

Д.А. Княгинин

(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБЪЕДИНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТА РАЗНОГО ПОРЯДКА

IDENTIFICATION OF LINEAR SYSTEMS FOR SOLVING THE PROBLEM OF COMBINING OBJECT MODELS OF DIFFERENT ORDERS

Рассмотрены проблемы, возникающие при решении задачи объединения математических моделей одного объекта представленных передаточными функциями разного порядка. Рассмотрены случаи перехода от модели третьего порядка к модели второго посредством исключения производной с наименьшим коэффициентом (грубое понижение порядка системы). Также показаны преимущества использования методов идентификации для получения вектора начальных условий требуемого порядка на основе результата расчета предыдущей модели.

The problems arising for solving the problem of combining mathematical models of one object represented by transfer functions of different orders are considered. Cases of transition from a third-order model to a second-order model by eliminating the derivative with the smallest coefficient (rough reduction of the system order) are considered. It also shows the advantages of using identification methods to obtain a vector of initial conditions of the required order based on the calculation result of the previous model.

Ключевые слова: математическое моделирование, идентификация линейных систем, объединение математических моделей, начальные условия.

Keywords: math modeling, identification of linear systems, combining mathematical models, initial conditions.

Как правило, сложные технические объекты могут быть описаны с разной степенью абстрагирования, в том числе и математическими моделями в виде передаточных функций разного порядка [1]. При этом, различные модели одного объекта могут быть наиболее эффективно использованы на разных участках временных (или других) характеристик объекта. В связи с этим, возникает ситуация, когда в процессе моделирования необходимо корректно перейти от одной модели объекта к другой. При этом переход необходимо осуществлять в произвольный момент, корректно отобразив пространство состояния одной модели на пространство другой модели, посредством передачи начальных условий необходимых для расчета данной модели.

В данной статье рассмотрены проблемы возникающие в рамках задачи автоматизации процесса моделирования объекта, описанного математическими моделями в форме передаточных функций разного порядка.

На примере моделей электромеханического преобразователя [2] (1, 2), рассмотрены возможные методы перехода между моделями и их недостатки.

$$W_{\omega}(p) = \frac{\omega(p)}{\omega_0(p)} = \frac{1}{T_3 T_M p^2 + T_M p + 1} \quad (1)$$

$$W_{\omega}(p) = \frac{\omega(p)}{\omega_0(p)} = \frac{1}{T_M p + 1} \quad (2)$$

Понижение порядка системы (переход от модели (1) к (2)) посредством отбрасывания производной старшего порядка, является грубым методом и приводит к искажению диаграммы выходной величины системы. На рис. 1 показан результат такого перехода во временной области, также приведены графики выходных величин для обеих моделей, рассчитанных отдельно. Как видно из рисунка, существует явное отклонение результата объединения моделей от результатов при полном расчете.

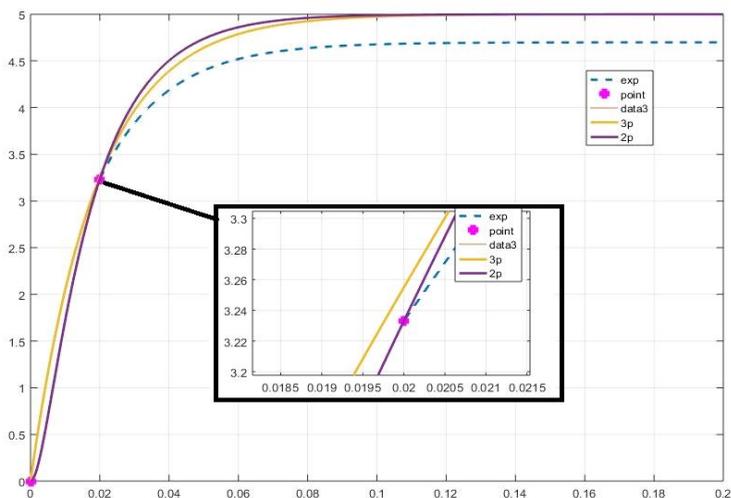


Рис. 2. Переход от модели второго порядка к модели первого

Очевидно, что описанное выше решение не является верным. Для обеспечения более корректного определения начальных условия для перехода между моделями разного порядка предложено использовать возможности идентификации модуля System Identification Toolbox программного комплекса Matlab.

Для автоматизации перехода между моделями принят следующий алгоритм:

1. Расчет актуальной на первом участке модели до точки сопряжения.
2. Получение ПФ, порядка соответствующего актуальной на следующем участке модели, методами идентификации модуля System Identification Toolbox.
3. Получение точки фазового пространства, конечной для первого участка и передача в качестве начальных условий в следующую модель.

4. Расчет модели с полученными начальными условиями, оценка корректности объединения.

На рис. 2 показан результат перехода от модели (2) к (1) во временной области, при использовании методов идентификации, также приведены графики выходных величин для обеих моделей, рассчитанных отдельно.

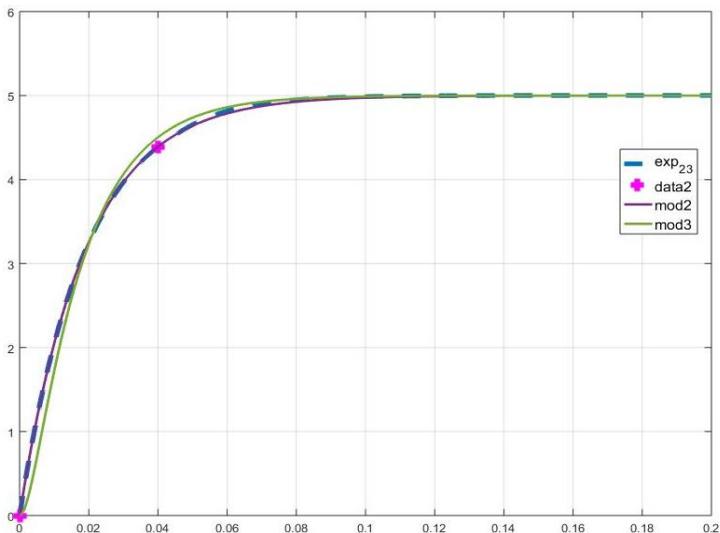


Рис. 3. Переход от модели первого порядка к модели второго с предварительной идентификацией системы

Использование предварительной аппроксимации значительно повышает качество сопряжения моделей в произвольной точке пространства, однако представленный выше алгоритм не позволил полностью автоматизировать процесс перехода между моделями. Для получения более плавного перехода необходимо использовать пропорциональные зависимости и коэффициенты, что связано с ненормированным диапазоном коэффициентов аппроксимации.

В качестве альтернативного решения сложившейся ситуации планируется разработать методы автоматизации масштабирования координат пространства состояний на основе различных метрик, позволяющих детектировать разрывной характер функции в области сопряжения моделей разного порядка.

Список литературы

1. Горлач, Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учеб. пособие/ Б.А. Горлач. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 292 с.
2. Ключев, В.И. Теория электропривода: учеб. для вузов/ В.И. Ключев. – 2-е изд. – М.: ЭнергATOMиздат, 2001. – 704 с.

Материал поступил в редколлегию 20.10.20.