

ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРОГО УГЛЯ

Зборщик М.П. докт. тех. наук, проф., Попов В.А. канд. тех. наук, доц., Остапенко М.А. канд. тех. наук, доц., Донецкий государственный технический университет

Рассматривается компьютерная технология синтеза системы автоматического управления многосвязными нестационарными технологическими процессами комплексной переработки бурого угля.

The technology of computer synthesis of the automated control system of multi-connectivity and nonstationarity brown coal complex treatment processes is shown in this article.

Комплексная переработка бурых углей является перспективным направлением решения топливно-энергетических проблем центральных областей Украины.

Наиболее реальной для внедрения в современных экономических условиях технологией комплексной переработки бурых углей является технология полукоксования с газификацией полукокса, переработкой смолы и производством адсорбентов. Присущий этой технологии недостаток, связанный с несколько меньшим (по сравнению с мировыми технологиями-аналогами) термическим КПД, может быть устранен при поддержании параметров процессов на уровне, обеспечивающем максимальный выход и качество продуктов. Это возможно на базе современных цифровых компьютерных систем управления. Такие системы, применительно к термолизным процессам полукоксования и газификации бурых углей в настоящее время отсутствуют, что послужило основанием для выполнения работ по данной тематике.

Анализ комбинированного технологического процесса полукоксования и газификации [1, 2] показал, что технологический процесс является многомерным, характеризуется многочисленными прямыми

и обратными связями, в том числе и перекрестными. Наличие неконтролируемых возмущений, нестационарность характеристик и параметров процессов, наличие запаздывания приводит к тому, что регулирование автономными системами управления не может обеспечить требуемое качество управления. В системе в целом наблюдается недопустимо длительное время переходных процессов и большое перерегулирование, что ведет к уменьшению выхода продукции, снижению ее качества, падению производительности, увеличению процента потерь с отходами, перерасходу сырья и увеличению энергетических затрат.

В настоящее время в управлении углеперерабатывающими и химико-технологическими производствами большое внимание уделяется оптимизации процессов верхних уровней. Однако требуемый эффект от оптимизации не достигается из-за неудовлетворительного исполнения оптимальных решений на нижних (локальных) уровнях. Неудовлетворительное качество регулирования объясняется: частой сменой установок регуляторам при переводе на оптимальные режимы; недостаточной точностью и надежностью их обработки, особенно в переходных режимах в условиях многосвязности процессов; взаимным влиянием друг на друга регуляторов локальных процессов через объект; действием детерминированных и стохастических возмущений, передающихся через перекрестные связи объекта с соседними каналами. Таким образом, перестройки систем на оптимальные режимы верхнего уровня вызывает нежелательные переходные процессы, снижающие эффективность управления.

Возможны различные направления повышения качества управления сложными многосвязными процессами переработки бурых углей:

– декомпозиционный подход - повышение качества управления подсистемами, координация подсистем [3];

– улучшение качества управления на нижних уровнях с использованием типовых серийных промышленных регуляторов с «развязыванием» динамических и статических перекрестных связей и приданием локальным системам свойств автономности и инвариантности [4];

– синтез новых цифровых систем управления многосвязными объектами по обобщенным показателям (критериям) качества, соответствующим специфике управляемого объекта [5].

Ввиду того, что цифровые системы для рассматриваемого класса объектов разработаны недостаточно, возникает необходимость разработки методов повышения эффективности управления, как для существующих систем, использующих серийные промышленные регуляторы, так и для направления, связанного с созданием цифровых систем управления на базе обобщенных критериев.

В первом случае задача заключается в динамическом внешнем разобщении локальных каналов многосвязных систем, путем ввода компенсирующих многосвязных блоков, обеспечивающих автономность и инвариантность, во втором - в синтезе такой структуры цифровых многосвязных регуляторов, которые должны обеспечить тот же эффект за счет внутренней структуры регулятора и методов развязывания межканальных связей. При этом оба направления предполагают решение поставленных задач в рамках компьютерных технологий.

Имеются существенные отличия в анализе и синтезе многосвязных систем по сравнению с обычными: множество входов и выходов; неполная управляемость; связность каналов (управление по одним каналам является возмущением для других); возможность реализации одних и тех же законов и принципов управления в различных структурах; повышение размерности с увеличением числа каналов; появление структурной неустойчивости и т.п.

При управлении на базе компьютерных технологий возникает основная задача - формирование модели и идентификация связей каналов непосредственно в процессе управления. Для этого должны быть разработаны методы формирования структуры и параметров модели, машинная идентификация статических и динамических параметров объекта. Особую важность имеет вопрос машинной идентификации модели непосредственно в замкнутом контуре управления, без специальных экспериментальных исследований и отключения регулятора. Такие методы, в настоящее время, разработаны лишь для релейных систем и используют информацию об объекте при пере-

ключении с режима на режим. Для линейных систем методы идентификации объекта в замкнутой системе разработаны недостаточно.

В настоящей статье рассматривается задача разработки компьютерной технологии синтеза и создания системы автоматизированного управления технологическими модулями (ТМ) процессов указанного класса, обеспечивающей повышение производительности и качества выходного продукта, путем оптимизации распределения нагрузок по агрегатам и поддержания требуемой точности управления с учетом многосвязности динамических процессов.

Рассмотрим основные этапы синтеза моделей: анализ объекта как сложной системы; аппроксимация его многосвязной структурой; получение полной модели многосвязного объекта; декомпозиция модели на базе модульного представления подсистем объекта и выделение типовых блоков и модулей; компьютерный синтез цифровых систем управления ТМ; композиция системы и алгоритмов управления с определенной степенью гибкости.

Анализ технологической схемы. Анализ позволил разбить всю технологическую схему [1] на три блока: подготовка бурого угля (дробление, сушка); бертинирование, полукоксование и газификация; охлаждение и очистка газа полукоксования.

Режим работы установки рассчитывается и устанавливается в зависимости от характеристик партии бурого угля, который идет на переработку.

Входными параметрами первого блока являются: расходы угля, нагретого воздуха и газа-теплоносителя; давления и температуры воздуха и газа-теплоносителя. Выходными материальными потоками блока подготовки являются подготовленный уголь, конденсат и продукты сжигания газа, выбрасываемые в атмосферу, которые характеризуются расходами.

Блок бертинирования, полукоксования и газификации характеризуется следующими входными параметрами: количество подготовленного угля, поступающего из первого блока; расходы, давления и температуры воздуха и пара. На выходе этого блока контролируются: расходы, давления и температуры генераторного и полукоксового газов, а также расходы и температуры полукокса и золы.

Входными материальными потоками блока очистки и извлечения полезных компонентов из газа полукоксования являются: газ полукоксования, воздух, вода, поглотитель H_2S , поглотитель бензина. Выходными материальными потоками этого блока являются смола, конденсат фенолсодержащий, нагретые воздух и вода, газ полукоксования очищенный, насыщенные поглотители. Входные и выходные материальные потоки характеризуются следующими параметрами: расходами, температурами и давлениями, а также химическим составом поглотителей.

Аппроксимация сложного объекта многосвязной структурой. Аппроксимация сложного объекта многосвязной структурой базируется на теории интегральных коэффициентов влияния для многосвязных процессов. Используются матрицы коэффициентов влияния и функции влияния.

При отыскании управления во всех возможных точках процесса при ограниченности числа точек ввода управляющих воздействий в процесс и съема информации требуется решение системы уравнений в частных производных, что достаточно трудоемко. Для описания объекта предлагается "протянуть динамические нити" от точек управления к точкам контроля и определить матрицы коэффициентов или функции влияния для рассматриваемой структуры объекта. Такой подход обеспечивает возможность аппроксимации любого сложного объекта с несколькими входами и выходами многосвязной структурой, или определения функции интегрального влияния входной величины на все точки, в которых производится контроль эффекта управления.

Число точек ввода управлений и съема информации об эффекте их воздействия определяет размерность многосвязной структуры.

Получение полной структуры многосвязного объекта. Полная многосвязная структура объекта получена на базе метода аппроксимации сложного объекта и технологической структуры объекта. Точками ввода управляющих воздействий в установку являются расходы входных, а точками съема информации – расходы выходных потоков. Выходная информация в виде сигналов от блока датчиков поступает через блок обратных связей на вход блока задатчиков для сравнения с

установками і текущими регульованими параметрами в блок цифрового алгоритма управління. При урахуванні всіх зв'язей і збільшенні числа точок контролю розмірність матриці підвищується настільки, що виникає необхідність аналізу зв'язей, декомпозиції системи, виділення типового модуля і методу його описання.

При розробці типового модуля прийняті наступні допущення: перехрестні динамічні зв'язі двох сусідніх виробничих апаратів симетричні (однакові по характеру передачі впливів); регулюючі впливи можуть вводитися в кожен блок автономно, не викликаючи змін у режимах роботи сусідніх блоків; узгодження режимів виробництва верхнім рівнем системи управління; регулюючі впливи і контролювані ефекти управління однотипні для будь-якого блоку.

При прийнятих допущеннях повна багатов'язна структура об'єкта може бути розбита на три розрахункові блоки (модуля) з їх взаємними зв'язями: блок підготовки; блок бертинірованія, полукоксовання і газифікації; блок охолодження і очищення газу полукоксовання. Як типовий модуль обрано блок бертинірованія, полукоксовання і газифікації.

Отримані, з використанням вищеописаної методики, багатов'язні ТМ в природному вигляді пристосовані для отримання вектора стану з достатнім числом компонентів. При організації управління і синтезу системи найбільш переважним вважається метод простору стану. Тоді багатов'язний ТМ в дискретній формі описується наступним чином:

$$\begin{aligned}\bar{x}([k+1]T) &= \Phi(T)\bar{x}(kT) + \mathbf{H}(T)\bar{u}(kT), \\ \bar{y}(kT) &= \mathbf{C}^T \bar{x}(kT),\end{aligned}$$

де $\Phi(T)$ - матриця переходу стану об'єкта розмірності $(n \times n)$;

$\mathbf{H}(T)$ - матриця управляемого переходу розмірності $(n \times m)$;

\mathbf{C} - матриця датчиків розмірності $(l \times n)$;

T - період дискретності.

В наступному при синтезі багатов'язних модулів промислових установок для комплексної переробки буріх вугілля рекоменду-

ется использовать этот метод, а синтез систем управления ТМ вести по обобщенному функционалу качества

$$J = \frac{1}{2} \bar{x}^T (NT) D \bar{x} (NT) + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} \left[\bar{x}^T (kT) Q^c \bar{x} (kT) + \bar{u}^T (kT) R^c \bar{u} (kT) \right],$$

где $\bar{x}(kT)$ - n -мерный вектор состояний;

$\bar{u}(kT)$ - m -мерный вектор управлений;

Q^c, R^c, D - матрицы весовых коэффициентов размерности $(n \times n), (m \times m), (n \times n)$ - соответственно.

При таком подходе к синтезу систем автоматического управления многосвязными процессами технологии комплексной переработки бурого угля удастся наиболее полно учесть требования монотонности и быстродействия переходных процессов в системе, а также точности в установившихся режимах за счет соответствующего выбора коэффициентов весовых матриц.

Список источников

1. Савинов М.М., Савинова О.М., Попов В.А., Новицкий П.Л., Остапенко М.А. Комбинированная установка для полукоксования и газификации бурых углей. «Уголь Украины», №5-6, 1996. Стр.10-11.
2. Бутхарейт Л.В., Унгул В.С., Носик В.Н., Остапенко М.А., Савинов М.М., Савинова О.М., Попов В.А. Экспериментальные исследования процессов комплексной переработки бурых углей. «Уголь Украины», №9, 1996. Стр. 8-9.
3. Выскуб В.Г., Колодзев С.В., Тихонов А.Н., Чинаев П.И. Методы анализа и синтеза сложных автоматических систем. - М.: Машиностроение, 1992. - 303 с.
4. Рей У. Методы управления технологическими процессами: Пер. с англ. - М.: Мир, 1983. - 368 с.
5. Барковский В.В., Захаров В.И., Шаталов А.С. Методы синтеза систем управления: (Матрично-структурные преобразования и алгоритмы управляющих ЦВМ). - М.: Машиностроение, 1981. - 277 с.