

УДК 681.51

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Шевко Д.Г.

*Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск,
e-mail: shevko@mail.ru*

Современный уровень развития техники характеризуется неуклонным повышением разнообразности и сложности управляемых объектов проектируемых систем управления. Типичным становится случай, когда отсутствует точное математическое описание объекта или происходит изменение его параметров неизвестным образом в широких пределах. В подобных ситуациях при построении систем управления большими потенциальными возможностями обладает адаптивный подход. В статье дается краткий обзор и анализ современного состояния проблемы, связанной с разработкой систем прямого адаптивного управления в условиях априорной неопределенности.

Ключевые слова: прямое адаптивное управление, априорная неопределенность, эталонная модель.

ADAPTIVE CONTROL UNDER UNCERTAINTY

Shevko D.G.

Far Eastern State Agrarian University, Blagoveschensk, e-mail: shevko@mail.ru

State of the art is characterized by a steady increase in the diversity and complexity of managed objects designed control systems. Typical becomes a case where there is no exact mathematical description of an object or a change in its parameters unknown manner over a wide range. In such situations, the construction of control systems has great potential adaptive approach. The article provides an overview and analysis of the current state of the problem of development of systems of direct adaptive control in the conditions of a priori uncertainty.

Keywords: direct adaptive control, a priori uncertainty, the reference model.

Задачи, встающие сегодня перед проектировщиком систем автоматического и автоматизированного управления, все чаще требуют при решении использования теории адаптивных систем.

Сформулировать в общих чертах задачу адаптивного управления относительно легко, но весьма не просто решать конкретные задачи управления объектами. Причина в том, что адаптивное управление требуется там, где отсутствует или существенно ограничена априорная информация о реальных законах изменения динамических свойств объекта и входных воздействиях на систему управления, которые будут иметь место при функционировании системы. Эту информацию необходимо извлекать в процессе нормального режима работы системы.

Действительно, характерной чертой современного уровня автоматизации является управление тем или иным объектом в условиях априорной неопределенности. В длинном ряду специфических особенностей, характеризующих условия работы систем прямого адаптивного управления, можно указать, в частности, их многомерность, многосвязность, нелинейность и нестационарность. Однако неопределенность часто оказывается основной трудностью, поскольку существенно усложняет задачу именно недостаток информации, необходи-

мой для выработки управляющего воздействия.

Априорная неопределенность вызывается рядом объективных причин и, как правило, проявляется в отсутствии полных сведений относительно параметров или характеристик объекта, а также относительно приложенных к объекту управления внешних помех и задающих воздействий. Кроме того, при эксплуатации системы параметры объекта управления и внешней среды могут изменяться непредвиденным образом, и тогда нестационарность выступает как один из видов неопределенности.

К числу факторов неопределенности в автоматизированных системах управления технологическими процессами относятся: изменение режимов работы оборудования, нестабильность характеристик сырья и топлива, износ и старение оборудования, загрязнение и т.п.

Начало применению адаптивного подхода в задачах управления было положено в задаче управления полетом, а сейчас используется при создании систем управления непрерывными технологическими процессами, энергетическими комплексами, движущимися объектами (летательные аппараты, суда, манипуляционные роботы и т.п.). При создании автоматических систем управления технологическими процессами

в химической промышленности и металлургии, в различных производственных процессах (пиролиз бензина, обработка металла резанием, доменное производство) также прибегают к методам адаптации, поскольку получение достаточно полной модели объекта управления представляет собой сложную задачу, связанную с длительными и дорогостоящими исследованиями.

Идеи и методы адаптивного подхода нашли применение в экономике, при автоматизации производства строительных материалов, в управлении железнодорожным транспортом. Новый и перспективный класс образуют задачи, возникающие в системных исследованиях (управление развитием городских и региональных систем, управление в агроэкосистемах, распределение водных ресурсов и т.д.).

Перечисленные примеры хотя и отражают разнообразие задач адаптивного управления, но не претендуют на полную характеристику их применения. Однако ограничиваясь только указанными объектами управления, следует отметить, что создание систем управления для большинства из них затруднено не только априорной неопределенностью, но и наличием временного запаздывания, которое необходимо учитывать.

Типичными примерами таких объектов в химической промышленности служат дистилляционные колонны. Современные силовые авиационные установки представляют собой объекты с запаздыванием. Наличие запаздывания в математическом описании объекта управления встречается при автоматической стабилизации курса судна, при производстве цемента, стекла, серной кислоты, в задаче управления ядерным реактором, в энергетике и теплоэнергетике, в других технологических процессах, для которых характерна начальная неопределенность в значении параметров математической модели и текущем изменении характеристик объекта.

Существенное отличие адаптивных методов управления от классических заключается в том, что они обеспечивают выполнение требований конкретной цели управления не для одного полностью определенного объекта, а для нескольких произвольных объектов, принадлежащих некоторому известному множеству или классу. Отметим, что класс адаптивности определяет границы возможных изменений параметров управляемого объекта и действующих на

объект возмущений, то есть по существу является заданием уровня априорной неопределенности в системе управления.

Указание объема начальной информации – необходимое условие в задаче построения адаптивных систем, так как уровень априорной неопределенности определяет тип адаптивной системы управления.

Термин “адаптивные системы” в настоящее время общепринятый, хотя в отечественной литературе до 70-х гг. использовался другой – “самонастраивающиеся системы”. Позже, наряду с понятием адаптивных систем, вслед за Д. Саридисом, стали употреблять термин “самоорганизующие системы”. В самонастраивающихся системах для достижения поставленной цели управления следует изменять лишь параметры управляющего устройства или управляющих воздействий, при этом объем априорной информации, необходимой для построения работоспособной системы управления, достаточно велик. В самоорганизующихся системах для ее создания требуется меньший объем начальных сведений, но при этом для достижения заданной цели управления необходимо изменять как параметры управляющего устройства, так и его структуру.

А.А. Красовский [2] разделяет адаптивные системы на поисковые и беспойсковые. В поисковых адаптивных системах формируется некоторый показатель качества системы, доступный измерению и обладающий экстремальной характеристикой в зависимости от параметров регулятора, значения которых определяются с помощью специальным образом организованных поиска и настройки. Положение экстремальной точки неизвестно, оно изменяется вместе с изменением математической модели объекта и внешних воздействий на систему управления. Задача сводится к отысканию экстремальной точки показателя качества системы на множестве настраиваемых параметров при незначительных поисковых изменениях этих параметров.

Построение беспойсковых адаптивных систем опирается на использование принципа отрицательной обратной связи, что позволяет в отличие от поисковых систем не отыскивать, а задавать некий показатель. Этот показатель остается неизменным или изменяется желаемым образом за счет целенаправленного изменения параметров или структуры регулятора при непредсказуемом

изменении параметров математической модели объекта и внешних воздействий. В качестве таких показателей должны выступать характеристики системы управления, определяющие ее функциональную работоспособность.

Среди беспоисковых систем управления наибольшее распространение получили адаптивные системы с эталонными моделями [3, 4, 5], поскольку они приводят к легко реализуемым системам с высокой скоростью адаптации.

Эталонная модель может быть задана явно или неявно. В первом случае она является частью самой системы управления, а во втором – используется только для вычисления закона управления. Беспоисковые адаптивные системы управления с явной эталонной моделью составляют обширный класс адаптивных систем управления, в которых желаемое движение задается конкретным физическим устройством, обычно построенным с использованием традиционных методов синтеза систем автоматического управления. В адаптивных системах управления с неявной эталонной моделью желаемая динамика объекта управления задается в системе не с помощью реального устройства, а в виде некоторого “эталонного уравнения”. Отличительной особенностью таких систем управления является снижение требований к структуре основного контура и объему измеряемой информации по сравнению с адаптивными системами, в которых используется явная эталонная модель. При разработке гибридных систем прямого адаптивного управления чаще применяется явная, реже – неявная эталонная модели.

Системы адаптивного управления, предложенные в ранних работах 60-х и начала 70-х гг., имели существенные недостатки. Во-первых, синтез основного контура управления базировался на минимальной форме представления математической модели объекта управления. Во-вторых, для адаптивной настройки коэффициентов регулятора использовались градиентные алгоритмы локальной параметрической оптимизации – метод вспомогательного оператора, метод функций чувствительности и некоторые другие, но обоснование работоспособности систем управления носило эвристический характер.

В последние годы наблюдается бурный рост интереса к нелинейным системам. Изучение нелинейных систем стимулируется практическими приложениями к задачам управления роботами и манипуляторами, автомобилями и другими подвижными объектами в маневренных режимах, биореакторами, магнитными подвесками и т.д. Публикации последних лет рассматривают применение концепции пассивности и диссипативности в задачах управления нелинейными системами. Понятие пассивности пришло в теорию управления из теории линейных электрических цепей, где оно применялось для обозначения цепей, не содержащих внутренних источников энергии. Цепи такого типа описываются вещественно-положительными передаточными функциями и обладают рядом свойств. Нелинейные системы, обладающие аналогичными свойствами, были введены в теорию управления В.М. Поповым в начале 60-х гг. при изучении задачи об абсолютной устойчивости [1].

Важным и весьма плодотворным этапом в развитии теории и практики адаптивных систем явилась идея построения алгоритмов адаптации на основе второго метода Ляпунова, а также с использованием квадратичного критерия абсолютной устойчивости, или критерия гиперустойчивости [1, 3, 4, 5].

В настоящее время известно достаточно много различных алгоритмов адаптивного управления динамическими объектами. Здесь можно выделить известные в этой области работы Цыпкина Я.З., Красовского А.А., Емельянова С.Е., Рутковского В.Ю., Неймарка Ю.И., Ландау И.Д., Фрадкова А.Л., Ядыкина И.Б., Поляхова Н.Д., Борцова Ю.А., Путова В.В., Цыкунова А.М., Еремина Е.Л. и другие, в которых предлагаются различные подходы к решению данной проблемы.

Список литературы

1. Попов В.М. Гиперустойчивость автоматических систем. – М.: Наука, 1970.
2. Справочник по теории автоматического управления / под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987.
3. Шевко Д.Г. Алгоритмы и Simulink-моделирование гибридных систем адаптации. – Саарбрюккен, 2015.
4. Шевко Д.Г. Модели и алгоритмы нелинейно преобразованных гибридных систем прямого адаптивного управления: дис. ... канд. техн. наук. – Благовещенск, 2003.
5. Landau I.D. Adaptive control: the model reference approach. – N.Y.: Marcel Dekker, 1979.