

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

**Карпович Д.А., Бакаленко В.И., Козак П.С., Новицкая Д.Ю., Алешевич А.С.  
Белорусский государственный технологический университет  
г. Минск, Беларусь**

Большинство объектов в промышленности более сложны и не могут быть решены с помощью ПИД-регуляторов. Хотя сложные схемы ПИД-регулирования способны удовлетворить многие общие потребности, однако применение таких решений на практике имеет проблемы. Передовые технологии управления технологическими процессами, такие как оценка свойств и управление с прогнозированием моделей, являются результатом этих практических потребностей. Большинство передовых технологий управления основаны на моделях, при этом наиболее успешными являются оценка свойств на основе вывода и управление с прогнозированием моделей (MPC). MPC также изменил тенденции практического управления технологическими процессами и стал наиболее важной альтернативой или заменой сложных решений ПИД-регулирования. MPC представляет собой изменение подхода с локального контроля на общий контроль некоторых участков. Его успех зависит от хорошего понимания процесса и целостного взгляда на проблему управления, что находит отражение в адекватной структуре управления и качественных моделях процессов. Хорошо разработанный рабочий процесс имеет решающее значение для осуществления этого изменения мышления и обеспечения адекватности качества модели и структуры контроля.

Как доминирующая технология в управлении технологическими процессами более 100 лет, ПИД-регулирование оказалось очень успешным. В то же время, будучи простым алгоритмом управления с обратной связью, ПИД также имеет серьезные ограничения. Были предприняты бесчисленные попытки сломать эти ограничения; Некоторые улучшают существующие алгоритмы PID, в то время как другие делают ставку на совершенно другие технологии.

В промышленности можно выделить следующие серьезные проблемы управления технологическими процессами [1]:

- сильное многовариантное взаимодействие. Управление процессом часто включает в себя несколько входов и выходов, которые сильно взаимодействуют.
- большая задержка и большая длительность.
- технологические ограничения на управляющие воздействия.
- шумы и помехи. Многие источники шумов и помех с непредсказуемыми характеристиками влияют на динамическое поведение процесса.
- ненадежные или нечастые измерения ключевых параметров управления, такие как измерения качества на основе онлайн-анализаторов или лабораторных образцов.
- нелинейная и изменяющаяся во времени динамика. Большинство реальных процессов по своей природе нелинейны. Кроме того, поведение процесса меняется по мере того, как рабочая точка процесса перемещается из одной области в другую или время от времени.

Контур ПИД-регулятора с простым алгоритмом и чистым механизмом обратной связи не справляется с большинством вышеперечисленных проблем. Взаимодействие и координация между всеми соответствующими переменными процесса и контроллерами

имеют решающее значение для управления более широкой рабочей областью. Контур ПИД-регулирования управляет конкретная переменная изолированно и не обязательно заботится о взаимодействии и координации с другими контроллерами. Кроме того, по мере увеличения количества ПИД-регуляторов и вспомогательных функциональных блоков сложность схемы управления увеличивается в геометрической прогрессии. Внедрение и обслуживание становятся серьезной проблемой.

Разделение управления еще один подход к явному решению взаимодействия в многопараметрическом управлении. Однако его сложность ограничивает его широкое применение. Предсказатель Смита представляет собой превосходную структуру управления для компенсации длительного простоя. Однако из-за необходимости моделирования и нетривиальной настройки предиктор Смита не нашел широкого применения в обрабатывающей промышленности. Нелинейная динамика процессов является более сложной проблемой, и еще нет зрелых теорий или стандартных технологий для практического управления процессами. Нелинейную динамику обычно решают одним из трех способов: 1. Ограничение рабочей точки локальной линейной областью; 2. Применение нелинейного преобразования. 3. Использование нелинейного алгоритма управления [2].

Успех передовых технологий управления технологическими процессами зависит от тесной связи между теорией управления и практическими потребностями. Модельно-прогностическое управление (MPC) стало значительным прорывом в технологии управления процессами, которое было разработано для управления процессами и для управления процессами с четкой целью решения конкретных проблем процесса. Модель процесса, находящаяся в центре MPC, обеспечивает возможность решения проблем с несколькими переменными, компенсации длительных временных задержек и применения методов оптимизации для соблюдения ограничений – и все это в одном контроллере.

Архитектуры управления процессом строятся следующим образом. Внизу находится управление базовым уровнем на основе PID. MPC строится поверх базового уровня и учитывает переменные или свойства, такие как качество, емкость и доходность. Многие переменные процесса не могут быть измерены напрямую. Недоступные переменные определяются IPE или программными датчиками. Существует еще один тип вычисляемых значений, называемых ключевыми показателями производительности (KPI), которые предоставляют показатели производительности для различных свойств процесса, включая контроллеры для целей мониторинга.

MPC широко используется в обрабатывающей промышленности и в настоящее время является стандартом де-факто для расширенного управления технологическими процессами.

#### **Список использованных источников**

1. Niu, Steve & Xiao, Deyun. (2022). Methodology of Process Control Design. 10.1007/978-3-030-97067-3\_7.
2. Гринюк Д. А, Оробей И. О., Кузьмицкий И. Ф. Численное исследование алгоритмов уменьшения интегрального насыщения // Труды БГТУ. Серия VI, 2005, С.140-143.
3. Hryniuk D., Suhorukova I., Oliferovich N., Orobei I. (2018). Complex tuning of the PID controller according to integral criteria. 1-4. 10.1109/eStream.2018.8394117.