

Идентификация проводится при нагревании боковой поверхности цилиндра по закону $u(\xi, \tau) = 0,05 \cdot \sqrt{2} \sin(\pi\xi) \cdot 1(\tau)$. Максимальная амплитуда сигнала $u(\xi, \tau)$ составляет 5% от номинального значения температуры.

Измерение осуществляется в 7 точках боковой поверхности цилиндра. При выполнении численного эксперимента результаты измерений y были получены решением уравнения (1) методом конечных разностей, а затем зашумлены гармоническим сигналом амплитуды 0.001 относительных единиц. Матрицы A_0, B_0, C_0 , входящие в уравнения алгоритма идентификации (13), (14), вычислены в соответствии с приведенными в (8) выражениями.

Результаты работы алгоритма представлены на рис. 1.

Численные расчеты показали, что предлагаемый подход к решению задачи идентификации обеспечивает достаточно высокую скорость сходимости оценки к точному решению.

1. Коваль, В. А. Спектральный метод анализа и синтеза распределенных систем / В. А. Коваль. – Саратов: СГТУ, 2010.
2. Валеев, Г. К. Бесконечные системы дифференциальных уравнений / Г. К. Валеев, О. А. Жаутыков. – Алма-Ата: Наука Казах. ССР, 1974.
3. Янке, Е. Специальные функции / Е. Янке, Ф. Эмде, Ф. Леш. – М.: Наука, 1964.
4. Коваль, В.А. Анализ и синтез пространственно-двумерной распределенной системы на основе спектрального метода / В. А.Коваль, О. Ю. Торгашова // Труды и пленарные доклады участников конференции УКИ'12. М.: ИПУ РАН, 2012. – С. 1177-1187.
5. Сейдж, Э. Идентификация систем управления / Э. Сейдж, Дж. Мелс. – М.: Наука, 1974.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТНОГО АДАПТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА НА КОНТРОЛЛЕРЕ SIEMENS S7-313C

Резков И. Г.

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН,
fagothmail@gmail.com

Работа являет собой продолжение одного из подходов к построению адаптивных регуляторов [1, 2].

Рассматривается объект, описываемый следующим разностным уравнением:

$$y(k) + d_{n-1}^{[m]}y(k-1) + \dots + d_1^{[m]}y(k-n+1) + d_0^{[m]}y(k-n) = k_{n-1}^{[m]}u(k-1) + \dots + k_1^{[m]}u(k-n+1) + k_0^{[m]}u(k-n) + f(k), k = 0, 1, 2, \dots, \quad (1)$$

где $y(k)$ – измеряемый выход; $u(k)$ – управление; $f(k)$ – неизмеряемое внешнее возмущение, являющееся неизвестной ограниченной функцией ($|f(k)| < f$, где

1. Теория систем управления

f – заданное число); $[m]$ – номер режима работы объекта; n – порядок объекта, заданное число.

Коэффициенты объекта $d_j^{[m]}$ и $k_j^{[m]}$ – это неизвестные числа, которые изменяются в моменты времени $t^{[m]}$ и постоянны на интервалах времени $[t^{[m]}, t^{[m+1]})$, $t^{[1]} = 0$. На каждом режиме работы объекта его коэффициенты $d_j^{[m]}$, $k_j^{[m]}$ неизвестны.

Моменты времени $t^{[m]}$, $m = 2, 3, 4$ известны, либо находятся в процессе адаптации.

Управление формируется регулятором:

$$u(k) + g_1^{[m]}u(k-1) + \dots + g_{\psi-1}^{[m]}u(k-\psi+1) + g_{\psi}^{[m]}u(k-\psi) = \\ = r_0^{[m]}y_v(k-\psi+n-1) + r_1^{[m]}y_v(k-\psi+n-2) + \dots + r_{n-1}^{[m]}y_v(k-\psi), m = 1, 2, 3, \dots (2)$$

где $y_v(k) = y(k) - v(k)$, $v(k)$ – идентифицирующий сигнал, $r^{[m]} = [r_0^{[m]}, \dots, r_{n-1}^{[m]}]$, $g^{[m]} = [g_1^{[m]}, \dots, g_{\psi}^{[m]}]$ – коэффициенты регулятора, $\psi \geq n-1$. Коэффициенты $r^{[m]}$, $g^{[m]}$ находятся к моменту времени $t^{[m]} + \Delta t_{\text{адап}}^{[m]}$, здесь $t^{[m]}$ – момент начала m -го режима работы объекта, $\Delta t_{\text{адап}}^{[m]}$ – длительность адаптации на режиме m . На первом режиме параметры объекта неизвестны, в качестве сигнала управления подаётся испытательный сигнал $u(k) = v(k)$. На последующих режимах на интервалах времени $[t^{[m]}, t^{[m]} + \Delta t_{\text{адап}}^{[m]})$ работает регулятор с коэффициентами $r^{[m-1]}$, $g^{[m-1]}$.

Регулятор (2) обеспечивает выполнение требования к точности (цель управления):

$$|y(k)| \leq y^*, k : \{t > t^{[m]} + \Delta t_{\text{адап}}^{[m]}, m \geq 1\}, (3)$$

где y^* – заданное число; $t^{[m]} + \Delta t_{\text{адап}}^{[m]}$ – момент времени окончания адаптации.

Предполагается, что существует регулятор (2), обеспечивающий достижение цели (3), когда коэффициенты объекта (1) известны.

Задача состоит в том, чтобы находить коэффициенты регулятора $r^{[m]}$, $g^{[m]}$ для каждого из режимов работы m так, чтобы выполнялась цель регулирования (3).

Для экспериментального исследования регулятора был разработан стенд ФМ-Siemens. Он состоит из промышленного контроллера Siemens S7-313C, содержащего 12-битные ЦАП и АЦП, и IBM-совместимого одноплатного промышленного компьютера Athena [3] со встроенным ЦАП разрядностью 12 бит и АЦП разрядностью 16 бит. Адаптивный регулятор работает на промышленном контроллере Siemens, а объект имитируется промышленным компьютером

Athena. Программное обеспечение контроллера Siemens построено по модульному принципу. По внутреннему таймеру периодически вызывается главная функция, считывающая значение на АЦП-входе, преобразующая его в формат числа с плавающей точкой и вызывающая подпрограмму адаптивного регулятора. Подпрограмма адаптивного регулятора в свою очередь состоит из модулей, реализующих генератор испытательного сигнала, идентификатор, синтезатор, регулятор и т.д. [1].

Экспериментальные исследования, приведенные в докладе, с существующим регулятором для однорежимного объекта, показали высокий уровень всплесков (шумов) в сигнале управления, вызванные наличием квантования в ЦАП и АЦП, что приводило к увеличению длительности идентификации и увеличению погрешности определения параметров объекта в замкнутой системе.

Для борьбы с зашумлением в сигнале управления предложен следующий прием. Суть идеи состоит в увеличении порядка знаменателя передаточной функции регулятора (2), то есть введении своего рода фильтра таких помех (шумов). Реализуется это следующим образом: в функционале качества [1] порядок знаменателя регулятора определяется параметром $\psi = n - 1$. Добавив к этому значению число γ , получим увеличение порядка знаменателя регулятора: $\psi = n - 1 + \gamma$. Экспериментально показано, что увеличение знаменателя регулятора позволяет эффективно бороться с шумами (помехами), вызванными влиянием квантования по уровню в ЦАП и АЦП.

Кроме того, было выяснено, что в некоторых случаях частота среза системы (используемая при синтезе регулятора) не может быть найдена. Это связано с особенностями процедуры синтеза регулятора. Для преодоления этой проблемы был предложен специальный алгоритм для нахождения этой частоты.

Цель работы состоит в решении этих проблем и модернизации алгоритмов адаптивного регулятора, обеспечивающих его работу для многорежимного объекта. Разработан частотный адаптивный регулятор для многорежимного объекта. Исследовано влияние эффекта квантования ЦАП и АЦП на результаты идентификации и адаптивного управления. Предложен способ уменьшения влияния помех (шумов), вызванных квантованием ЦАП и АЦП. Эффективность предложенных алгоритмов подтверждена экспериментальными исследованиями на многорежимном объекте.

-
1. Резков, И. Г. Адаптивный регулятор для многорежимного объекта / И. Г. Резков // Автоматика и телемеханика, 2013. – № 5. – С. 35–58.
 2. Alexandrov, A. Frequency adaptive controller: experimental investigations / A. Alexandrov // Proceedings of the Tenth IASTED International Conference May 26-28, 2008, Quebec City, Quebec, Canada. – С. 96-101.
 3. Athena, I. High-Performance Rugged Embedded CPU with Data Acquisition [Электронный ресурс]: URL: <http://www.diamondsystems.com/products/athena>.