

# ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

Гринюк Д. А., Олиферович Н. М., Сухорукова И. Г., Карпук П. О., Оробей И. О.

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: hryniukda@gmail.com

Для оценки влияния нелинейных свойств электрических приводов исполнительных механизмов проведено имитационное моделирование при различных параметрах объекта и нелинейных свойствах привода. Скорость перемещения исполнительного механизма была фиксированной, в то время как динамика объекта управления второго порядка менялась таким образом, чтобы он был либо быстрее, либо медленнее исполнительного механизма. Кроме этого, варьировалось соотношение между постоянными времени объекта управления. Поскольку объект имеет нелинейные характеристики, то идентификация выполнялась при нескольких вариантах сигнала задания.

## ВВЕДЕНИЕ

Результаты наблюдений за работой производственного процесса часто показывают, что изменение свойств регулирующих клапанов является самой частой причиной плохого функционирования контура управления и дестабилизации технологического процесса [1–2]. Одной из проблем, на которую могут повлиять нелинейные свойства исполнительного механизма, является идентификация динамических характеристик каналов управления.

### I. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является оценка влияния типовых нелинейных параметров электрических исполнительных механизмов на процесс идентификации.

Для решения задачи была создана математическая модель объекта второго порядка (рис. 1) с наиболее существенной нелинейной характеристикой электрического привода клапана – трехпозиционного релейного элемента управления включением двигателя (рис. 2). Структура на рис. 1 не учитывает динамическую характеристику и особенности работы схемы управления двигателями, а также динамику механической передачи между валом двигателя и непосредственно положением штока  $S$ .

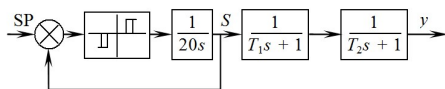


Рис. 1 – Структура объекта

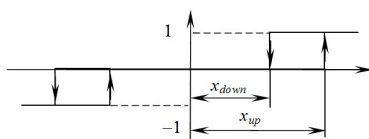


Рис. 2 – Статическая характеристика трехпозиционного элемента управления клапаном

При исследовании менялись следующие характеристики:

$$- T_1 = [1 \ 2 \ 4 \ 6 \ 10 \ 18 \ 54 \ 162 \ 486];$$

$$- k_T = T_2 / T_1 [1 \ 1,3 \ 3 \ 10];$$

$$- SP = [0,33 \ 1 \ 3 \ 10];$$

$- k_x = x_{down} / x_{down0} [1,3 \ 1 \ 0,5 \ 0,1]$ , где  $x_{down0} = 0,015$ . Трехпозиционный элемент обладал симметричной характеристикой. Значение  $x_{up}$  имело при моделировании фиксированное значение 0,02, однако изменение значения SP позволяло проследить влияние данного параметра на процесс идентификации.

При идентификации использовался метод аппроксимации при минимизации среднеквадратичного отклонения путем вариации постоянными времени в шаблонах заданных передаточных функций:

$$\frac{k}{(T_1 0s + 1)(T_2 0s + 1)}, \quad (1)$$

$$\frac{k}{(T_1 0s + 1)(T_2 0s + 1)(20 s + 1)}, \quad (2)$$

В последней формуле фиксированное значение 20 появилось для учета динамики исполнительного устройства.

### II. РЕЗУЛЬТАТЫ

Графики на рис. 3–6 демонстрируют основные области различия между разгонной характеристикой и результатом аппроксимации. Нелинейные свойства электрического исполнительного механизма больше всего проявляются, когда динамика объекта более быстрая, чем непосредственно самого механизма. Влияние нелинейных свойств на коэффициент усиления сказывается меньше всего

Разность между исходным коэффициентом усиления и полученным имеет небольшое отличие и обусловлена влиянием численных методов и параметров нелинейности. Влияние соотношения между постоянными времени объекта  $T_1$  и  $T_2$

на качество аппроксимации минимально. Различия между исходными и аппроксимированными параметрами больше всего наблюдаются, когда динамика объекта меньше постоянной времени исполнительного механизма.

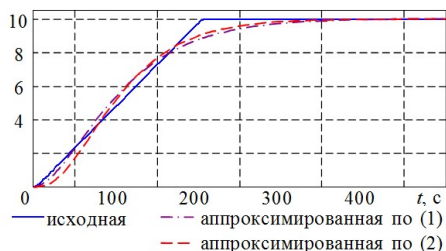


Рис. 3 – Разгонные характеристики и результат аппроксимации при  $SP = 10$ ,  $T_1 = 1$ ,  $k_T = 3$  и  $k_x = 1$

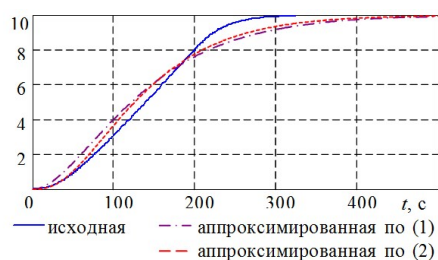


Рис. 4 – Разгонные характеристики и результат аппроксимации при  $SP = 10$ ,  $T_1 = 10$ ,  $k_T = 3$  и  $k_x = 1$

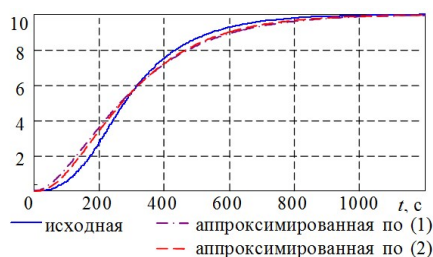


Рис. 5 – Разгонные характеристики и результат аппроксимации при  $SP = 10$ ,  $T_1 = 54$ ,  $k_T = 3$  и  $k_x = 1$

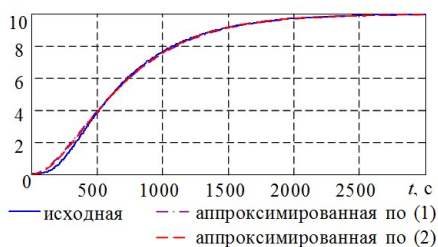


Рис. 6 – Разгонные характеристики и результат аппроксимации при  $SP = 10$ ,  $T_1 = 162$ ,  $k_T = 3$  и  $k_x = 1$

При изменении параметров трехпозиционного звена наблюдаются похожие тенденции. Однако ошибка аппроксимации при использовании шаблона (2) гораздо меньше, чем для шаблона (1). Кроме этого, незначительные изменения параметров нелинейности оказывают более существенное влияние на результат аппроксимации,

чем изменение коэффициента  $k_T$ . Величина сигнала задания приводит к большей разнице между динамическими параметрами исходной системы и полученным результатом. При сигнале задания увеличенном в 10 раз, только при максимальном значении постоянной времени эксперимента получено значение этих параметров близких к исходным.

Основная ошибка при аппроксимации накапливается на начальном и конечном участках кривой разгона. При соотношении между постоянными времени объекта и исполнительного механизма больше чем на порядок, основным источником ошибок является начальный участок кривой разгона. Тогда как при обратном соотношении хуже аппроксимируется конечный участок. Он же и дает основной вклад в ошибку аппроксимации.

Повышение порядка аппроксимации не всегда демонстрирует повышение качества аппроксимации. Применение шаблона (2) демонстрирует явное преимущество только при сравнимости динамики объекта и исполнительного механизма. При более быстром и медленном объекте управления у шаблона (1) наблюдается преимущество.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выбор шаблона аппроксимации для объектов управления, которые используют электрические приводы управления (механизмы постоянной времени) определяющим фактором является соотношение между динамикой исполнительного механизма и динамикой объекта. 2. В случае эксплуатации объекта в широком диапазоне управляющих воздействии, будет проявляться различная динамика объекта при близких постоянных времени объекта и исполнительного механизма, что требует всестороннего исследования объекта управления. 3. Из-за нелинейных свойств исполнительного механизма, введение звена запаздывания может повысить качество аппроксимации.

1. EnTech Control Valve Dynamic Specification (Version 3.0 11/98) [Electronic resource] / – Mode of access: <https://www.emerson.com/documents/automation/manuals-guides-control-valve-dynamic-specification-pss-en-67756.pdf> – Date of access: 14.09.2022.
2. Control Valve Dynamic Performance Specification Published on Friday 02-10-2020 [Electronic resource] / – Mode of access: <https://www.industrialautomationindia.in/articleitm/10687/Control-Valve-Dynamic-Performance-Specification/articles>. – Date of access: 14.09.2022.
3. Олифинович, Н. М. Гармоническая идентификация технологических объектов в реальном времени / Н. М. Олифинович, Д. А. Гринюк, И. О. Оробей // Труды БГТУ. –2016. –Сер. 3, № 6(188), –С. 117–121.
4. Olinerovich N. The use of harmonic identification algorithms to air heat exchanger / N.Oliferovich, D. Hryniuk, I. Orobei.// Electrical Electronic and Information Sciences (eStream): Open Conference, – 2017, p. 1–5.
5. Гринюк Д. А. Моделирование и настройка систем с нелинейной динамикой /Гринюк Д. А. [и др.]. // Труды БГТУ. –2021, № 2(248). –С. 65–71.