

О НЕКОТОРОМ ПРИКЛАДНОМ ПОДХОДЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА SP-ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ

Стремление к расширению применимости любого вычислительного аппарата в пределах поставленных задач порождает новые проблемы и вопросы, на которые необходимо найти ответы. Уменьшение ограничений, упрощение алгоритма вычислений или сокращение его количества расчетов, модификация и более удобная интерпретация на практике. Все эти нововведения в исходный метод позволяют приобрести вычислительному аппарату новых или усовершенствованных в наличии функций, которые используются в практических расчетах исследователями.

Основная цель метода SP-идентификации [1, 2] заключается в отыскании линейной структуры модели объекта идентификации в форме дискретной или, при необходимости, непрерывной передаточных функций. При этом определяются, параллельно структуре, и численные величины параметров модели. Несмотря на нелинейность большинства окружающих нас динамических процессов, описание динамики теплоэнергетических и ряда др. объектов управления возможно в терминах линейных систем управления. Выбор, павший именно на рассматриваемый метод SP-идентификации, как уже было отмечено в работах [1, 2], позволяет получить достаточно точный, не затратный в плане вычислений метод экспериментальной идентификации, как параметрической, так и структурной.

Ранее считалось, что метод SP-идентификации работоспособен при эксперименте с идеальными входными сигналами рода функций Хевисайда и Дирака, подаваемых напрямую на объект идентификации, т. е. в разомкнутом контуре. Данный подход значительно ограничивает метод и не позволяет его использовать для многих задач, в том числе для внедрения в систему с целью последующей адаптации или оптимизации закона управления.

Позже, в работах [3, 4] были рассмотрены другие классы сигналов и их применимость как в получении линейной модели объекта управления, так и для проведения технической диагностики гидроаппаратуры. Данные результаты подводят к вопросу реализации процедуры идентификации в замкнутом контуре, где входной сигнал является криволинейным.

В качестве простого примера рассмотрим идентификацию в замкнутом контуре апериодического звена первого порядка, модель которого в общем случае представляется непрерывной передаточной функцией (НПФ) вида

$$W_{ob}(s) = \frac{K_{ob}}{T_{ob} \cdot s + 1}, \quad (1)$$

где K_{ob} , T_{ob} — коэффициент передачи и постоянная времени передаточной функции объекта идентификации (параметры модели апериодической структуры первого порядка); s — оператор Лапласа.

В качестве закона управления возьмем усилитель с коэффициентом K_p , алгоритм аппроксимации — общее разложение Вискватова в правильную С-дробь. Ниже приводится пошаговое описание алгоритма инженерного расчета модели (1).

Шаг 1. Измерение вход-выходных данных объекта идентификации на протяжении переходного процесса.

На протяжении переходного процесса с постоянным шагом дискретизации регистрируются численные значения выходных сигналов регулятора и объекта. В результате получаем две числовые последовательности

$$X = \{x(0 \cdot \Delta t), x(1 \cdot \Delta t), \dots, x(n \cdot \Delta t)\}, \quad (2)$$

$$Y = \{y(0 \cdot \Delta t), y(1 \cdot \Delta t), \dots, y(n \cdot \Delta t)\}, \quad (3)$$

где X, Y — отсчеты входного и выходного сигналов идентифицируемого объекта в моменты времени переходного процесса $i \cdot \Delta t$, $i = 0, 1 \dots n$; Δt — шаг дискретизации, с.

Количество необходимых отсчетов данных сигналов (длина числовых последовательностей) определяется экспериментально. Регистрация останавливается при успешном определении установившегося значения выходного сигнала по окончании переходного процесса.

Шаг 2. Проверка соответствия сходящейся модели виду (1).

После регистрации экспериментальных данных (2) и (3) ведется просчет структуры линейной модели объекта. Для этого рассчитывается идентифицирующая матрица M согласно методу SP-идентификации [1]. Условие сходимости линейной модели объекта к апериодическому звену первого порядка может быть представлена следующими равенствами

$$N = 2 \text{ или } M(5,1) \approx 0, \quad (4)$$

где N — количество расчетных элементов первого столбца идентифицирующей матрицы M ; $M(5,1)$ — элемент идентифицирующей матрицы M , стоящий в ее пятой строке и первом столбце.

В случае выполнения равенств (4) переходят к шагу 3. Если же (4) не выполняется, то структура линеаризованной модели другая и необходимо использовать другие расчетные формулы для параметрической части идентификации. Также возможен ошибочный выбор величины шага дискретизации или области переходного процесса, используемой алгоритмом в процессе аппроксимации. Наконец, исследуемый объект может быть существенно нелинейным, что ставит под сомнение уместность выбора метода идентификации.

Шаг 3. Определение параметров модели.

Для определения коэффициента передачи объекта воспользуемся выражением

$$K_o = \frac{y(\infty)}{K_p \cdot (1 - y(\infty))}, \quad (5)$$

где $y(\infty)$ — установившееся значение на выходе объекта после окончания переходного процесса.

Определение постоянной времени модели (1) производится по формуле

$$T_o = \frac{-\Delta t}{\ln(|z_n|)}, \quad (6)$$

где z_n — полюс дискретной передаточной функции, получаемой при свертке сходящейся цепной дроби.

Параметры, определяемые в замкнутом контуре, подвергаются искажениям, причиной которых является наличие обратной связи. Поэтому для достаточно точного определения инерционной части модели необходимо проводить коррекцию полученного результата по (6).

Для рассматриваемой структуры замкнутой системы и объекта конечная формула для определения постоянной времени (1) будет иметь следующий вид

$$T_o = \frac{-\Delta t}{\ln\left(\frac{z_n - y(\infty)}{1 - y(\infty)}\right) \cdot (1 - y(\infty))}. \quad (7)$$

Детальный анализ процедуры SP-идентификации позволяет разработать инженерные методы для идентификации объектов, сходящихся в процессе аппроксимации к простым ли-

нейным структурам. В свою очередь, данный подход можно использовать в дальнейшем для синтеза систем управления, алгоритмов оптимизации и адаптации. Однако при сложной структуре объекта управления найти корректирующие формулы намного сложнее в связи с большим количеством неизвестных.

Список литературы

1. Карташов, В. Я. Структурно-параметрическая идентификация динамических объектов в режиме реального времени / В. Я. Карташов, Л. В. Карташова, С. С. Самойленко // Вестник Кемеровского государственного университета. — Кемерово : Изд-во КемГУ, 2015. — № 1. — С. 13–18.

2. Овдей, В. С. SP-идентификация объектов управления при линейно нарастающем входном воздействии / В. С. Овдей, Р. Ю. Ткачев // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых : сборник научных трудов XX международной научно-технической конференции аспирантов и студентов (26–28 мая 2020 г.). Донецк : ДонНТУ, 2020. — С. 161–164.

3. Ткачев, Р. Ю. Применение алгоритма SP-идентификации для диагностики состояния объемного гидропривода / Р. Ю. Ткачев, В. С. Овдей // Вестник ЛГУ им. В. Даля. — 2020. — № 11 (41). — С. 195–200.

4. Ткачев, Р. Ю. Диагностика технического состояния объемного гидропривода на основе дискретных данных при изменении нагружающего воздействия / Р. Ю. Ткачев, В. С. Овдей // Инновационные перспективы Донбасса (24–26 мая 2021 г.). — 2021. — Т. 3. — С. 48–52.