

$$W(p) = \exp\left(\frac{-\tau_L \cdot p}{\sqrt{1 + \tau \cdot p}}\right).$$

Здесь τ_L – время прохождения волны вдоль траса, τ – постоянное времени внутреннего трения. Известна экспериментальная переходная характеристика такого объекта, имеющего параметры $\tau_L = 0,05$ с и $\tau = 0,01$ с. Она не приведена в работе, так как представляет собой типичную монотонную характеристику динамического объекта. В этом примере задача состоит в вычислении значений параметров τ_L и τ по экспериментальной характеристике $h(t)$. Дополнительная информация об объекте – время установления переходного процесса $t_y = 0,12$ с. Размерность численной характеристики определена числом искомых коэффициентов: $\eta = 2$. Приняв в формуле:

$$\delta_1 = \frac{-\ln\left(\frac{\Delta}{h(t_y)}\right)}{t_y} \quad (5)$$

$$\delta_i = i\delta_1, i = \overline{2, \eta}.$$

$$\Delta = 0,001,$$

найдем значение первого узла, затем по условию равномерной сетки второго: $\delta_1 = 57$, $\delta_2 = 114$.

При параметрах интегрирования $\Delta t = 0,001$ и $N = 120$ по формуле (4) определится численная характеристика объекта. Теперь можно составить систему уравнений вида (7):

$$\begin{cases} W(\delta_1) = \exp\left(\frac{-57\tau_L}{\sqrt{1+57\tau}}\right) = 0,09804, \\ W(\delta_2) = \exp\left(\frac{-114\tau_L}{\sqrt{1+114\tau}}\right) = 0,01890. \end{cases}$$

Решение системы дает следующие результаты:
 $\tau_{L,м} = 0,05133$; $\tau_{,м} = 0,01020$.

Результаты можно признать удовлетворительными. Были найдены оценки на основе частотных характеристик. Они тоже показали, что улучшать решение нет необходимости, поэтому задача считается решенной.

Заключение

В работе предложен способ идентификации объектов управления, описываемых передаточными функциями с характерными для объектов с распределенными параметрами – с иррациональными и/или трансцендентными составляющими. Способ основан на применении машинно-ориентированного метода, позволяющего привлекать численные методы и цифровые вычислительные средства. Способ может быть использован для расчета регуляторов САУ. Еще одно, прямое направление в его применении, построение самонастраивающихся регуляторов, работающих на идентификационном принципе.

Литература

1. Шевяков А.А. Управление тепловыми объектами с распределенными параметрами / А.А. Шевяков, Р.В. Яковлева. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.
2. Кувшинов Г.Е., Наумов Л.А., Чупина К.В. Системы управления глубинной погружения буксируемых объектов: монография. Владивосток: Дальнаука, 2005. – 285 с.
3. W. Harmon Ray. Advanced process control. – New York: McGraw-Hill Book Company, 1981. – 376 p.
4. Гончаров В.И. Вещественный интерполяционный метод синтеза системы автоматического управления. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 1995. – 109 с.

ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ В СИСТЕМЕ СТАБИЛИЗАЦИИ ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИПРОМЫСЛОВОЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Тутов И.А.

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: ivantutov@tpu.ru

Базовые вопросы теории автоматического регулирования (ТАР) были решены ещё в 60-х годах прошлого века. В дальнейшем были достигнуты значительные результаты в применении систем автоматического управления (САУ) и последующее развитие теории привело к формированию самостоятельной инженерной дисциплины – теории автоматического управления (ТАУ). Классически рассматриваемым регулятором в данной дисциплине является ПИД-регулятор. В своей основе он позволяет практически решить около 80% задач автоматизации. Регулятор довольно прост в устройстве, инженеру любой квалификации ясен принцип его функционирования и разработано огромное количество методов его настройки. Бла-

годаря этим качествам данный регулятор получил весьма широкое распространение в составе САУ и автоматизированных системах управления (АСУ). Однако оптимальная настройка ПИД-регулятора с учетом нелинейностей по-прежнему является довольно непростой задачей. Наиболее часто при анализе систем управления технологическим процессом приходится учитывать нелинейности типа «ограничение» и «насыщение».

В нефтегазовой области основной сложностью в применении САУ является необходимость учёта постоянно изменяющихся параметров системы для достижения оптимального управления [1, 2]. В этих обстоятельствах инженеру необходимо постоянно производить подстройку под изменяю-

щуюся параметры системы или устанавливать дорогостоящую систему адаптивного управления. В такой ситуации обычно «ослабляют» настройки (теряя качества регулирования) для возможности функционирования в более широком диапазоне изменений параметров. Нередко регулятор вообще выводят из контура управления, переводя всё в ручной режим, ведь при изменяющихся параметрах и наличии нелинейностей возможна ситуация потери системой устойчивости, что как правило, неприемлемо для технологического процесса.

Вышеописанные сложности требуют от разработчиков проведения анализа системы регулирования с учетом нелинейностей, существенных для данного технологического процесса. Тем не менее, организации-проектировщики продолжают считать ПИД-регулятор универсальным средством решения любой задачи автоматического управления, не уделяя должного внимания наличию нелинейностей.

В качестве примера рассмотрим систему стабилизации давления внутрипромысловой газораспределительной сети, эксплуатирующейся на одном из месторождений.

Система описывалась ранее в [3]. Математическое моделирование системы производилось в пакете прикладных программ MATLAB: Simulink. В данной нотации (с учетом ограничений) система получилась весьма громоздкой для её приведения. Регулирующим органом в системе является задвижка. Через неё происходит стравливание избыточного давления. Перерегулирование в процессе автоматического управления должно отсутствовать. В контуре управления при моделировании учитываются ограничение скорости вращения вала электропривода, крайние положения заслонки. Так как вал электродвигателя соединён с заслонкой жёстко и при достижении ограничения заслонкой вращение вала прекращается, при преобразовании угловой скорости в угловое положение заслонки относительно сечения трубопровода используется ограничение при интегрировании.

Так же важно учитывать нелинейность пропускной способности в зависимости от перепада давления при одинаковом проходном сечении задвижки. Но для анализируемых значений в данном случае этой нелинейностью можно пренебречь, т.к. она попадает в линейный участок номограммы в рабочей области системы.

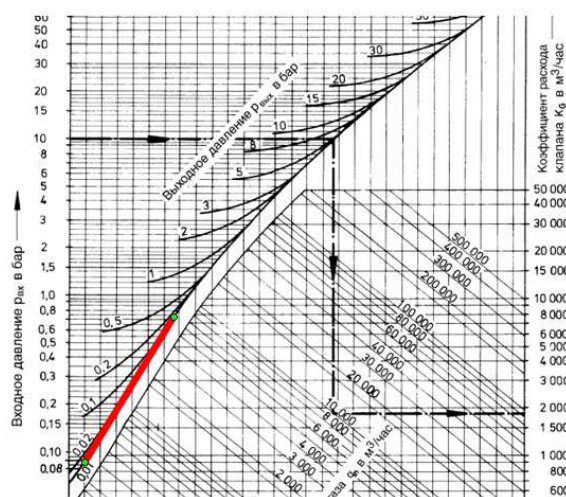


Рис. 1. Номограмма зависимости расхода от перепада давлений

Существует так же ряд других нелинейностей, но в данной работе они рассматриваться не будут, так как не входят в анализируемый участок, но они учитываются при моделировании системы.

Далее приведён описанный выше участок системы в нотации Simulink:

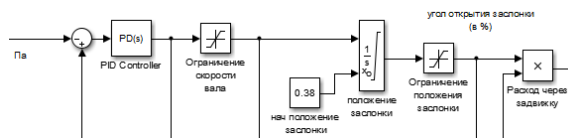


Рис. 2. Участок модели анализируемой системы

В реальных условиях настройка ПИД-регулятора с учетом ограничений требует высокой квалификации специалиста и опыта настройки подобных систем. Для оптимальной настройки линейаризованных систем в Simulink есть специализированная утилита PID tool. Однако по причине того, что она работает с линейаризованной моделью, не учитывающей ограничения, в результате получаем весьма продолжительный колебательный процесс. Наилучшие параметры были получены с использованием ПД-регулятора со структурой, представленной на рисунке 3.

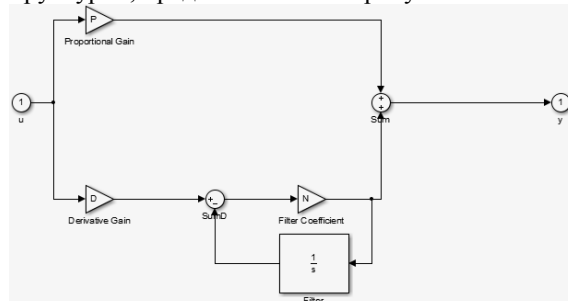


Рис. 3. Структура регулятора

Коэффициенты подбирались перебором. Выбиралось соотношение коэффициентов регулятора с минимальной интегральной среднеквадратичной ошибкой на ступенчатое воздействие, отсутствием

перерегулирования и минимальным временем переходного процесса.

Представленный переходный процесс с ненулевыми начальными условиями изображен на рисунке 4.

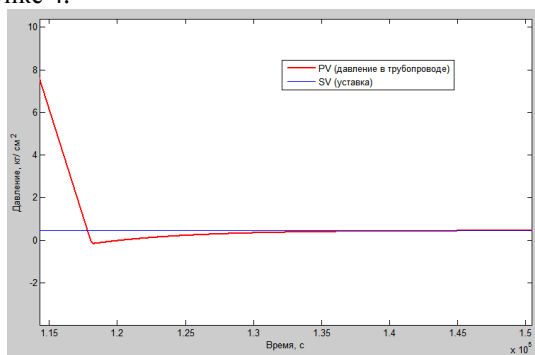


Рис. 4. Переходный процесс

Рассмотрим другие участки (рис. 5):

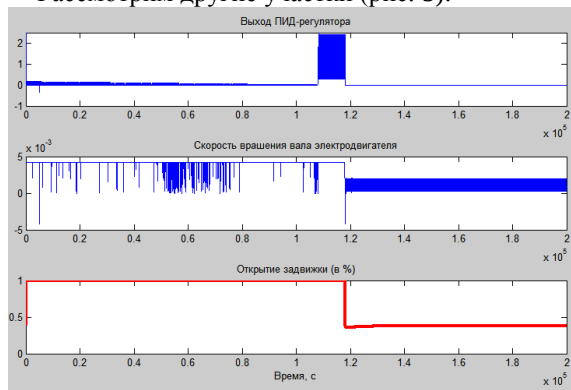


Рис. 5. Другие участки

Наблюдается так называемый «дребезг» (рис. 5) — явление многократного переключения и смены направления за короткий промежуток времени. Это весьма негативно сказывается на электромеханических частях системы. В данном случае приводит к значительному сокращению срока эксплуатации задвижки. С данной проблемой можно бороться введением зоны нечувствительности по выходу ПИД-регулятора. Результат представлен на рисунке 6.

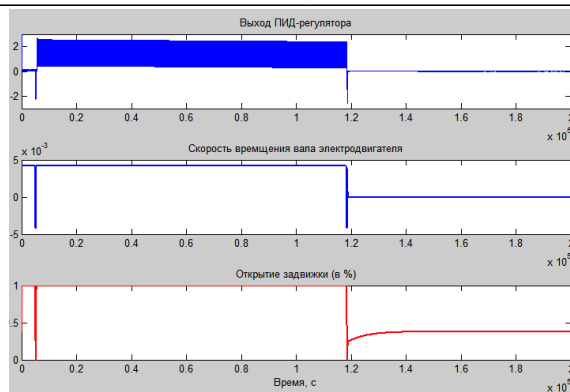


Рис. 6. Результат от введения зоны нечувствительности по выходу ПИД-регулятора

Удалось в значительной степени сократить количество смены направлений вращения задвижки. Но это отрицательно сказалось на точности регулирования (рис. 7):

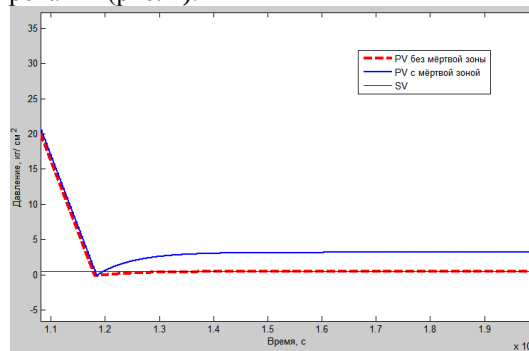


Рис. 7. Изменение точности регулирования

Обычно задача стабилизации в системах управления технологическими процессами сводится к удержанию значения величины в определенном интервале. Поэтому снижение точности в этом случае будет приемлемой. Но данное решение справедливо только для данных начальных условий. При изменении параметров в некоторых случаях система теряет устойчивость.

Литература

1. Штейнберг Ш.Е. Проблемы создания и эксплуатации эффективных систем управления // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2004. — №7;
2. Шубладзе А.М. Оптимальная адаптивная система автоматического регулирования газодобывающими скважинами. // Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика: электрон. науч. журн. — 2012. — № 2(4). URL: http://oilgasjournal.ru/vol_6/shubladze.html
3. Тутов И.А. Ресурсоэффективная система автоматического регулирования давления газораспределительной сети. // Научн. — практ. конф. «Современная газотранспортная отрасль: перспективы, проблемы, решения» (17-18 апр. 2013, г. Томск). — Томск, 2013. — Т.1. — С.382-386.