

СИНТЕЗ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ ПО ВЫХОДУ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ ВХОДНЫМ СИГНАЛОМ

Данг Тхе Донг¹

Научный руководитель – докт. техн. наук, профессор Фуртат Игорь Борисович¹

¹Университет ИТМО

dangtd93@gmail.com

Работа выполнена в ИПМаш РАН в рамках гранта Российского научного фонда № 25-19-20075, <https://rscf.ru/project/25-19-20075/>.

Введение

В последние годы проблема управления системами с запаздыванием привлекла большое внимание в научно-техническом сообществе. В исследованиях [1-5] авторы предложили использовать модели прогнозирования для компенсации запаздывания. Однако эти методы имеют некоторые ограничения, такие как стабильность системы при малых запаздываниях в реализации интегрирующих компонентов, а также излишняя сложность предикторов пропорционально-интегрального типа. В работах [6, 7] Фуртат и Гуцин расширили алгоритм управления, синтезированный с использованием предикторов. Этот метод упрощает реализацию техники и расчет параметров. Однако работы [6, 7] применимы только для линейных систем с управлением по состоянию. Для повышения практической применимости для объектов с недоступными состояниями, в настоящем докладе предлагается обобщить результаты из [6, 7] для линейных объектов с методом управления по выходу.

Основная часть

Предлагается алгоритм управления линейной системой, основанный на выходном сигнале с учетом запаздывания в управляющем канале. Для синтеза закона управления используется наблюдатель Льюенбергера для оценки состояния системы. Затем применяется предиктор наблюдаемого состояния для предсказания вектора наблюдаемого состояния с учетом запаздывания. Используя методы Ляпунова-Красовского и достаточные условия для стабильности замкнутой системы, были установлены неравенства линейных матричных неравенств (ЛМН), которые могут быть решены. Доказана асимптотическая сходимость вектора состояния к нулю и конечный предел всех сигналов в замкнутой системе. Показано, что полученные ЛМН зависят от параметров объекта и запаздывания, что позволяет вычислять их предельные значения при условии стабильности системы. Результаты компьютерного моделирования были проведены для демонстрации эффективности предложенных методов.

Выводы

Синтезирован алгоритм управления по выходу линейными системами с запаздыванием, предполагая, что запаздывание является постоянной. Алгоритм основан на использовании предиктора наблюдаемого состояния. Получены достаточные условия устойчивости замкнутой системы в виде разрешимых линейных матричных неравенств. Эффективность алгоритма продемонстрирована с помощью результатов симуляции. Показано, что ошибка наблюдателя стабилизируется в окрестности нуля.

Литература

1. Smith J.M. Closer Control of Loops with Dead Time // Chem. Eng. Prog. 1959. No. 53. P. 2217–2219.

2. Manitius A.Z., Olbrot A.W. Finite Spectrum Assignment Problem for Systems with Delays // IEEE Trans. Autom. Control. 1979. V. AC-24. No. 4. P. 541–553.
3. Van Assche V., Dambrine M., Lafay J.F., Richard J.P. Some Problems Arising in the Implementation of Distributed-Delay Control Laws // Proc. 38th IEEE Conf. On Decision and Control, Phoenix, 1999.
4. Engelborghs K., Dambrine M., Rose D. Limitations of a Class of Stabilization Methods for Delay Systems // IEEE Trans. Autom. Control. 2001. V. AC-46. No. 2. P. 336–339.
5. Mondí'e S., Dambrine M., Santos O. Approximation of Control Laws with Distributed Delays: a Necessary Condition for Stability // Кибернетика. 2002. V. 38. No. 5. P. 541–551.
6. И. Б. Фуртат, П. А. Гущин. Алгоритм управления объектами с запаздывающим входным сигналом на базе субпредикторов регулируемой величины и возмущения // Автоматика и телемеханика. 2019. № 2. С. 3–23.
7. Furtat I., Gushchin P. Tracking control algorithms for plants with input time-delays based on state and disturbance predictors and sub-predictors // Journal of the Franklin Institute. 2019. Vol. 356. P. 4496–4512.