

В.Н. АНИСИМОВ

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ДИНАМИЧЕСКАЯ РАЗВЯЗКА КАНАЛОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОТСАДКОЙ

При разработке системы управления процессом отсадки [1-3] теоретически и практически выполнено решение комплекса задач, а именно, аналитическое представление объекта – составление его математической модели и синтез регуляторов.

Технологический процесс обогащения углей отсадкой в отношении его представления как объекта управления является многофакторным – многомерным.

Используя различные математические методы, разработана математическая модель сформированного в соответствии с технологической последовательностью объекта управления.

Математическая модель представляет комплекс математических взаимосвязанных зависимостей, на основании которых выполнен синтез управляющих воздействий.

В существующих системах управления технологическим процессом отсадки при обогащении углей используют локальные одномерные подсистемы управления нижнего уровня для стабилизации различных параметров отсадочных машин (ОМ).

При применении методов синтеза регуляторов в классе одномерных систем ставится условие: каждый канал должен быть "развязан" от остальных каналов, независим, автономен.

В разрабатываемой многомерной системе, вход и выход – векторы функций, реализуемых отдельными каналами, причем каналы могут быть как автономными, так и взаимно зависимыми.

Одной из разновидностей взаимосвязанных каналов являются высота постели и зольность породы.

Для управления каждой из переменных синтезирован отдельный канал, структурная схема которого показана на рис. 1.

В данном случае $Y_1(t)$ и $Y_2(t)$ – управляющие сигналы; $X_1^B(t)$ и $X_2^B(t)$ – реальные значения управляемых величин.

В профессионально спроектированной системе, каналы $Y_1(t) \rightarrow X_1^B(t)$ и $Y_2(t) \rightarrow X_2^B(t)$ – независимы, т.е. выход $X_1^B(t)$ управляется только сигналом $Y_1(t)$, а $X_2^B(t)$ – сигналом $Y_2(t)$, (сигнал $Y_1(t)$ не влияет на $X_2^B(t)$ и $Y_2(t)$ не воздействует на $X_1^B(t)$).

В разработанной системе наряду с основными каналами имеют место перекрестные, учитывающие перекрестные связи, в данном случае – сигнал $Y_1(t)$ воздействует на выход $X_2^B(t)$, а сигнал $Y_2(t)$ воздействует на выход $X_1^B(t)$.

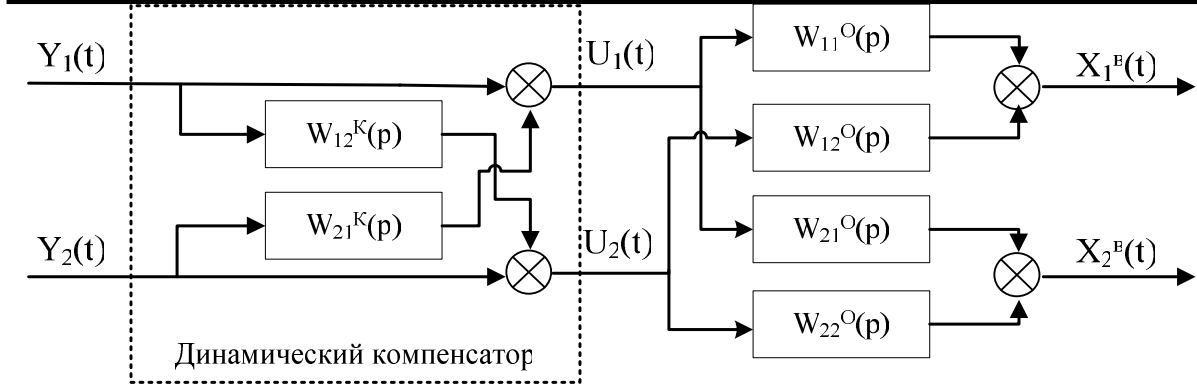


Рис. 1. Структурная схема объекта управления с динамическим компенсатором

При синтезе регуляторов и исследовании созданной системы учтено взаимное перекрестное влияние факторов.

Исключение взаимного влияния каналов достигнуто за счет наложения дополнительных связей, а объект управления определяется передаточными функциями:

$$W_0(s) = \begin{bmatrix} W_{11}^0(s) & W_{12}^0(s) \\ W_{21}^0(s) & W_{22}^0(s) \end{bmatrix}.$$

Решения подобных задач выполнялось с достижением условия "диагональности передаточной функция последовательного соединения "компенсатор-объект", это необходимое условие, что каналы "развязаны", а передаточные функции как разомкнутой, так и замкнутой систем будут иметь диагональный вид.

Таким образом, динамика объекта компенсирована обратной передаточной функцией, передаточная матрица прямой цепи является диагональной. Передаточная матрица замкнутой системы также будет диагональной и, следовательно, синтез регулятора проведен по каждому каналу самостоятельно, пользуясь теорией одномерных систем.

Согласно экспериментальным данным получены кривые разгона и определены передаточные функции процесса отсадки по каналам:

1. Плотность разделения – зольность породы;
2. Плотность разделения – высота постели;
3. Частота оборотов разгрузочного устройства – высота постели;
4. Частота оборотов разгрузочного устройства – зольность породы.

Особенностью получения кривых разгона является то, что они снимались в соответствии с математической моделью, адаптированной к получению базовых значений продуктов переработки исходного продукта.

Идентификация кривых разгона осуществлялась при использовании пакета "System Identification Toolbox" программы Matlab.

При этом каналы 1 и 4 являются основными, а 2 и 3 – перекрестными.

Автоматизація та управління процесами збагачення

Передаточная функция по каналу плотность разделения – зольность породы:

$$W_{11} = \frac{0,255}{p^2 + 0,181p + 0,0073}.$$

Передаточная функция по каналу плотность разделения – высота постели:

$$W_{12} = \frac{0,117}{p^2 + 0,064p + 0,0016}.$$

Передаточная функция по каналу частота оборотов разгрузочного устройства – зольность породы:

$$W_{21} = \frac{0,106}{p^2 + 0,071p + 0,0022}.$$

Передаточная функция по каналу частота оборотов разгрузочного устройства – высота постели:

$$W_{22} = \frac{0,1}{p^2 + 0,222p + 0,011}.$$

Передаточная функция объекта:

$$W_0(p) = \begin{bmatrix} \frac{0,255}{p^2 + 0,181p + 0,0073} & \frac{0,117}{p^2 + 0,064p + 0,0016} \\ \frac{0,106}{p^2 + 0,071p + 0,0022} & \frac{0,1}{p^2 + 0,222p + 0,011} \end{bmatrix}.$$

Структурная схема объекта управления с перекрестными связями в программе Matlab Simulink представлена на рис. 2.

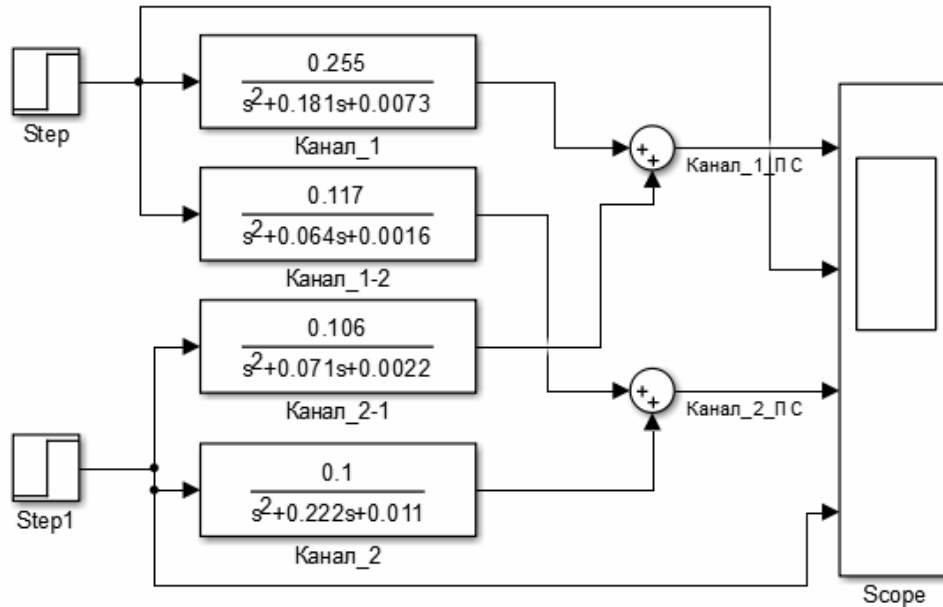


Рис. 2. Структурная схема объекта управления

Получены переходные характеристики объекта управления, рис. 3(А). Как видно здесь присутствуют достаточно сильные перекрестные взаимосвязи (управляющее воздействие на один из каналов приводит к изменению состояния обоих выходов).

Диагональная передаточная функция объекта:

$$W_0 \text{diag}(p) = \begin{bmatrix} \frac{0,255}{p^2 + 0,181p + 0,0073} & 0 \\ 0 & \frac{0,1}{p^2 + 0,222p + 0,011} \end{bmatrix}.$$

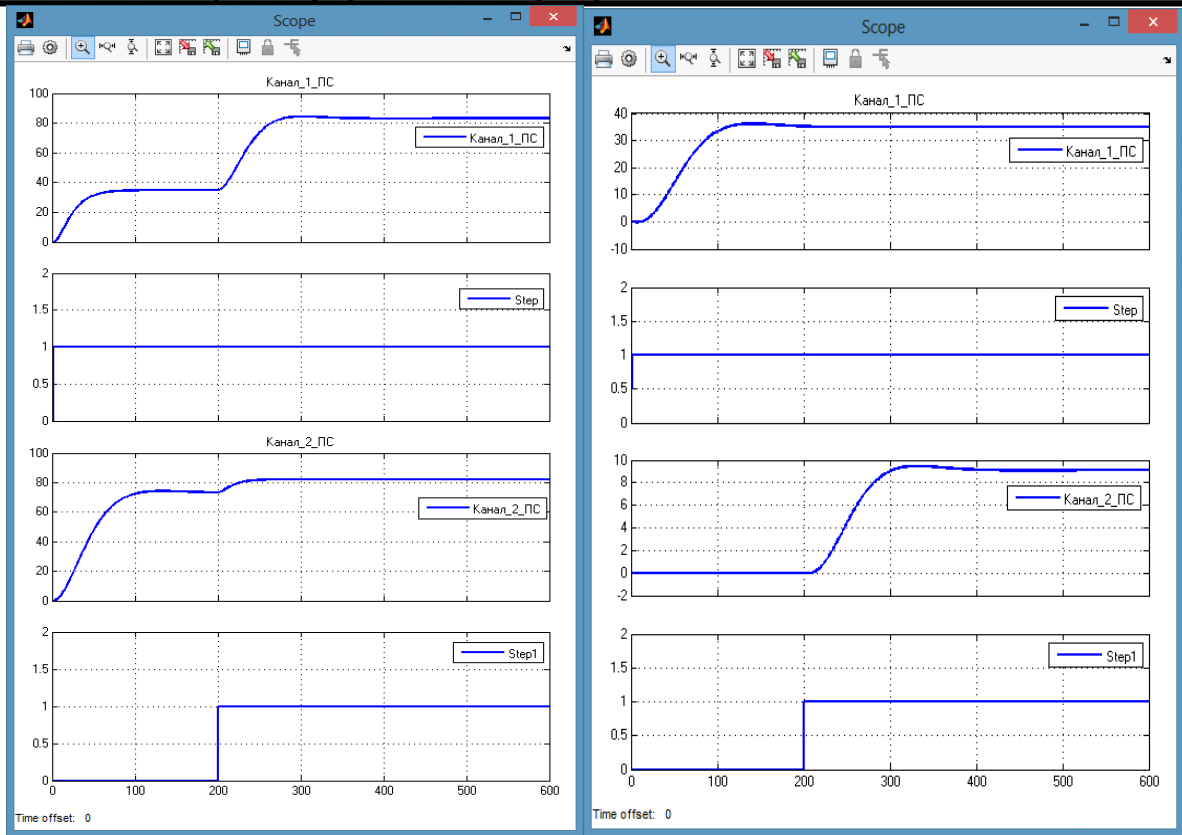
Передаточные функции динамического компенсатора определены из выражений:

$$W_{k12}(p) = -\frac{W_{o12}(p)}{W_{o22}(p)}, \quad W_{k21}(p) = -\frac{W_{o21}(p)}{W_{o11}(p)}.$$

Динамический компенсатор имеет вид:

$$W_K(p) = \begin{bmatrix} 1 & \frac{-0,117p^2 - 0,02597p - 0,001287}{0,1p^2 + 0,0064p + 0,00016} \\ \frac{-0,106p^2 - 0,0191p - 0,0007738}{0,255p^2 + 0,01811p + 0,000561} & 1 \end{bmatrix}.$$

Автоматизація та управління процесами збагачення



А

Б

Рис. 3. Реакция объекта управления на единичные входные воздействия

Получена структурная схема двумерного объекта управления с динамическим компенсатором каналов, рисунок 4.

В результате моделирования и оптимизации, рис. 4, получены переходные характеристики объекта управления – рисунок 3(Б). Как видно из рис. 3(Б) взаимное влияние каналов полностью компенсировано.

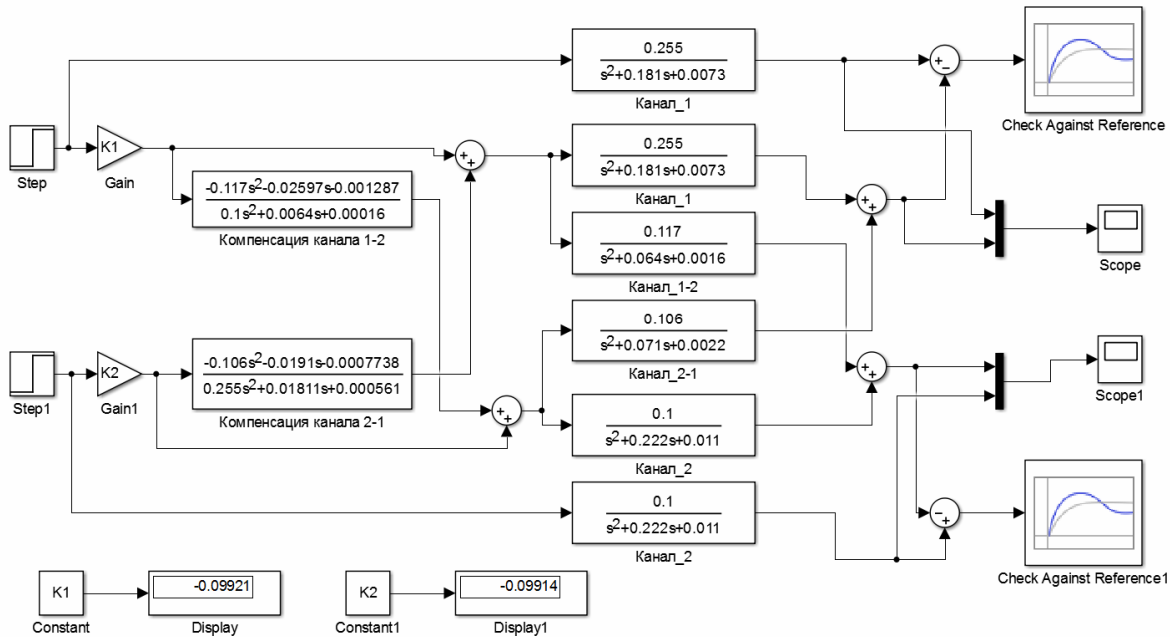


Рис. 4. Структурная схема двумерного объекта управления с динамическим компенсатором каналов в Matlab Simulink

Для минимизации расхождений переходных характеристик по амплитуде между отдельными каналами (канал 1, канал 2) и объектом управления с перекрестными ОС и динамическим компенсатором использовались блоки проверки отклонений переходных характеристик от заданной траектории "Check Against Reference", а также с использованием симплекс – метода минимизации сигналов на входах указанных блоков путем подбора коэффициентов K1 и K2.

Процесс минимизации в "Design Optimization" пакета Matlab Simulink представлен на рис. 5.

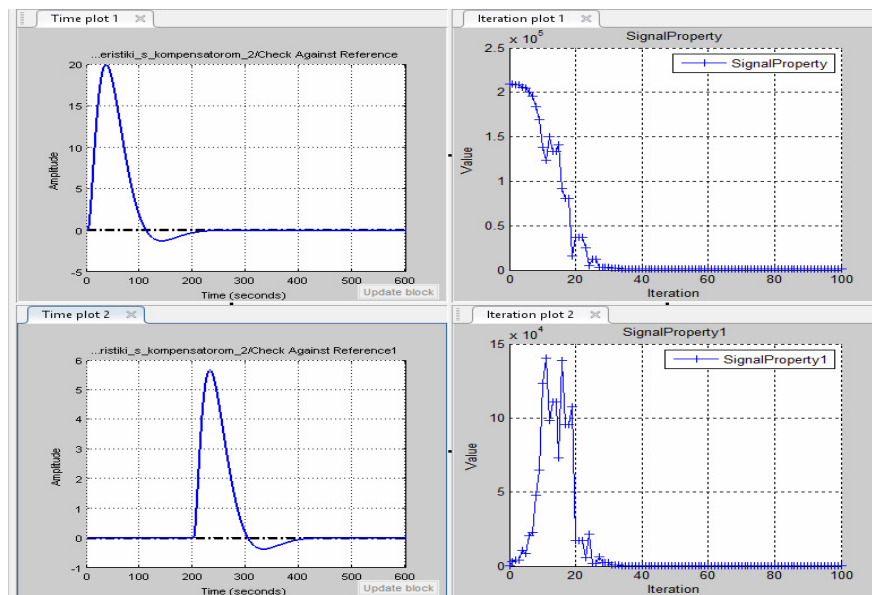


Рис. 5. Процесс минимизации в "Design Optimization"

Автоматизація та управління процесами збагачення

В результаті мінімізації по амплитуді отримані перехідні характеристики повністю розділених каналів рис. 6.

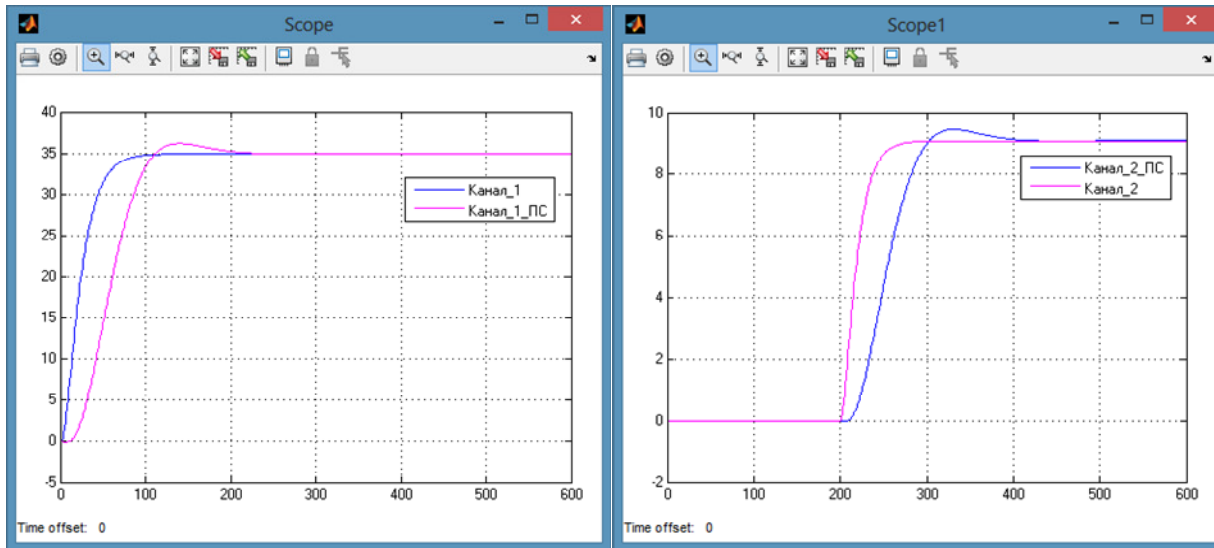


Рис. 6. Переходні характеристики об'єкта управління
с динамічним компенсатором

Как видно из переходных характеристик в смоделированном объекте управления с динамическим компенсатором присутствует задержка реакции выходного сигнала "Канал_1_ПС, Канал_2_ПС" по сравнению с объектом управления без учета перекрестных связей "Канал_1, Канал_2". Для улучшения качества управления объектом в систему управления можно ввести ПИД или ЛКГ – регуляторы.

Такая методика позволила осуществить полную динамическую развязку всех перекрестных связей многомерного объекта управления аналогично методике разработки САУ одномерных объектов.

Список литературы

1. Анісімов В.М., Анісімов М.Т. Розробка систем управління технологічними процесами у гірничому вугільному виробництві // Горная электромеханика и автоматика: Наук.-техн. зб. – 2004. – № 72. – С. 57-61.
2. Анисимов В.Н., Мещеряков Л.И. Синтез системы управления технологическим процессом отсадки с использованием характеристик исходного сырья для повышения качества получаемых продуктов обогащения // Горная электромеханика и автоматика. – 2006. – № 76. – С. 79-85.
3. Анисимов В.Н. Теория управления технологическим процессом обогащения и математические модели для ее реализации // Горная электромеханика и автоматика. – 2006. – № 76. – С. 73-79.

© Анисимов В.Н., 2013

*Надійшла до редколегії 05.12.2013 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*

Збагачення корисних копалин, 2013. – Вип. 55(96)