

В.М. РАДИОНОВ, аспирант, Криворожский национальный университет

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОЦИКЛОНОМ С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ И ВЫБОРОМ ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Рассмотрены общие вопросы формирования системы управления динамическими объектами. Определены критерии управления гидроциклоном-классификатором. Проведен краткий анализ существующих и перспективных моделей процесса. Гидроциклон, в предложенной системе управления, рассматривается как сложный динамический объект, в условиях неопределенности параметров и неполной информации о состоянии. Предложено пополнение и использование базы стандартных моделей с выбором лучшей, по определенным критериям, модели. Представлены результаты моделирования и зависимости изменений давления и гранулометрического состава от колебания свойств пульпы при выборе различных критериев.

Система управления гидроциклоном; ультразвуковые и априорные модели.

Анализ исследований и публикаций. Для более эффективного управления сложными динамическими объектами необходима идентификация и учет влияния различного рода неопределенностей на состояние объект управления [1]. В то же время зачастую отсутствует точное математическое описание объектов, либо существуют ограничения проведения прямых измерений параметров состояния объекта в процессе работы. Неопределенность параметров объекта управления, неполнота информации о математической модели накладывает значительное ограничение на используемые методы синтеза управлений. Для решения задач управления сложными динамическими многомерными объектами с несколькими входами и выходами (ММО - multi input, multi output), в условиях неопределенности или неполноты информации о состоянии объекта управления предназначены системы управления на основе робастных и адаптивных подходов, с возможностью идентификации недостающих параметров [2], что позволит повысить надежность систем, а также снизить технологические требования при их проектировании.

Для оценки состояния системы необходимо знать математическую модель исследуемого объекта. Рассмотренные модели описания гидродинамических процессов, в многофазных закрученных потоках гидроциклона [3,4], требуют достаточно сложных математических решений, или принятия определенных ограничивающих начальных условий, при несоответствии которым данные о модели объекта могут являться, в определенном диапазоне, неточными. Поэтому дополнительная настройка параметров модели по истории наблюдений за входами и выходами системы может существенно улучшить качество управления системой. Кроме того существуют эмпирически параметризованные модели, как априорные, так и полученные в ходе самого процесса, при достаточных возможностях информационно-измерительных систем многофазных, агрессивных, газонаполненных суспензий [4].

С развитием ультразвуковых средств воздействия и контроля состояния многофазных сред [5], в том числе агрессивных и газонаполненных, появилась возможность производить анализ состояния по целому ряду параметров в режиме реального времени и в темпе переходного процесса. Комплексное применение эффектов ультразвукового воздействия и контроля состояния пульпы позволяет отойти от сложностей математического описания сложно формализуемых, нелинейных, динамических процессов в турбулентном потоке гидроциклона [6,7], дав при этом возможность более точного и быстрого получения информации о текущем состоянии объекта управления.

Цель исследований. Разработка системы управления сложным многомерным объектом, гидроциклоном, на основе расширенной базы моделей

Изложение материала и результат. Для определения параметров динамических объектов используются различные методы параметрической идентификации. В частотной и временной областях, с явными или неявными идентифицирующими моделями и т.п. При этом задача параметрической идентификации часто должна выполняться в условиях неполноты информации о состоянии объекта, что выражается в том, что доступны измерению не все координаты вектора состояния исследуемого объекта, а зачастую только параметры входа и выхода. Поэтому возникает необходимость парамет-

рической идентификации, в каждый момент времени, векторного объекта в условиях неполноты информации о состоянии.

При этом важное значение имеет выбор эффективной информационно-измерительной системы (ИС), способной проводить текущую идентификацию параметров и оценивание вектора состояния в режиме работы гидроциклона. Адекватная по точности и скорости ИС позволяет применять нелинейные законы управления которые, как известно, более эффективны для объектов со сложной динамикой, особенно в переходных режимах.

Система управления гранулометрическим составом слива гидроциклона классификатора, посредством регулирования давления на входе гидроциклона, производит коррекцию давления при изменении параметров векторов состояния, при стохастичности изменения этих параметров, которая соответствует стохастическому изменению физико-химических свойств пульпы, поступающей после измельчения на классификацию.

При разработке структуры такой модели следует учитывать, что существуют такие режимы динамики, когда движение динамического объекта оказывается вырожденным (например, квазиустановившиеся процессы). В таких режимах оценка параметров модели только на основе данных текущего квазиустановившегося процесса становится некорректной и зачастую ошибочна, что приводит к некачественному управлению или даже к неустойчивой динамике замкнутой системы. Подобная ситуация характерна также и для режимов, близких к бифуркационным (для нелинейных динамических объектов с хаотическими свойствами). В этих случаях более адекватными моделями часто оказываются априорные модели, или эмпирически параметризованные модели процессов, уже происходивших в определенных, и ранее зафиксированных в базе, режимах работы аппарата, естественно с результатом соответствующим выходным критериям качества. Модели полученные на основе предыдущих измерений конкретных ситуаций, или их осреднения, модели, полученные из фундаментальных законов (гидродинамики, сохранения энергии, момента, импульса, масс и др.) могут определять нижний порог качества. [1,2]

Когда движение объекта не является вырожденным часто наиболее качественное управление получается на основе использования моделей, полученных из анализа текущего состояния, на основе данных адаптивной информационно-измерительной системы, состоящей из идентификаторов параметров и состояния.

Определяя параметры системы по результатам наблюдений векторных входа и выхода можно определить параметры системы исходя из минимума рассогласования выхода модели, и наблюдений объекта, во временной области, что соответствует минимизации следующего функционала (при нулевых начальных условиях)

$$J(\hat{A}, \hat{B}, \hat{C}, \hat{D}) = \int_{t_0}^t \sum_{i=1 \dots r} e_i^2(t) dt, \quad (1)$$

$$e_i = Y_i - \hat{C}_i (sI - \hat{A})^{-1} \hat{B}U - \hat{D}_i U$$

где матрица системы A , элементы которой определяются структурной схемой системы и значениями ее параметров, характеризует динамические свойства системы, ее свободное движение. Матрица управления B характеризует влияние внешних воздействий на переменные состояния системы, т.е. определяет чувствительность системы к внешним воздействиям (задающим и возмущающим). Матрица наблюдения C характеризует связь выходной величины системы с вектором состояния. При гидравлической классификации в гидроциклонах не все составляющие вектора состояния являются наблюдаемыми сигналами, т.е. могут быть измерены с помощью каких-либо датчиков, в то время как входной и выходной сигнал всегда наблюдаем. Матрица связи D устанавливает связь выходной величины системы с внешним воздействием.

Для непрерывного случая в качестве критерия качества можно выбрать интегральный квадратичный критерий

$$J(C, D) = \int_0^t \sum_{i=1}^r e_i^2(t) dt, \quad (2)$$

где $e(t) = Y - C\hat{X} - DU$ - ошибка между выходами системы и модели.

Критерий (23) минимизируется только по коэффициентам матриц C, D . Начальные условия и параметры матриц A, B принимаются из модели (3)

$$\begin{cases} \dot{\hat{X}} = \hat{A}\hat{X} + \hat{B}U \\ \hat{Y} = \hat{C}\hat{X} + \hat{D}U; \quad \hat{X}(t_0) = \hat{X}_{ic}. \end{cases} \quad (3)$$

Тогда оптимальной оценкой матриц C и D по критерию (2) будет являться следующая

$$\begin{bmatrix} \hat{C} \\ \hat{D} \end{bmatrix} = \left(\int_0^t Y(t) \begin{bmatrix} \hat{X}(t) \\ U(t) \end{bmatrix} dt \right) \left(\int_0^t \begin{bmatrix} \hat{X}(t) \\ U(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{X}^T(t) & U^T(t) \end{bmatrix} dt \right)^{-1} \quad (4)$$

где $\hat{X}(t)$ - решение системы (3) в момент времени t .

Использование фильтров в задачах параметрической идентификации в первую очередь связано со сложностями определения производных по времени от входного и выходного сигналов при наличии шумов в измерениях. В связи с этой проблемой существует целый ряд методов определения параметров динамических систем в условиях шумов измерений, такие как метод модулирующих функций, метод моментов, «фильтры состояния».

Если обозначить через W - вектор параметров «фильтров состояния» (параметры числителя и знаменателя передаточных функций фильтров, постоянные времени и т.д.), то разным параметрам фильтров состояний будут соответствовать разные значения критерия (1), таким образом, находятся оптимальные параметры «фильтров состояния»

$$\hat{W} = \arg \min J(W). \quad (5)$$

Построение адаптивной системы требует создания математической структуры, интегрирующей в себя как априорные модели динамики объекта, так и алгоритмы параметрической идентификации объекта, оценку вектора состояния динамической системы, синтез управления объектом.

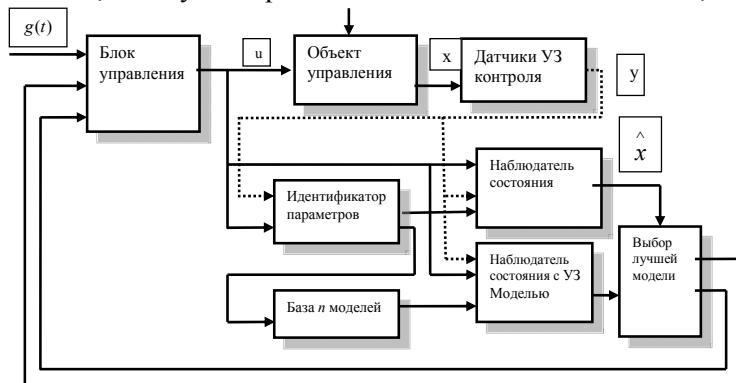


Рис.1. Структурная схема адаптивной системы управления гидроциклоном с базой ультразвуковых ситуационных моделей

Рассмотрим систему управления в которой вместе с математической моделью, которая будет ограничивать нижний порог качества системы, и ультразвуковой модели текущего состояния введем контур с уже эмпирической базой ультразвуковых моделей определенных ситуаций.

Имея текущую и априорную(математическую) параметризованные, в том числе с помощью ультразвуковых средств воздействия и контроля, модели, исходя из выше изложенного, оцениваются выходные критерии, и проводится выбор модели. Одновременно текущая параметризованная модель сохраняется в базе моделей, при этом сохраняются параметры векторов входа-выхода и результат соответствующий достижению определенного качественного критерия. Далее происходит повторное сравнение на совпадение параметров входа-выхода (поиск в базе модели конкретной ситуации по идентичности начальных условий) при нахождении результирующее сравнение с выбором лучшей по качественному критерию параметризованной модели, при этом в базе сохраняется лучшая модель конкретной ситуации. Так происходит улучшение базы моделей определенных динамических ситуаций.

Выводы. Предложенная система управления многомерного объекта по состоянию векторов входа-выхода, и базой ультразвуковых ситуационных моделей интегрирует в себе элементы систем управления с эталонной моделью, элементы адаптивных и «обучающихся» систем. Открывает возможности применения нелинейных регуляторов в динамических режимах, алгоритм предотвращения возникновения неустойчивости системы в режимах близких к установившимся. При этом сокращается длительность переходных процессов и повышается качество управления гранулометрическим составом слива гидроциклона.

Список литературы

1. **Надеждин О.В.** Координатно-параметрическая идентификация динамической системы с векторными входом и выходом// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2009. - №6. - С. 50-63.
2. **Надеждин О.В.** Матричная идентификация нелинейного нестационарного объекта управления// Междуна. школа-семинар БИКАМП-03: Сб. трудов. -СПб:СПбГУАП, 2003. -С.68-71.
3. **В.С. Моркун, В.М. Радионов** Моделирование процесса классификации железорудной пульпы с учетом ее физикохимических свойств. , Вестник Криворожского национального университета, вып. 33, 2012, с48-53.
4. **Евтюшкин Е.В.** Математическое моделирование движения дисперсной фазы и сепарации в гидроциклоне // Автореферат, Томский Государственный Архитектурно-строительный университет. Томск, 2007.
5. **Моркун В.С.** Ультразвуковой контроль характеристик измельченных материалов и адаптивное управление процессами измельчения-классификации руд на его базе: дисс. докт. техн. наук: 05.13.07 // **Моркун Владимир Станиславович** - Кривой Рог, 1999.
6. Numerical Simulation of Solid-liquid Flow inHydrocyclone J. Zhang, X.-Y. You, and Z.-G. Niu, China, *Chem. Biochem. Eng. Q.* 25 (1) 37–41 (2011)A.
7. **Griffiths W.D. and Boysan F.** (1996). Computational Fluid Dynamics (CFD) and Empirical modeling of The Performance of A Number of Cyclone Samplers, *Aerosol Science.* 27: 281-30.

Рукопись поступила в редакцию 12.03.14

УДК [620.92.002.2: 621.31]: 339.977

М.С. ЧЕТВЕРИК, д-р техн. наук, проф., ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины

СМЕНА ВО ВРЕМЕНИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МИРА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ И ЭКОЛОГИЮ

Рассмотрены виды энергетического обеспечения мирового сообщества от древнейших времен до современности. Приведена теория смены во времени энергетических систем мира, которая на основании установленной закономерности уменьшения их продолжительности эффективного применения позволяет определить время перехода к последующей.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Развитие мирового сообщества сопровождается непрерывным ростом его энергетического обеспечения, необходимого как для улучшения благосостояния, так и в связи с увеличением народонаселения.

С древнейших времен по мере развития технического прогресса изменяются виды энергетического обеспечения или их применяется несколько, образуя систему. Малопроизводительные или неэффективные виды энергетического обеспечения, или их системы, с течением времени заменяются другими, их удельный вес в общем энергетическом обеспечении снижается. Эта замена сопровождается как изменениями в технике и технологии, так и изменениями в общественном развитии: изменению потребностей, вспышке безработицы [1]. Применяется следующая терминология.

Энергетическая система - применение одной или одновременно нескольких видов энергетического обеспечения

Вид энергетического обеспечения - механические или электрические устройства, которые приводятся в действие определенным видом энергии: механическая (водяная, ветровая, паровая); электрическая (тепловая, гидравлическая, атомная).

Анализ исследований и публикаций. Рассмотрены виды энергетического обеспечения мирового сообщества от древнейших времен до современности. Для этого использованы различные источники (более 70): литература, а также информационные данные интернет - сайтов свободного доступа. В рассмотренных публикациях проанализированы виды энергетического обеспечения, время их возникновения и применения в различных странах и регионах, а также в различных отраслях хозяйственной деятельности.

Постановка проблемы. Проведенный анализ применения видов энергетического обеспечения свидетельствует о смене энергетических систем со временем. Однако не установлена взаимосвязь между продолжительностью применения энергетической системы и временем ее замены другой. Смена энергетических систем оказывает определенное влияние на