

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ

Коломоец Э. А., студ.; Хорхордин А. В., проф., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Основной целью автоматизации является исключение непосредственного участия человека в управлении производственными процессами и другими техническими объектами. Поэтому автоматизация является одним из главных направлений научно-технического прогресса и важным средством повышения эффективности производства.

Развитие автоматики как науки позволило строить управляющие системы для широчайшего круга задач. Появились возможности создавать такие системы с заранее заданными параметрами, с необходимой точностью работы, устойчивые к влиянию внешних воздействий. Тем не менее, с развитием теории управления возникают новые требования к разрабатываемым системам, которые ранее невозможно было выполнить. Поэтому методы создания систем автоматического управления и проектирования регуляторов продолжают непрерывно и стремительно развиваться.

Современные принципы автоматического регулирования обращают внимание на важность использования специальных методов автоматического регулирования процессов с изменяющимися параметрами, непостоянными коэффициентами передачи и подверженных внешним воздействиям.

Среди таких методов можно выделить следующие:

- управление с использованием прогнозирующих моделей;
- упреждающее управление;
- отказоустойчивое управление;
- Anti-Windup управление.

В докладе рассматриваются перечисленные методы управления на примере существующего лабораторного стенда – аэродинамической модели с двумя степенями свободы.

Как и большинство летательных аппаратов, модель состоит из нескольких эластичных частей, таких как ротор, двигатель и управляющие поверхности. Нелинейные аэродинамические силы и сила тяжести действуют на объект, а гибкие конструкции увеличивают сложность и затрудняют реалистичный анализ. Поведение нелинейного объекта (рис.1) в некоторых аспектах напоминает вертолет. Он может выступать как статическая испытательная установка для воздушного транспорта с серьезными задачами управления.

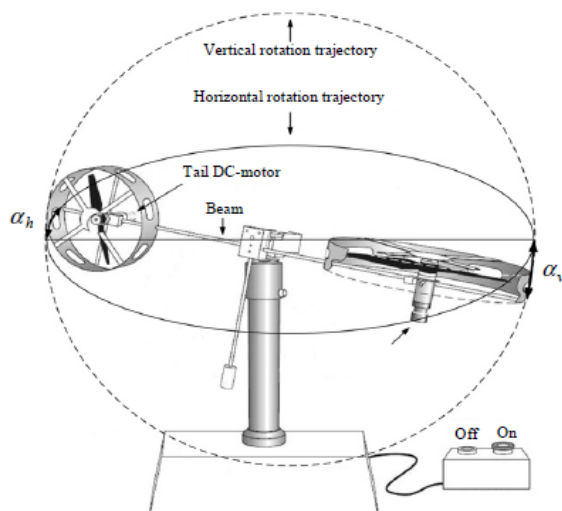


Рисунок 1 – Многомерная система с двойным ротором

Эта модель состоит из балки, шарнирно установленной на ее основании таким образом, что она может свободно вращаться как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. На каждом конце балки имеются два ротора (основной и хвостовой роторы), приводимые в действие двигателями постоянного тока. Два ротора управляются электродвигателями переменной скорости вращения, что позволяет модели вертолета вращаться в вертикальной и горизонтальной плоскости.

Управление с прогнозирующими моделями — один из современных методов теории управления. Метод стал широко применяться с начала 80-х годов XX века. Данный метод является улучшением классического управления с отрицательной обратной связью, в котором учитывается предсказание поведения объекта управления на различные типы входных воздействий. Обратная связь в таких системах управления используется для корректировки неточностей, связанных с внешними помехами и неточностью математической модели объекта управления. Регулятор полагается на эмпирическую модель процесса для того, чтобы предсказать дальнейшее его поведение, основываясь на предыдущих значениях переменных состояния.

Система с упреждающим управлением используется на сегодняшний день достаточно широко во многих отраслях промышленности. Считается, что такая система является наиболее надежной и адаптивной.

Упреждающее управление основывается на упреждающих оценках эффективности процессов, получаемых не на прогнозирующих моделях, заданных на основе ранее проведенных исследований, а исходя из непосредственных измерений двух сторон оценочного отношения: текущих расходов ресурсов, времени переходных процессов, а также статистики отказов и аварийных ситуаций. Сам принцип управления, основанный на упреждающих оценках эффективности использования ресурсов до того, как эти ресурсы будут реально использованы или исчерпаны, и является естественным условием достижения функциональной и эксплуатационной эффективности в сложных технологических комплексах.

Система с отказоустойчивым управлением (Fault-Tolerant Control (FTC)) - это относительно новая идея. Она заключается в разработке контрольной обратной связи, позволяющей поддерживать требуемой производительности системы в случае сбоев.

Стратегия управления предполагает, что существует механизм адаптации, который изменяет закон управления в случае неисправностей. В целом, системы FTC подразделяются на два различных класса: пассивный и активный.

В пассивном FTC контроллеры сконструированы таким образом, чтобы быть устойчивыми к предполагаемым неисправностям, что исключает необходимость в обнаружении неисправностей. Активные FTC, в отличие от пассивных, активно реагируют на сбой компонентов системы, реконфигурируя контрольные действия, и таким образом поддерживается стабильность системы и приемлемая производительность. Для управления углом TRMS разработан многопараметрический нелинейный регулятор H_{∞} .

Еще одним популярным методом является AW (Anti-Windup) управление. В настоящее время существует огромное множество подходов к описанию и решению данной проблемы.

Для компенсации постоянных возмущений в регулятор часто вводится интегрирующее звено. Проблема заключается в том, что в вертолетной системе существует опасность перенасыщения интегратора. То есть, учитывая большую погрешность между измеренным и желаемым углом наклона, или между измеренным и желаемым углом отклонения, интегратор выдает большое напряжение, которое может насытить усилитель. К тому времени, когда измеренный угол достигнет желаемого угла, интегратор наберет большое количество энергии, и останется насыщенным. Это может привести к большим колебаниям на выходе системы. Чтобы исправить это, используется интегральный AW алгоритм.

Особенно наглядно представить возникновение нежелательных ситуаций можно в случае, если система описывает объект управления в виде чистого интегратора с ограничением типа насыщения по входу, охваченного отрицательной обратной связью с ПИ-

или ПИД- регулятором. В этом случае, ошибка управления интегрируется регулятором, но при больших рассогласованиях она не может парироваться из-за наличия насыщения. Это приводит к появлению в системе колебательных процессов, соответствующих максимально возможным амплитудам входного воздействия для объекта управления (интегратора).

Компенсация насыщения возможна с помощью введения дополнительной обратной связи. Эффект интегрального насыщения можно ослабить, отслеживая состояние исполнительного устройства, входящего в насыщение, и компенсируя сигнал, подаваемый на вход интегратора. Структура системы с таким компенсатором показана на рисунке 2.

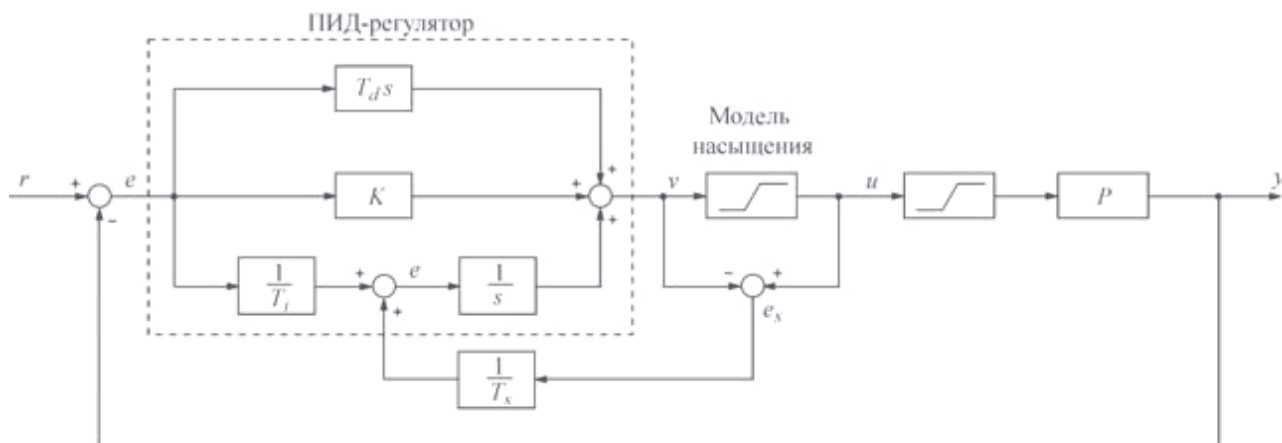


Рисунок 2 – Компенсация эффекта интегрального насыщения с помощью дополнительной обратной связи для передачи сигнала ошибки e_s на вход интегратора

Принцип её работы состоит в следующем. В системе вырабатывается сигнал рассогласования между входом и выходом исполнительного устройства $E_s = u - v$. Сигнал на выходе исполнительного устройства либо измеряют, либо вычисляют, используя математическую модель.

Если $E_s = 0$, это эквивалентно отсутствию компенсатора и получаем обычный ПИД-регулятор. Если же исполнительное устройство входит в насыщение, то $v > u$ и $E_s < 0$.

Можно также осуществить синтез регуляторов при ограничении на управляющее воздействие на основе методов оптимального управления, например, оптимального по быстродействию, или по затрачиваемой энергии. Однако подобные решения, приводят к релейному (разрывному) управлению, и даже для простейших систем реализация этих методов связана с существенными вычислительными трудностями. Поэтому в большинстве приложений оптимальные решения такого рода не используются, а синтезируется номинальный линейный регулятор в предположении отсутствия насыщения, в который вводится некоторый сигнал коррекции, когда насыщение становится активным.

Перечень ссылок:

1. Денисенко, В. В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации / В. В. Денисенко // ПИД-регуляторы: вопросы реализации. – Москва : НИЛАП, 2007 – Разд.4. – С. 87 – 97.
2. Дифференциальные уравнения и процессы управления / под ред. Г. А. Леонова. – Санкт-Петербург : Электронный журнал, 2012. – 36 с.
3. Fault-Tolerant Control of a 2DOF Helicopter (TRMS System) // International Conference on Control, Engineering & Information Technology (CEIT'13) / Department of Electronics, University of Blida and LASS Laboratory, Department of Electrical engineering, University of M'sila. – Ithilia, 2013 – 7 p.