

РОБАСТНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ С ОДНИМ ВХОДОМ И ОДНИМ ВЫХОДОМ В КЛАССЕ КАТАСТРОФ «ЛАСТОЧКИН ХВОСТ»

Ахметова С. О.

Кафедра системного анализа и управление, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

Нур-Султан, Казахстан

E-mail: saule_akhmetova_79@mail.ru

В статье предлагается новый подход к построению систем управления для объектов с неопределенными параметрами в форме трехпараметрических структурно-устойчивых отображений из теории катастроф, позволяющей синтезировать высокоэффективные системы управления, обладающие предельно широкой областью робастной устойчивости. Исследование робастной устойчивости систем управления базируется на новом подходе к построению функций А. М. Ляпунова. Излагается метод построения системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема исследования устойчивости занимает одно из центральных мест при создании систем управления техническими объектами и технологическими процессами, которые широко применяются практически во всех сферах производства и техники: в машиностроении, энергетике, электронной, химической, биологической, металлургической и текстильной промышленности, транспорта, робототехнике, авиации, космических системах, высокоточной военной технологии и технике и т. д. В настоящее время общепризнано, что большинство реальных систем управления функционируют в условиях той или иной степени неопределенности. При этом неопределенность может быть обусловлена незнанием истинных значений отдельных параметров объекта управления и непредсказуемым изменением их во времени. Поэтому исключительно важную роль в теории управления динамическими объектами играет робастная устойчивость.

I. РОБАСТНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Повышение эффективности работы технологических машин и установок требует применения современных систем управления. Одним из перспективных направлений совершенствования систем управления является робастное управление. Построение регуляторов для реальных физических объектов, описываемых линейными и нелинейными уравнениями, сопряжено с рядом значительных трудностей. Они обусловлены сложной природой изучаемых объектов, воздействием на них неконтролируемых внешних факторов, неполнотой априорной информации [1–3] и, в частности, неопределенностью параметров объекта управления и системы [4–8]. Существует много причин, которыми можно объяснить параметрическую неопределенность. При наладке системы управления приходится допускать некоторую неточность ее работы, например, из-за конечной точности изготовления ее компонент.

Проблема робастности на сегодняшний день является важнейшей проблемой в теории управления.

Целью синтеза робастной системы является гарантия требуемого качества независимо от погрешностей и изменения параметров модели. Система, обладающая свойством устойчивости и допустимыми изменениями качества при изменениях или неточности ее модели, называется робастной. От робастной системы требуется, чтобы она обладала низкой чувствительностью, сохраняла устойчивость и удовлетворяла требованиям, предъявляемым к ее качеству, в достаточно большом диапазоне изменения ее параметров. Робастность по сути дела характеризуется чувствительностью системы к факторам, которые не учитываются на этапах анализа и синтеза – например, к возмущениям, шуму датчика и не отраженным в модели системы параметрам, влияющими на ее динамику. Система должно быть способна противодействовать влиянию этих факторов при выполнении задач, ради которых она проектировалась. При этом введен термин «робастность», как правило, понимающий как способность сохранять устойчивость системы в условиях параметрической или непараметрической неопределенности в описании объекта управления. Но работоспособность системы характеризуется не только способностью сохранять устойчивость при изменении параметров в допустимой области, но важно и то, что показатели качества управления также не должны выходить за пределы некоторой допустимой области. При этом основное внимание уделяется проблеме робастных показателей качества управления.

II. КАТАСТРОФА «ЛАСТОЧКИН ХВОСТ» В КАЧЕСТВЕННОЙ ТЕОРИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Теория катастроф – часть качественной теории сложных нелинейных систем. Её основой является теория особенностей гладких (диффе-

ренцируемых) отображений, сформировавшаяся на стыке топологии и математического анализа, и являющаяся обобщением задач на экстремум в математическом анализе. Элементарная теория катастроф сводит огромное многообразие ситуаций к небольшому числу стандартных схем, которые можно детально исследовать. Анализ качественного поведения нелинейных динамических систем при изменении описывающих их параметров, позволяет описывать состояния, далёкие от равновесия, а также предсказывать резкую смену этих состояний. Теория катастроф – программа прогнозирования неустойчивости различных систем. Такое название она получила потому, что потеря устойчивости может быть катастрофична, даже если не приводит к гибели или разрушению системы, а лишь обуславливает переход к иной траектории развития. Катастрофа – скачкообразное изменение, возникающее в виде внезапного отклика системы на плавное изменение внешних условий, т.е. резкое качественное изменение объекта при плавном количественном изменении параметров, от которых он зависит. Теория катастроф – раздел математики, включающий в себя теорию бифуркаций, дифференциальных уравнений (динамических систем) и теорию особенностей гладких отображений. Одной из главных задач теории катастроф является получение нормальной формы исследуемого объекта (дифференциального уравнения или отображения) в окрестности «точки катастрофы» и построение классификации объектов. Теория бифуркаций динамических систем – теория, изучающая изменения качественной картины разбиения фазового пространства, в зависимости от изменения параметра (или нескольких параметров). Бифуркация – приобретение нового качества в движениях динамической системы при малом изменении её параметров. Бифуркация – раздвоение, разделение, разветвление чего-либо. Состояние процесса в динамической системе, при котором резко возрастают флуктуации, и выход из которого возможен по двум существенно различным трудно предсказуемым направлениям – хаотическому или упорядоченному. Динамическая система – математическая абстракция, предназначенная для описания и изучения эволюции систем во времени. Представляет собой математическую модель некоторого объекта, процесса или явления. Рассмотрим катастрофу ласточкин хвост. $x^5 + k^3x^3 + k^2x^2 + k^1x$ –катастрофа ласточкин хвост (swallowtail). графическое изображение в пространстве показано на рисунках 1.

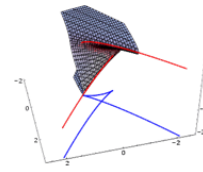


Рис. 1 – Катастрофа ласточкин хвост (swallowtail)

III. Выводы

В теории управления в последнее время получены исследования изменений поведения систем при больших конечных изменениях параметров и синтез законов управления в условиях большой неопределенности в знании свойств объекта, понимаемый как робастность, т. е. как способность системы сохранять устойчивость в условиях параметрической или непараметрической неопределенности в описании объекта управления. Важным прикладным результатом качественной теории динамических систем являются структурно устойчивые отображения и устойчивость соответствующей топологической структуры. Приведены, как основной прикладной результат теории катастроф, структурно устойчивых отображений и изложен обоснованный формализм анализа качественных изменений в динамических системах. Поставлена задача анализа и синтеза систем управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости для динамических объектов с подходом к синтезу систем управления в классе функций катастроф ласточкин хвост, придающих системе управления свойство наибольшей робастной устойчивости.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляк, Б. Т., Щербаков П. С. Робастная устойчивость и управление. – М.: Наука, 2002. – 303 с.
2. Safonof, M. G. Stability and robustness of multivariable feedback systems. – Cambridge, MA: MIT Press, 1980.
3. Chen, M. J., Desoer, C. A. Necessary and sufficient for robust stability of linear distributed feedback systems // Intern. J. Control. – 1982. – V.35, No.2. – P.255–267.
4. Бесекерский, В. А., Небылов, А. В. Робастные системы автоматического управления. – М.: Наука, 1983. – 239 с.
5. Gregoire Nicolis, Ilya Prigogine. Exploring Complexity an Introduction. – New York (1989).
6. Постон, Г., Стюарт, И. Теория катастроф и ее приложения. –М.: Мир, 1980.
7. Гилмор, Р. Прикладная теория катастроф. Т.1. –М.: Мир, 1981.
8. Бейсенби, М. А. Методы повышения потенциала робастной устойчивости систем управления. – Астана, 2011. –352 с.
9. Бейсенби, М. А. Модели и методы системного анализа и управление детерминированным хаосом в экономике. – Астана, 2011. – 201 с.
10. Бейсенби, М. А., Ержанов, Б. А. Системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости. – Астана, 2002. – 164 с.