

Многоуровневое управление нелинейными системами



Сложные нелинейные системы, вроде энергетических установок, трудно управлять в реальном времени, особенно когда нужно одновременно учитывать ограничения на сигналы управления и быстрое изменение режима работы. Научный коллектив, в который вошли ученые СПбПУ, предложил решение, которое позволяет обходиться без упрощения модели и сохранять точность управления в таких условиях, а результаты этой работы опубликованы в журнале *Artificial Intelligence and Applications* (Q1).

Глобальная задача, которую решает эта работа, — сделать управление сложными нелинейными объектами не только точным, но и пригодным для работы в реальном времени, когда система должна быстро реагировать на изменения и при этом соблюдать ограничения по управляющим воздействиям. Это особенно важно для энергетики и других отраслей, где задержка в управлении или резкий сигнал могут привести к потере устойчивости, снижению эффективности или рискам для оборудования.

Авторы предложили многоуровневую иерархическую схему управления нелинейными системами с динамическими ограничениями на входы. На верхнем уровне эволюционный

алгоритм решает многокритериальную задачу оптимизации и формирует управляющую политику, а на нижнем уровне контур управления уточняет и применяет команды с учётом как допустимых диапазонов, так и ограничений на скорость их изменения. Чтобы компенсировать задержку, связанную с поиском политики, в схему добавлен этап онлайн-прогноза состояния системы на ближайший момент времени.

Работа вписывается в один из ключевых вызовов современной теории управления: как управлять нелинейным объектом без упрощения его модели через линеаризацию около рабочей точки. Для энергетических установок это особенно актуально, потому что режимы работы меняются, а традиционные методы часто теряют точность за пределами локальной области устойчивости. Предложенный подход позволяет обходиться без локальных аппроксимаций и при этом сохранять вычислительную пригодность для реального времени.

В качестве тестового объекта ученые рассмотрели модель барабанного котла-турбины мощностью 160 МВт. Авторы продемонстрировали, что схема способна переводить выходные параметры к заданным значениям быстрее, чем традиционные методы, сохраняя выполнение ограничений на управление. Результаты показали, что стратегия остаётся работоспособной даже при заметной вычислительной задержке поиска политики, а значит, может быть использована в реальных контурах управления.

Оригинал статьи: [Hierarchical Multi-objective Control of Nonlinear Systems with Dynamical Input Constraints. Artificial Intelligence and Applications 2026, Vol. 4\(1\) 57-67.](#)