



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИЙ АВТОНАСТРОЙКИ В ПИД-РЕГУЛЯТОРАХ

В.Л. Бажанов (СамГУПС)

Представлен анализ практической эффективности функций автонастройки в современных цифровых ПИД-регуляторах. Экспериментальным путем определяются границы области применимости функций. Качество получаемого автонастройкой результата оценивается по показателям переходных процессов в замкнутой системе. Называются причины, ограничивающие использование на практике традиционных версий функции автонастройки. Предлагается подход к решению проблемы качественной настройки ПИД-регуляторов на всем классе ПИД-управляемых объектов, основанный на методе масштабирования.

Ключевые слова: система авторегулирования, параметры настройки регулятора, ПИД-управляемые объекты, функция автонастройки, тестовые воздействия, область применимости, качество переходных процессов, метод масштабирования.

В настоящее время функция автонастройки присутствует в большинстве цифровых ПИД-регуляторов отечественного и зарубежного производства. Она реализуется в виде сервисной программной опции и позиционируется как средство, позволяющее регулятору самостоятельно определять оптимальные параметры настройки в зависимости от свойств объекта, которым он управляет. От оператора требуется только запустить в действие функцию согласно прилагаемой к регулятору инструкции. После этого регулятор самостоятельно производит все необходимые действия и расчеты и определяет параметры настройки. В результате получается готовая к работе система авторегулирования (в идеале, это оптимально настроенная система).

Такое не может не нравиться. Вполне естественно, что функция автонастройки воспринимается всеми позитивно. Например, менеджеры верхних уровней управления воспринимают автонастройку как средство, способное заменить высококвалифицированных специалистов по наладке систем автоуправления. А это прямая экономия бюджета. Производители, имеющие более реальное представление о практической автоматике, рассматривают автонастройку как полезный инструмент, который поможет им настраивать автоматику с высоким качеством и затрачивать при этом меньше сил и времени.

Привлекательность автонастройки превратила ее в элемент высокой маркетинговой значимости. Сегодня ПИД-регулятор без функции автонастройки может оказаться неконкурентоспособным на рынке средств автоматизации. Это осознают все производители регуляторов. Поэтому автонастройка присутствует в преобладающем большинстве современных моделей ПИД-регуляторов.

Специалисты передовых фирм создали целый ряд разных версий функции автонастройки. И рабо-

та в этом направлении продолжается. А это означает, что единой версии, которая смогла бы всех устроить, еще не существует. И этому не стоит удивляться. Ведь разработка функции автонастройки сопряжена с серьезными трудностями. Даже теория авторегулирования пока не предложила единой методики качественной настройки ПИД-регуляторов на всех ПИД-управляемых объектах. А автонастройка, хотя и опирается на теорию, является объектом суровой практической сферы, в которой каждое «допустим» и «предположим» оборачивается негативными последствиями и потерями. В результате разные версии функции оказываются неравноценными и, что хуже, неполноценными.

Основная трудность разработки функции автонастройки состоит в том, что алгоритм ее реализации сильно зависит от свойств управляемого объекта. Использование единого алгоритма приводит к тому, что даже наиболее совершенные версии автонастройки хорошо справляются со своей задачей только на ограниченном классе объектов (Кл-1). На расширении этого класса (Кл-2), качество получаемого результата падает, хотя система управления остается работоспособной. При выходе за пределы класса Кл-2 рассчитываемые автонастройкой параметры регулятора делают работу системы управления неудовлетворительной (вплоть до неустойчивости).

Такова реальность, о которой не принято информировать пользователей регуляторов, рассчитывающих на функцию автонастройки.

Чем совершеннее функция автонастройки, тем шире у нее класс объектов Кл-1. Разумеется, это не единственный показатель, по которому могут сравниваться разные версии автонастройки. Но прежде чем говорить о других показателях, вспомним общие принципы построения функций автонастройки.

Любая реализация функции автонастройки должна выполнять оценку свойств управляемого объекта. Сделать это можно единственным способом — подать на объект тестовые воздействия и затем провести анализ его ответной реакции.

В функциях автонастройки наиболее часто используются тестовые воздействия двух типов: в виде ступеньки известной величины и в виде чередующихся импульсов прямоугольной формы. Применяются воздействия и других типов. Выбор тестовых воздействий во многом определяет класс объектов (Кл-1), на которых сможет успешно работать создаваемая версия автонастройки. Например, версии со ступенчатым тестовым воздействием, как правило, исключают из этого класса все астатические (интегрирующие) объекты. Об этом пользователи предупреждаются также далеко не всегда. Можно привести еще пример. Экспериментальные испытания функций автонастройки с тестовыми воздействиями в виде чередующихся импульсов обнаруживают неработоспособность таких функций на объектах управления с астатизмом второй степени, описываемых передаточной функцией следующего вида:

$$W(p) = \frac{k}{p^2 \prod_{i=1}^m (T_i p + 1)}, \quad (1)$$

где m — целое положительное число; $(m+2)$ — порядок объекта.

Объекты (1) относятся к числу тех, которыми способны управлять ПИД-регуляторы (то есть это ПИД-управляемые объекты). Применение функции автонастройки на объектах (1) в лучшем случае приведет к напрасной потере времени, в худшем — повредит объект управления. Уберечь от этого может только опыт.

Необходимость тестовых воздействий при автонастройке неизбежно порождает вопрос об их безопасности для управляемого объекта. Обычно используются достаточно глубокие воздействия, чтобы реакция объекта управления оказалась отчетливо выраженной и позволяла бы надежно оценивать его свойства. Поскольку автонастройка запускается на «живом» объекте, а не на модели, то опасные воздействия недопустимы. Безопасность является приоритетным требованием. В случае сомнений правильнее отказаться от применения автонастройки. Принять обоснованное решение может только специалист, знающий как свойства объекта управления, так и специфику применяемой версии автонастройки.

В некоторых версиях функции автонастройки величина тестовых воздействий может устанавливаться пользователем. Такой способ уберечь управляемый объект от возможных неприятностей, также рассчитан на специалиста.

Если кто-то еще не успел расстаться с иллюзией относительно способности функции автонастройки заменить профессионального наладчика систем автотрегулирования, то сейчас самое время сделать это.

Предположим, что функция автонастройки оказалась в руках вполне подготовленного специалиста, и он пришел к благоприятному заключению, что применение автонастройки допустимо. Сразу возникает очередной вопрос, как корректно запустить функцию в работу? Многие из существующих версий функции выдвигают специальные требования к состоянию управляемого объекта (или системы в целом) на момент запуска режима автонастройки. Например, возможно требование, чтобы объект находился в установившемся (равновесном) состоянии или чтобы рассогласование в системе было бы не меньше некоторой величины, и т. п. Несоблюдение этих требований внесет непредсказуемость в результат автонастройки. А их выполнение в отдельных случаях может быть затруднено по технологическим обстоятельствам либо требовать слишком больших затрат времени. Это также может заставить отказаться от применения функции автонастройки.

Следует заметить, что ситуации, когда автонастройкой по той или иной причине невозможно воспользоваться, являются вполне типичными. Трагедии в этом нет. Наладчик САР оказывается в обычном положении, когда ему придется определять параметры регулятора традиционными способами.

Во многих случаях все-таки удастся соблюсти условия корректного запуска функции автонастройки. И тогда наладчик САР, осуществив запуск, передаст всю инициативу регулятору. Теперь ему остается спокойно дожидаться желанного результата. Однако отвлекаться «на кофе» неосмотрительно. Правильнее не ослаблять внимания и быть готовым к неожиданностям. Они могут появиться в виде случайных возмущений, влияющих на поведение регулируемой переменной. Если возмущения исказят реакцию объекта на тестовые воздействия, то параметры настройки, рассчитанные по такой реакции, окажутся недостоверными. В таких случаях придется запустить режим автонастройки заново. Потребуется время и терпение. Особенно на инерционных (медленных) объектах, когда процедура автонастройки длится долго, и вероятность появления возмущений становится высокой. Хуже, если возмущения не просто затянут автонастройку, а приведут объект управления к опасному состоянию, что вполне возможно, поскольку в период автонастройки регулятор управлением не занимается.

Функция автонастройки требует постоянного контроля со стороны наладчика вплоть до самого ее окончания. Поэтому расчет на экономию времени ничем не оправдан. Только в случае нормального протекания и завершения режима автонастройки пользователь вправе надеяться на получение желаемого качественного результата. Подчеркнем, именно надеяться, а не быть уверенным.

При отсутствии гарантий обязательна проверка полученного результата и последующая корректировка параметров регулятора, если качество ра-

боты системы не соответствует предъявляемым требованиям. Предвидя частую необходимость в процедуре корректировки, некоторые производители ПИД-регуляторов предоставляют специальную инструкцию по ее выполнению.

Следует отметить, что многие опытные наладчики САР, учитывая затраты времени на автонастройку, связанные с ней риски и необходимость последующей проверки и корректировки результата, предпочитают сразу начинать с экспериментального подбора параметров ПИД-регулятора, опираясь на свой профессиональный опыт. Этот факт говорит не в пользу автонастройки.

Так сложилось, что у производителей ПИД-регуляторов функция автонастройки оказалась своего рода объектом состязания. Конкуренция породила многообразие версий и способствовала их совершенствованию. У наладчика появилась возможность выбрать наиболее совершенную версию, изучить ее до тонкостей и максимально использовать в качестве инструмента при пуско-наладке систем авторегулирования. Однако реализовав такую возможность, наладчик обнаружит новое затруднение, связанное с тем, что ПИД-закон управления в цифровых регуляторах разных производителей программируется по-разному. Чаще всего фирменные особенности и усовершенствования вносятся с целью повысить эффективность работы регуляторов. В результате разные модели ПИД-регуляторов на одном и том же объекте управления требуют разных настроек, чтобы система управления работала наилучшим образом. В таких условиях использовать единую функцию автонастройки становится затруднительно. Осваивать многообразие версий функции и поддерживать «в форме» навыки их применения обременительно даже для профессионального наладчика САР. В этом смысле в выгодном положении оказываются те, кто имеет дело с регуляторами только одного производителя.

Теперь позволим себе одно «кошунственное» предположение. Возможно, что проблема создания функции автонастройки, работоспособной на всех ПИД-управляемых объектах, в ее традиционной постановке, предусматривающей полное исключение специалиста из процесса настройки ПИД-регулятора, является в принципе неразрешимой. Возможно следует изменить подход к проблеме, несколько модифицировать постановку задачи, чтобы получить решения, способные в большей степени отвечать интересам практики?

В пользу такого предположения можно привести пример — метод масштабирования (ММ) для настройки регуляторов в замкнутых системах управления [1, 2]. Одна из особенностей ММ состоит в том, что он позволяет распределить обязанности между наладчиком САР и настраиваемым цифровым регулятором.

На наладчика возлагаются простые, но требующие внимания человека действия:

- выбор величины тестовой ступеньки, подаваемой на объект управления и гарантирующей его безопасность;
- указание регулятору момента для нанесения на объект тестового воздействия;
- наблюдение за отсутствием случайных возмущений в период записи реакции объекта на тестовое воздействие;
- подача регулятору команды о прекращении записи реакции объекта.

Следует отметить, что для надежного определения настроек ПИД-регулятора по методу масштабирования необязательно записывать кривую разгона объекта целиком. Достаточно ее начального участка. Это сокращает время записи и снижает вероятность появления возмущений, способных сорвать процедуру настройки.

На последнем этапе ММ предлагает наладчику выбрать предпочтительный тип переходных процессов для настраиваемой системы. В традиционных версиях функции автонастройки подобный сервис не предусматривается. В лучшем случае оговаривается общий характер ожидаемых переходных процессов.

Всю остальную работу ММ полностью передает цифровому регулятору, который анализирует реакцию объекта, выполняет необходимые вычисления и определяет искомые параметры настройки.

Опыт применения ММ показывает, что помимо оперативности и безопасности, метод обладает и другими практическими достоинствами, например, он позволяет:

- выполнять настройку регуляторов на всех ПИД-управляемых объектах;
- обходиться без дополнительной корректировки получаемых параметров настройки (гарантировать высокое качество результата);
- настраивать регуляторы разных модификаций, имеющих фирменную специфику в программе ПИД-алгоритма.

Вернемся к функции автонастройки.

Когда работа функции нормально завершается получением искомого параметра для ПИД-регулятора, то первое, в чем нуждается наладчик, это выяснить, какое качество работы системы управления обеспечит регулятор при найденных настройках. И это крайне важно, поскольку в силу ранее названных причин, качество может оказаться очень разным. От хорошего до неприемлемого.

Ответ даст только экспериментальная проверка. Она возможна либо сразу на реальном объекте, либо сначала на его модели, если требуется осторожность. И так приходится поступать в каждом отдельном случае.

Для проверки действительных возможностей функций автонастройки, используемых в ПИД-регуляторах отечественного и зарубежного производства, специалисты НПП «ПОРА-USWO» подвергли экспериментальным испытаниям несколько версий функции. Испытания проводились на компьютер-

ном имитаторе объектов управления, содержащем устройство ввода/вывода сигналов, которое позволяло подключать к имитатору серийно выпускаемые ПИД-регуляторы. Имитатор воспроизводил в режиме реального времени поведение объекта управления, передаточная функция которого задавалась пользователем. Объекты моделировались совместно с датчиком регулируемой переменной и исполнительным механизмом. Их характеристики также выбирал пользователь.

В ходе экспериментов режим автонастройки запускался с соблюдением требований, указываемых в инструкции разработчика. Работа на имитаторе гарантировала нормальный ход процедуры автонастройки без воздействия на объект посторонних возмущений и давала возможность ее точного повторения. Полученные автонастройкой параметры выставлялись на ПИД-регуляторе, и замкнутая САУ запускалась в работу. Оценка результативности функции автонастройки производилась на основе показателей качества переходных процессов, наблюдаемых в системе авторегулирования. Работа системы оценивалась в двух режимах: при подаче на объект управления внешнего возмущения (режим стабилизации), а также при изменении уставки задания регулятору (режим слежения). Проводилось сравнение с аналогичными процессами в той же системе, но при настройках ПИД-регулятора, найденных по методу масштабирования.

В качестве примера предлагаются результаты экспериментальных испытаний функции автонастройки, используемой в цифровых ПИД-регуляторах dTRON-308 фирмы JUMO (Германия).

В этих регуляторах реализованы два варианта функции автонастройки, которые отличаются видом тестовых воздействий, подаваемых на управляемый объект. В первом варианте тестовые воздействия представляют собой чередующиеся импульсы. Этому варианту разработчики дали название *oscillation method*. Второй вариант использует воздействие в виде ступеньки. Он называется *step response method*.

Работоспособность обоих вариантов автонастройки проверялась на объектах управления разного порядка и степени астатизма. В том числе на объектах, обладающих: самовыравниванием (нулевая степень астатизма); астатизмом первой и второй степени; транспортным запаздыванием.

Испытуемый регулятор конфигурировался как PID-continues с токовыми сигналами 4...20 мА на входе/выходе. Единицами измерения сигналов были выбраны проценты, соответствующие соотношению:

$$4...20 \text{ мА} \leftrightarrow 0...100\%. \quad (2)$$

Выходной (управляющий) сигнал регулятора $Y(t)$ подчинялся ограничению:

$$0 \leq Y \leq 100\%. \quad (3)$$

Первое испытание функции автонастройки проводилось на объекте управления 4-го порядка с са-

мовыравниванием. На имитаторе были выставлены параметры объекта, описываемого передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{1}{(10p+1)^4}. \quad (4)$$

Оба варианта функции автонастройки запускались неоднократно при одинаковом и разном исходном состоянии управляемого объекта. Автонастройка по колебательной реакции (*oscillation method*) продемонстрировала хорошую повторяемость результатов ($\pm 5\%$). Полученные параметры настройки ПИД-регулятора имели следующие значения:

$$Pb = 67,3 (K_p = 100/Pb \approx 1,49); rt(T_u) = 44; dt(T_d) = 11. \quad (5)$$

Второй вариант автонастройки (*step response*) на объекте (4) также оказался работоспособным. Однако при его повторных запусках получаемые результаты имели заметный разброс. Это определенно недостаток варианта. Наиболее близким к значениям (5) оказался такой результат:

$$Pb = 75,7; rt = 45; dt = 11. \quad (6)$$

Качество полученных результатов (5) и (6) оценивалось по переходным процессам в замкнутой системе при подаче на вход объекта ступенчатого возмущения величиной 20% (режим стабилизации), а также при изменении задания регулятору на 5% (режим слежения). Необходимость учета обоих режимов объясняется спецификой ПИД-алгоритма управления. Она состоит в том, что оптимальные настройки ПИД-регулятора для режима стабилизации и слежения не совпадают. Поэтому выбор единых настроек для обоих режимов является компромиссным решением.

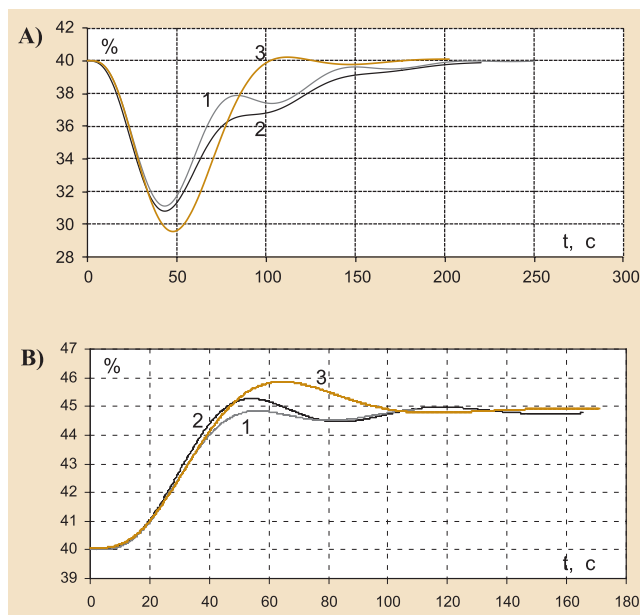


Рис. 1. Переходные процессы в САУ с объектом (4), где А) – режим стабилизации; В) – режим слежения.

Переходные процессы в замкнутой системе при настройках (5) и (6) представлены на рис. 1 кривыми 1 и 2.

Оба варианта настроек (5) и (6) обеспечивают системе устойчивость. Переходные процессы в режиме стабилизации получаются несколько затянутыми во времени. Выход на задание сопровождается не вполне оправданными колебаниями регулируемой переменной. Достаточно хорошо выглядят переходные процессы в режиме слежения. Хотя их также портит излишняя колебательность.

ММ предлагает для ПИД-регулятора dTRON-308 на объекте (4) следующие параметры настройки:

$$Pb = 140; rt = 32; dt = 8. \quad (7)$$

Переходные процессы в САР при настройках (7) показаны на рис. 1 кривыми 3.

Видно, что в режиме стабилизации сократилось время регулирования. В характере процессов почти исчезла колебательность. Как плата за эти достоинства, несколько увеличилось динамические ошибки управления.

В целом разница в качестве работы САР при настройках (5), (6) и ММ-настройках (7) получилась незначительной. Можно устранить излишнюю колебательность в переходных процессах 1 и 2. Для этого потребуется дополнительная корректировка настроек (5) и (6). Параметры ПИД-регулятора (7), полученные ММ, в корректировке не нуждаются.

Для оценки работоспособности функции автонастройки от фирмы JUMO на всем классе объектов, обладающих самовыравниванием, ее испытания были продолжены на объектах разного порядка. Экспериментально установлено, что качество результата, определяемого автонастройкой, снижается по мере увеличения порядка управляемого объекта. Убедиться в этом позволяют данные испытаний, полученные на объекте 12-го порядка с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{1}{(6p + 1)^{12}}. \quad (8)$$

Функция автонастройки в варианте oscillation method сработала нормально и рассчитала для ПИД-регулятора следующие параметры:

$$Pb = 133,6; rt = 89; dt = 22. \quad (9)$$

ММ на объекте (8) предлагает несколько иные значения:

$$Pb = 200; rt = 38; dt = 10. \quad (10)$$

Переходные процессы в САР при настройках регулятора (9) и (10) показаны на рис. 2.

Отчетливо видно, что результат автонастройки (9) нуждается в корректировке с целью устранения излишней колебательности переходных процессов. Наилучшие параметры настройки, которые можно без поправок выставлять на ПИД-регуляторе dTRON-308, функция автонастройки определяла

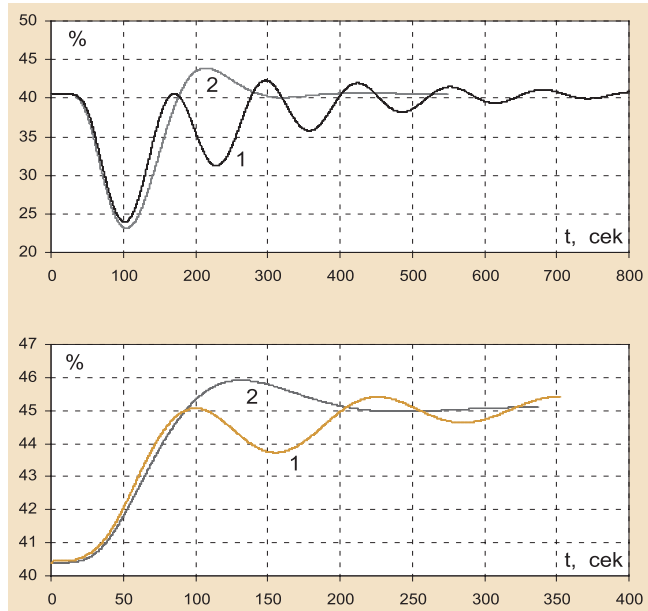


Рис. 2. Переходные процессы в САР с объектом 12-го порядка (8) (сверху – режим стабилизации, снизу – режим слежения), где 1 – параметры регулятора (9), рассчитанные функцией автонастройки; 2 – параметры регулятора (10), полученные методом масштабирования.

на объектах 2-го и 3-го порядков, 4-й порядок — уже критический (рис. 1). На объектах, имеющих порядок выше 4-го, результат автонастройки следует рассматривать как начальное приближение, подлежащее последующей корректировке.

Так работает функция автонастройки от JUMO на объектах с самовыравниванием.

Следующий пример дает представление о том, насколько успешно можно применять автонастройку на объектах управления интегрирующего типа или на объектах с астатизмом первой степени. Такие объекты могут иметь высокий порядок. Они относятся к числу ПИД-управляемых, и достаточно часто встречаются на практике.

Для реализации на компьютерном имитаторе был выбран интегрирующий объект управления 3-го порядка с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{0,004}{p(10p + 1)^2}. \quad (11)$$

Испытание автонастройки с тестовым воздействием в виде ступеньки (step response method) завершился безуспешно. Регулятор аномально прервал процедуру. И этого следовало ожидать, поскольку интегрирующий объект реагирует на ступеньку линейным нарастанием, достигающим верхнего предела измерения датчика регулируемой переменной.

Второй вариант автонастройки с тестовыми воздействиями в виде чередующихся импульсов (oscillation method) отработал на объекте (10) вполне успешно. Вот его конечный результат:

$$Pb = 7,1; rt = 54; dt = 13. \quad (12)$$

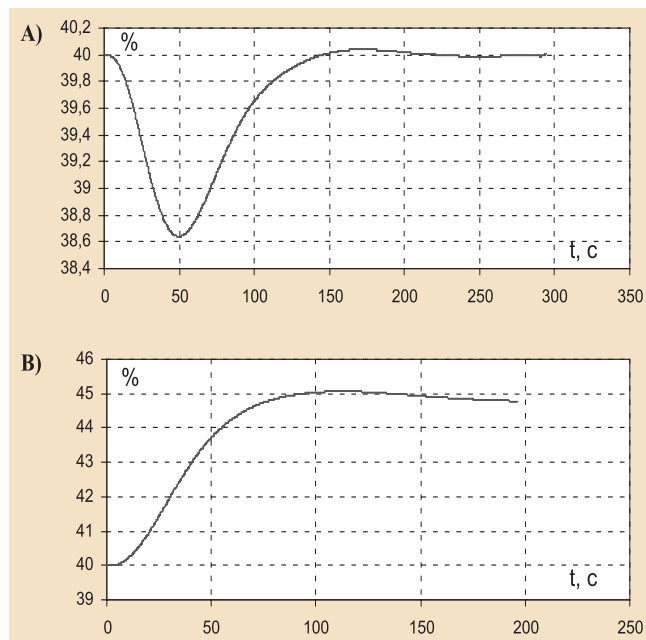


Рис. 3. Переходные процессы в САР с объектом (11), где А) – режим стабилизации; В) – режим слежения.

Повторные запуски функции подтвердили повторяемость получаемых результатов. Но разброс оказался несколько выше, чем на объектах с самовыравниванием. На рис. 3 можно видеть переходные процессы в САР с объектом (11) и ПИД-регулятором dTRON-308, имеющим параметры настройки (12).

Характер процессов является одним из лучших. Параметры (12) в корректировке не нуждаются. Можно поздравить разработчиков функции автонастройки для регуляторов JUMO с таким результатом. Он означает, что объект (11) принадлежит классу Кл-1.

Эксперименты были продолжены на интегрирующих объектах других порядков, и выявили картину, аналогичную той, что и на объектах с самовыравниванием. По мере роста порядка объекты сначала выходят за рамки класса Кл-1 и переходят в Кл-2, а затем начинают покидать и его пределы.

Задача следующего этапа — оценить работоспособность функции автонастройки на объектах управления, имеющих вторую степень астатизма. Вспомним о том, что для ПИД-управления вторая степень астатизма является предельно допустимой. На объектах с астатизмом 3-й степени и выше ПИД-регулятор не обеспечивает устойчивость замкнутой САР, какие бы параметры настройки ему не выставлялись.

Для испытаний был выбран объект управления с астатизмом второй степени и второго (наименьшего возможного) порядка. Его передаточная функция имела следующий вид:

$$W(p) = \frac{0,005}{p^2}. \quad (13)$$

Испытывался только вариант функции автонастройки с импульсными тестовыми воздействиями, поскольку автонастройка со ступенчатым те-

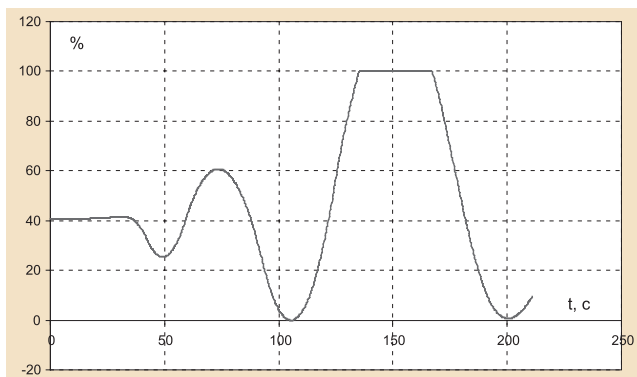


Рис. 4. Реакция объекта управления (13) на тестовые воздействия регулятора.

стовым воздействием на объекте (13) заведомо неработоспособна. Эксперименты сразу выявили, что чередующиеся импульсные воздействия, подаваемые на управляемый объект регулятором фирмы JUMO, приводят к расходящимся колебаниям управляемой переменной, достигающим границ диапазона измерения датчика (рис. 4). Аналогичная картина наблюдалась и при испытаниях версий автонастройки других разработчиков. Некоторые из версий сами обнаруживали чрезмерные колебания управляемой переменной и прерывали режим автонастройки, уведомляя об этом сообщением ERROR.

Функция автонастройки в регуляторах dTRON-308 доводила процедуру до завершения, не обращая внимания на большие вариации регулируемой переменной, способные представлять опасность для объекта управления. И, несмотря на искаженную ограничениями реакцию объекта, функция определила для ПИД-регулятора параметры настройки:

$$Pb = 175,4; rt = 76; dt = 19. \quad (14)$$

Доверять такому результату небезопасно.

Естественно, он был проверен на компьютерном имитаторе объектов. Испытания показали, что регулятор dTRON-308 с настройками (14) справляется с управлением объектом (13). Переходные процессы, характеризующие работу замкнутой САР в режиме стабилизации и слежения, представлены на рис. 5 кривыми 1.

Для оценки степени недоиспользования возможностей ПИД-регулятора при настройках (14) на рис. 5 показаны переходные процессы (кривая 2), которые получаются при настройках, рассчитанных ММ:

$$Pb = 50; rt = 38; dt = 15. \quad (15)$$

Видно, что в режиме стабилизации регулятор с настройками (14) допускает максимальную ошибку управления, в 4 раза (!) превышающую аналогичную ошибку при настройках (15). Не менее заметно процессы «1» проигрывают процессам «2» по такому показателю, как время регулирования.

Работу функции автонастройки на объекте управления (13) с астатизмом второй степени нельзя признать удовлетворительной. И это при том, что объект

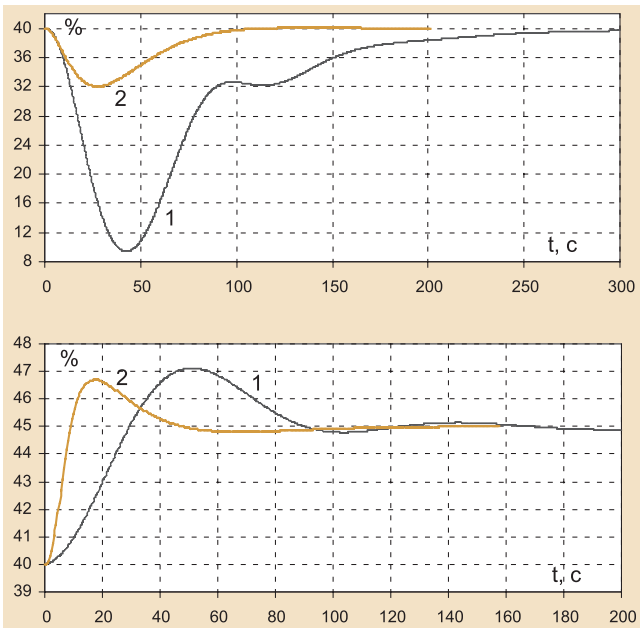


Рис. 5. Переходные процессы в САР с объектом управления (13), где 1 – ПИД-регулятор с настройками (14); 2 – ПИД-регулятор с ММ-настройками (15).

(13) имеет минимально возможный порядок. Общий вывод очевиден: функция автонастройки на объектах с астатизмом второй степени неприменима. Эти объекты находятся уже за пределами класса Кл-2.

Испытания функции автонастройки на объектах управления с транспортным запаздыванием выявили вполне ожидаемую картину: чем больше время запаздывания, тем хуже качество получаемого результата. Негативные последствия запаздывания проявляются по-разному у разных версий функции. Многое зависит от порядка и степени астатизма запаздывающего объекта.

Заключение

В целом приходится признать, что существующие версии функции автонастройки, несмотря на их разнообразие, не стали успешным решением проблемы качественной настройки ПИД-регуляторов на всех ПИД-управляемых объектах. Наиболее совершенные версии способны определять пригодные для использования параметры ПИД-регуляторов на ограниченной части объектов. Как правило, это объекты малого (не выше 4-го) порядка с астатизмом нулевой и первой степени. На оставшейся части ПИД-управляемых объектов автонастройка либо не обеспечивает нужного качества результата, либо оказывается в принципе неприменимой. Со стороны каждого разработчика функции было бы весьма корректно информировать пользователей о том, на каких объектах она способна работать надежно.

Превратить функцию автонастройки в рабочий инструмент и извлекать из нее возможную пользу в состоянии только специалист, изучивший особенности конкретной версии функции и накопивший опыт ее практического применения. В руках не подготовленного пользователя функция автонастройки может представлять опасность и приводить к аварийным последствиям.

Среди причин, по которым специалисты уклоняются от применения функции автонастройки на практике, стоит отметить слабую определенность, а чаще отсутствие сведений о характере и показателях качества переходных процессов в системе управления, которые обеспечит ПИД-регулятор с параметрами, полученными с помощью функции автонастройки. Для практики важны гарантии качественного результата.

Возможно, что проблемы современных версий автонастройки обусловлены стремлением разработчиков полностью исключить из процесса человеческий фактор.

Заслуживает внимания иной подход к решению проблемы настройки ПИД-регуляторов в замкнутых системах автоуправления, предусматривающий рациональное распределение обязанностей между наладчиком САР и цифровым регулятором. Новый подход позволяет преодолеть трудности, оказавшиеся непосильными для традиционных версий функции автонастройки. Предлагается вариант реализации такого подхода, построенный на основе ММ. Вариант открывает возможности, которые приводят к результатам, имеющим для практики первостепенное значение:

- процедура настройки регуляторов становится максимально безопасной для управляемых объектов;
- гарантируется высокое качество настройки регуляторов (без дополнительных корректировок);
- обеспечивается заранее согласованный (предпочтительный для пользователей) характер переходных процессов в настраиваемых системах авторегулирования;
- достигается возможность настройки регуляторов на всех ПИД-управляемых объектах.

Список литературы

1. Бажанов В. Л. Метод масштабирования - эффективный инструмент для практической настройки регуляторов в замкнутых САР // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 6.
2. Бажанов В. Л., Вайшнарас А. В. Программа «ММ-настройка» для определения параметров ПИД-регуляторов по методу масштабирования // Автоматизация в промышленности. 2007. № 6.

Бажанов Владимир Леонидович — канд. техн. наук, доцент кафедры "Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте" Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС). Контактный телефон (927) 760-28-84. E-mail: tklinkov@mail.ru