

УДК 621.37

Студ. Т.А. Гречная, М.А. Кашкан,
Науч. рук. ассист. Н.М. Олиферович, доц. Д.А. Гринюк
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)
АКТИВНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Большинство технологических объектов управления, особенно связанных с процессами тепло- и массообмена, изменяют свои свойства в процессе эксплуатации. Это обусловлено как распределенностью параметров температуры и концентрации, так и нелинейными свойствами этих процессов. Особенно это касается объектов с широким диапазоном регулирования. Такими объектами, к примеру, являются системы поддержания климата в жилых и административных зданиях, весьма популярные на сегодняшний день. Коэффициенты эквивалентных передаточных функций по каналам стабилизации могут изменять значения на порядок. Найти в таких условиях робастные настройки регулятора, которые обеспечат приемлемое качество переходного процесса, практически не возможно. Для поддержания стабильности технологических режимов требуется одновременно с регулированием проводить идентификацию параметров объекта управления. Организация периодических активных экспериментов сопряжена с большими экономическими затратами. В то же время, пассивные эксперименты на основании корреляционного анализа не всегда позволяют обеспечить определение передаточных функций объекта с приемлемой точностью, ввиду влияния метрологических свойств каналов информации. Кроме этого, они не пригодны для относительно быстрых изменений объектов управления.

На практике широкую популярность нашли системы идентификации реального времени на основе постоянной генерации по каналу управления (или задания) ступенчатого сигнала, который имитирует проведение активного эксперимента. Однако следует учитывать, что данный подход сопряжен с рядом проблем. Реальная разрядность промышленных контроллеров находится в районе 12-bit, а часто и 10-bit, с другой стороны технологический регламент не допускает существенных колебаний технологических параметров. Поэтому такая идентификация может приводить к большим погрешностям.

С целью определения динамических характеристик технологических процессов предлагается воздействовать на объект смесью гармонических сигналов, выбранных таким образом, чтобы они находились в области значительных изменений амплитудно-частотных характеристик (АЧХ), и, в то же время, вторичные гармоники, которые образу-

ются при прохождении сигнала через выходной цифро-аналоговый и входной аналогово-цифровой преобразователи, по минимуму попадали в спектр других гармонических сигналов. Выделение сигнала предполагается производить путем квадратурной демодуляции.

С целью сравнения возможностей определения в реальном времени динамики технологических объектов в условиях ограничения на количество разрядов на выходе, проведено математическое моделирование в Matlab гармонической (ГИ) и меандровой (МИ) идентификации. В качестве объекта был выбран апериодический объект третьего порядка с постоянными временами 150 с; 50 с; 16,7 с.

Для данного объекта были найдены настройки регулятора с использованием минимизации критерия с расчетом на отсутствие колебательности переходного процесса (рис. 1).

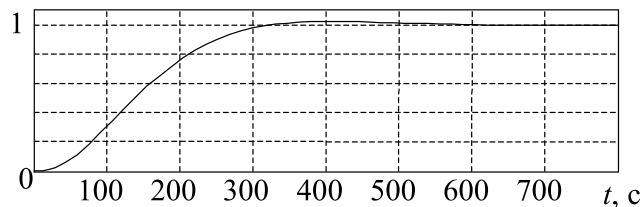


Рисунок 1 – Переходной процесс объекта управления

При выборе контрольных гармоник (КГ) руководствовались диапазоном частотной характеристики, при котором происходят максимальные изменения коэффициента передачи частотной характеристики объекта.

Первоначально выбиралась самая высокочастотная КГ1, затем более низкочастотная, такая, чтобы высокочастотная КГ находилась между вторичными гармониками низкочастотной. Далее выбиралась еще более низкочастотная, опять же с условием отдаления ее спектра от уже выбранных, в частности, в эксперименте использовались КГ с частотами 0,274; 1,23; 2,03; 3,52 мГц. Частота меандрового сигнала была выбрана из условия выхода объекта на стационарное состояние с погрешность не выше 0,5 % и составила 0,2604 мГц. В ходе эксперимента определяемые гармоники меандрового сигнала (МС) выбирали исходя из близости к КГ гармонической идентификации, в частности 1, 5, 8 и 14. Амплитуда МС ± 1 . Амплитуды КГ подбирались таким образом, чтобы на выходе путем перерасчета получались одинаковые значения, исходя из коэффициентов передачи по АЧХ объекта.

Производился отдельный анализ возможности идентификации объекта при отсутствии обратной связи и с обратной связью, при добавлении тестового сигнала (ТС) после регулятора либо по каналу задания (SP) (рис. 2).

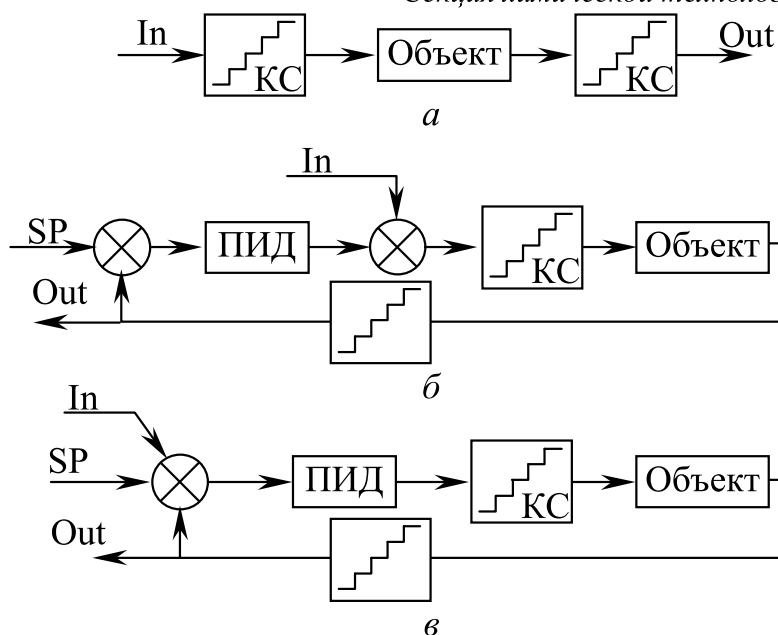


Рисунок 2 – Структуры моделирования *a* – при отсутствии обратной связи (S1); *б* – с обратной связью, при подаче ТС после регулятора (S2); *в* – с обратной связью, при подаче ТС по каналу задания (S3); In – точка приложения ТС; Out – выходной сигнал для анализа

Уровень квантователя (разница между соседними значениями) менялся синхронно на входе и на выходе с выбором точек по логорифмической зависимости от минимальных значений до 0,514, т.е. немного больше уровня половины МС. Моделирование ГИ и МИ производилось при одном уровне квантователя в рамках одной модели Simulink для обеспечения одинаковой точности. Моделирование проводилось на промежутке достаточном для выхода сигналов квадратурных демодуляторов на стационарное значение. Амплитуда и фаза сигналов определялась как среднее значение последних 1000 точек. Также производилась оценка дисперсии значений.

Результаты (табл. 1 – табл. 3) оценивались по отношению к амплитуде (фазе) гармоники, полученной из линейной структуры.

Таблица 1 - Максимальный уровень квантования для обеспечения точности 0,5% по амплитуде

Тип	КГ1	КГ2	КГ3	КГ4
ГИ – S1	0,514	0,514	0,514	0,514
ГИ – S2	0,514	0,514	0,514	0,514
ГИ – S3	0,514	0,514	0,514	0,256
МИ – S1	0,008	0,008	0,256	0
МИ – S2	0,032	0,096	0,096	0,064
МИ – S3	0,514	0,192	0,384	0,064

В таблицах значение 0,514 говорит о том, что точность в 0,5% обеспечивалась на всем диапазоне исследований. Таблица для дисперсии амплитуды не приводится, поскольку во всех случаях и для всех гармоник отличия от линейно системы не превышали 0,5%.

Таблица 2 - Максимальный уровень квантования для обеспечения точности 0,5% по фазе

Тип	КГ1	КГ2	КГ3	КГ4
ГИ – S1	0,514	0,256	0,514	0,256
ГИ – S2	0,514	0,384	0,384	0,384
ГИ – S3	0,514	0,192	0,514	0,514
МИ – S1	0,064	0,008	0	0
МИ – S2	0,008	0,514	0	0
МИ – S3	0,032	0,004	0	0

Таблица 3 - Максимальный уровень квантования при котором дисперсия фазы меньше 0,5%

Тип	КГ1	КГ2	КГ3	КГ4
ГИ – S1	0,514	0,514	0,514	0,384
ГИ – S2	0,384	0,514	0,514	0,514
ГИ – S3	0,514	0,514	0,514	0,514
МИ – S1	0,514	0,514	0	0
МИ – S2	0,514	0,514	0,096	0
МИ – S3	0,514	0,514	0	0

Анализ результатов показывает, что предложенный способ ГИ имеет большую точность в определении динамики в режиме реального времени. Из всех структур наилучшую точность показывает вариант идентификации без обратной связи S1. Наихудшие показатели – в случае воздействия на объект по каналу задания. Наличие обратной связи существенно влияет на форму сигналов, которые поступает на вход контроллера для анализа. Если для структуры S1 выход мало отличается от фрагмента показанного на рис. 6 (только высокочастотные составляющие теряют амплитуду больше чем низкочастотные), то S2 вносит значительные изменения в форму сигнала (рис. 8) и затрудняет анализ. Наибольшее уменьшение мощности отклонения выходного сигнала происходит в S2, вследствие его подавления обратной связью с регулятором.