

УДК 681.51

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ ПРИ НАРУШЕНИИ УСЛОВИЙ СОГЛАСОВАНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯХ НА УПРАВЛЕНИЕ

Суздалев О.Д., Пашенко А.В.

Научный руководитель – доцент, Герасимов Д. Н.

Аннотация

Предложен новый алгоритм для задачи адаптивного управления при насыщении на сигнал управления. Метод синтеза регулятора базируется на итеративную процедуру синтеза (бэкстеппинг).

Введение.

Рассматривается задача адаптивного управления классом нелинейных каскадных систем с несогласованными параметрическими неопределенностями и ограничением на управляющее воздействие.

Первое решение было предложено в [1] и основывалось на итеративной процедуре синтеза (бэкстеппинге) с избыточным количеством настраиваемых параметров. Для преодоления проблемы избыточности в [2] и [3] было предложено два решения. Первое основывалось на использовании функций настройки и методе функций Ляпунова в целях синтеза функций стабилизации и закона управления. Второе решение предполагало независимый (модульный) синтез регулятора, обеспечивающего свойство устойчивости “вход-состояние” в замкнутой системе, и алгоритма адаптации, т. н. модульного идентификатора, гарантирующего сходимости ошибки управления к нулю. В отличие от метода функций настройки, метод модульных идентификаторов позволил применить широкий спектр алгоритмов адаптации, включая алгоритмы с ускоренной параметрической сходимостью. Однако, как показано в [2], скорость настройки параметров регулятора существенно влияет на переходные процессы ошибки управления, вызывая “всплески”. Для устранения данного недостатка в [4] в закон управления включались старшие производные настраиваемых параметров, генерируемые алгоритмом высокого порядка [5]. В [6] вместо алгоритма высокого порядка была использована схема Крейссельмейера [7], позволяющая существенно ускорить параметрическую настройку регулятора. В настоящей работе предлагается расширить предложенный в [6] подход на случай ограничений на управляющего воздействия, которые являются естественными в большинстве практических приложений.

Основная часть.

Решение задачи основано на использовании:

- процедуры бэкстеппинга на основе метода модульных идентификаторов с включением старших производных настраиваемых параметров регулятора, генерируемых алгоритмом адаптации Крейссельмейера с ускоренной сходимостью. Предложенный способ позволяет снизить влияние скорости настройки параметров на ошибку управления;
- использования специального фильтра для ликвидации влияния ограничений по входу объекта на устойчивость системы.

Предложенный закон управления обеспечивает ограниченность всех сигналов в замкнутой системе и асимптотическое стремление выхода объекта к эталонному значению. За счет увеличения параметра адаптации существует возможность ускорения процесса адаптации и, как следствие, увеличения скорости сходимости ошибки управления к нулю. Свойства регулятора проиллюстрированы с помощью моделирования в системе MATLAB.

Выводы.

Регуляторы, разработанные с использованием предложенного метода, можно использовать в таких приложениях как управление неполноприводными робототехническими системами, системами с каскадным включением звеньев, левитационными платформами.

Дальнейшие исследования предполагает изучение алгоритма для неограниченных систем и предложение практического применения.

- [1] Kanellakopoulos I., Kokotovic P. V., Morse A. S. Systematic design of adaptive controllers for feedback linearizable systems // IEEE Trans. Automatic Control. 1991. V. 36. N 11. P. 1241-1253.
- [2] Krstić M., Kanellakopoulos I., Kokotović P. V. Adaptive nonlinear control without overparametrization // Systems & Control Letters. 1992. V. 19. N 3. P. 177-185.
- [3] Krstic M., Kokotovic P. V., Kanellakopoulos I. Nonlinear and adaptive control design. John Wiley & Sons, Inc., 1995. 563 p.
- [4] Nikiforov V. O., Voronov K. V. Adaptive backstepping with a high-order tuner // Automatica. 2001. V. 37. N 12. P. 1953-1960.
- [5] Morse A. S. High-order parameter tuners for the adaptive control of linear and nonlinear systems // Systems, models and feedback: Theory and Applications. Birkhäuser, Boston, MA, 1992. P. 339-364.
- [6] Nikiforov V. O., Gerasimov D., Pashenko A. Modular Adaptive Backstepping Design with a High-Order Tuner // IEEE Transactions on Automatic Control. 2021.
- [7] Kreisselmeier G. Adaptive observers with exponential rate of convergence // IEEE transactions on automatic control. 1977. V. 22. N 1. P. 2-8.

Суздаев О.Д. (автор)

Подпись

Пашенко А.Е. (соавтор)

Подпись

Герасимов Д.Н. (научный руководитель)

Подпись