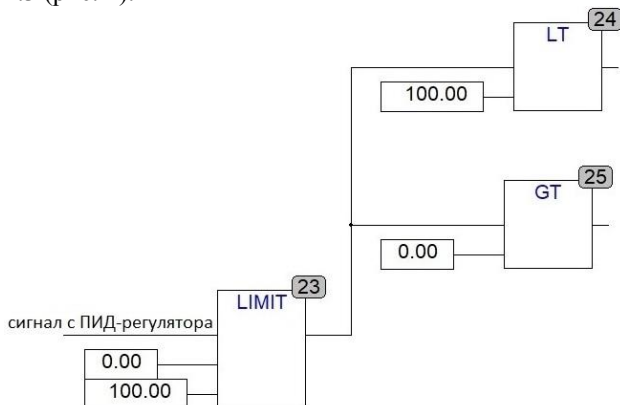


Рис. 4. Блок сравнения в среде CoDeSys

Если хотя бы одно из двух условий не выполняется, т.е. значение с элемента LIMIT не входит в предел от 0 до 100 % мощности, то интегрирование останавливается (интегральная часть не накапливается), так как сигнал с мощностью больше 100 % или меньше 0 % получить невозможно.

Накопив 100% мощности, интеграл замрет. Таким образом, получается, избежать переполнения интегральной части.

Если условия выполняются, то сигнал идет на блок интегрирования (рис. 5).

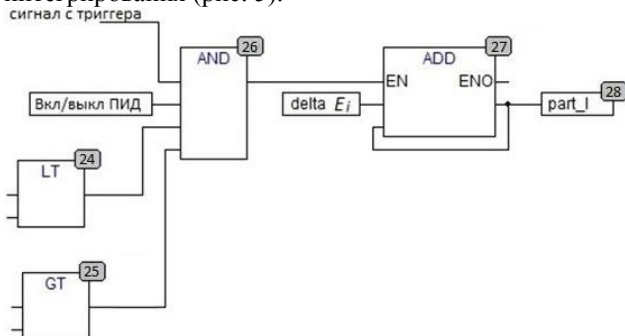


Рис. 5. Блок интегрирования в среде CoDeSys

В этом блоке происходит накопление интегральной составляющей [5].

Когда давление начинает увеличиваться, рассогласование E_i начинает сокращаться. Рассогласование E_{i-1} было больше, чем E_i , чтобы скомпенсировать резкие скачки нужно от текущего рассогласования E_i , которое является меньшим, отнять большее E_{i-1} . Дифференциал в таком случае начинает вносить больший сглаживающий эффект, который компенсирует резкие увеличения значения.

Блок-схема алгоритма работы программы (рис. 6).



Рис.6. Блок-схема алгоритма работы программы ПИД-регулятор

Основным недостатком использования насоса, вместо установки с маслостанцией можно считать более низкий срок службы. При эксплуатации на производстве экологического пека насос прослужит 1-2 года, в отличие от маслостанции, которая в состоянии сохранять работоспособность до 5 и более лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы был проведен опытный эксперимент, который показал, что установленный на одной линии процесса терморазворения героторный насос обеспечивает увеличение производительности, примерно на 20-25%, так как насос подает смесь постоянно в отличии от циклично работающей маслостанции, а так же это обеспечило отсутствие потерь давления на входе в реактор. Написана

программа в среде CoDeSys 2.3 для поддержания постоянного значения уставки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маракушина, Е.Н. Получение альтернативного связующего пека методом термохимической переработки углей [Электронный ресурс] / Е.Н. Муракушина, П.Н. Кузнецов, Ф.А. Бурюкин, С.С. Кузицына – режим доступа: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39564>.

2. Привалов, В.Е. Каменноугольный пек: получение, переработка, применение / В.Е. Привалов, М.А. Степаненко – М.: Металлургия 1981.

3. ОВЕН: оборудование для автоматизации – ПИД-регулятор общие принципы [Электронный ресурс] – режим доступа <http://www.owen.ru/41523665>.

4. НПО АГАТ: Российский производитель – Датчики давления [Электронный ресурс] – режим доступа <https://agat-pro.ru/sensors.php?id=1>.

5. Autoworks – ПИД-регулятор в CoDeSys [Электронный ресурс] – режим доступа <http://autoworks.com.ua/programmirovanie-kontrollerov/codesys-pid-regulyator/>.

Боченков Александр Сергеевич – студент, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. (3854)43-22-55 e-mail: sanya.bochankov@mail.ru.

Терентьев Сергей Александрович – старший преподаватель, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. (3854)43-22-55, e-mail: terser@list.ru.

Шалунув Андрей Викторович – заведующий кафедрой МСИА БТИ АлтГТУ, профессор д.т.н., Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова», тел. (3854)43-22-55, e-mail: shalunov@bti.secna.ru.

MODERNIZATION AN STATION OF FEED AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF ECOLOGICAL PEK

A.S. Bochenkov, S.A. Terentiev, A.V. Shalunov

Biysk Technological Institute, Biysk

Abstract – the article describes an automated control system for the production of ecological pek, a method for increasing productivity by modifying a station of feeding a mixture of coal and solvents to a reactor, for the thermal dissolution. Increase in productivity is achieved by replacing the plant with the oil station on the gerotor pump. To control the pump, a PID program has been developed, in the CoDeSys 2.3 programming environment, to maintain a constant set point.

Index terms: ecological pek, pump, automated system, productivity.

REFERENCES

1. Marakushina, E.N. Obtaining alternative binder pitch by thermochemical coal processing / E.N. Murakushin, P.N. Kuznetsov, F.A. Buriukin, S.S. Kusitsyna – The access mode: <https://www.fundamental-research.ru/en/article/view?id=39564>.
2. Privalov, V.E. Carboniferous pitch: production, processing, application / V.E. Privalov, M.A. Stepanenko – M.: Metallurgy 1981.
3. OWEN: equipment for automation - PID controller general principles – The access mode: <http://www.owen.ru/41523665>.
4. AGAT Russian Manufacturer – Pressure sensors – The access mode: <https://agat-npo.ru/sensors.php?id=1>.
5. Autoworks - PID controller in CoDeSys – The access mode: <http://autoworks.com.ua/programmirovanie-kontrollerov/codesys-pid-regulyator/>.

Bochenkov Alexander Sergeevich - Student, Biysk Technological Institute, tel. (3854)43-22-55, e-mail: sanya.bochankov@mail.ru.

Terentiev Sergey Alexandrovich - Senior Lecturer, Biysk Technological Institute, tel. (3854)43-22-55, e-mail: terser@list.ru.

Shalunov Andrey Viktorovich – Head of the Department methods and means of measurement and automation, professor, Biysk Technological Institute, tel. (3854)43-22-55, e-mail: shalunov@bti.secna.ru.