

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ОПИСАНИЯ ТОУ МОДЕЛЯМИ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА ПРИ СИНТЕЗЕ ОДНОКОНТУРНЫХ САУ

Николаев А.В., Криницын Н.С., Савитский О.П.

Научный руководитель: Криницын Н.С., ассистент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kns@tpu.ru

В настоящее время для управления большинством технологических процессов применяются одноконтурные САУ стабилизации, структурная схема которых изображена на рисунке 1.

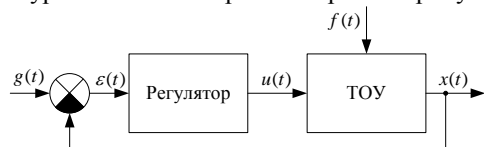


Рис. 1. Типовая структурная схема САУ

Представленная на рисунке 1 САУ обеспечивает стабилизацию управляемой координаты $x(t)$ на уровне задающего воздействия $g(t)$ посредством расчета регулятором управляющего воздействия $u(t)$. Регулятор, как правило, реализует типовой закон регулирования (П, ПИ, ПИД, ПД), выбор которого основывается на структуре и параметрах эквивалентной модели объекта управления. В свою очередь технологические объекты управления являются многопараметрическими. Поэтому составляемые эквивалентные модели ТОУ зачастую описываются дифференциальными уравнениями высокого порядка. Это накладывает определенные сложности при дальнейшей настройке САУ, т.к. в литературе отсутствуют методы настройки регуляторов для данных объектов. Актуальной становится задача исследования влияния точности описания модели технологического процесса на качество управления ТОУ.

В качестве исследуемого ТОУ выбрана модель объекта 5-го порядка с разными постоянными времени следующего вида:

$$W(s) = \frac{1,2 \cdot e^{-55 \cdot s}}{(46 \cdot s + 1) \cdot (23 \cdot s + 1) \cdot (11 \cdot s + 1) \cdot (6 \cdot s + 1) \cdot (3 \cdot s + 1)}.$$

Параметрическая идентификация составленной модели проведена для следующих эквивалентных моделей [1]:

1-го порядка:

$$h(t) = K_o \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right),$$

2-го порядка:

$$h(t) = K_o \cdot \left(1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} \cdot e^{-\frac{t-\tau}{T_1}} + \frac{T_2}{T_1 - T_2} \cdot e^{-\frac{t-\tau}{T_2}} \right).$$

5-го порядка:

$$h(t) = K_o \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \cdot \left(1 + \frac{(t-\tau)}{T} + \frac{(t-\tau)^2}{2 \cdot T^2} + \frac{(t-\tau)^3}{6 \cdot T^3} + \frac{(t-\tau)^4}{24 \cdot T^4} \right) \right).$$

В среде Matlab посредством встроенных функций оптимизации определены параметры модели объекта и построены графики переходных процессов. Результаты идентификации объекта управления приведены в таблице 1. Графики переходных функций приведены на рисунке 2.

Таблица 1. Результаты идентификации

Параметры модели	Идентификация структур, порядок		
	1-го	2-го	5-го
K_o	1,2	1,2	1,2
τ , с	89,09	71,04	33,76
T_1 , с	58,44	36,95	21,78
T_2 , с	-	36,95	21,78

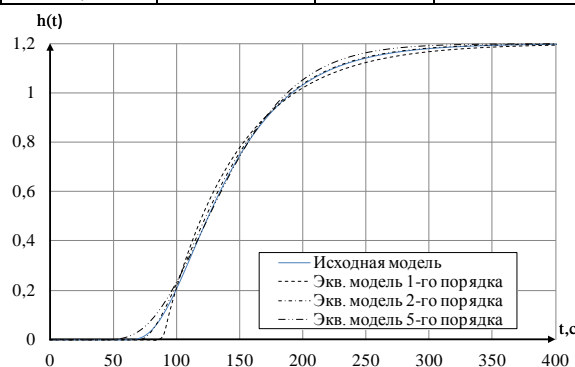


Рис. 2. Графики переходных процессов

Для настройки регулятора использован зарекомендовавший себя на практике метод оптимального модуля [2]. Рассчитанные параметры регулятора представлены в таблице 2.

Таблица 2. Параметры настройки регулятора

Тип рег-ра	Порядок экв. модели	Параметры рег-ра		
		K_r	T_i	T_d
ПИ	1	0,35	67,80	—
	2	0,31	62,26	—
	5	0,29	58,99	—
ПИД	1	0,65	89,67	20,81
	2	0,64	87,66	11,63
	5	0,61	84,50	5,69

Результаты демонстрируют прямую закономерность увеличения значений параметров настройки регулятора при уменьшении порядка эквивалентной модели

Переходные процессы составленной САУ для ПИ и ПИД законов регулирования представлены на рисунках 3 и 4 соответственно.

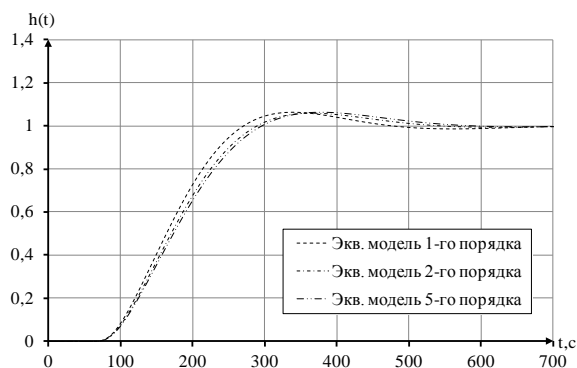


Рис. 3. График переходных процессов САУ с ПИ законом управления.

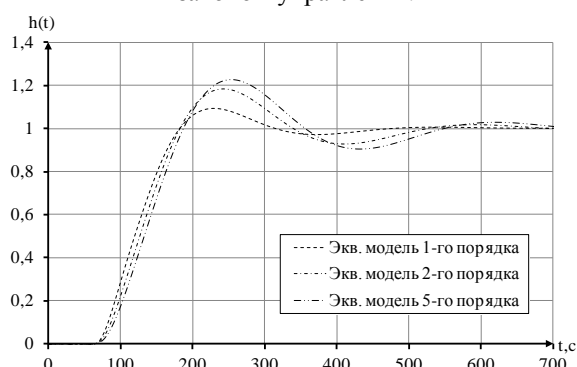


Рис. 4. График переходных процессов САУ с ПИД законом управления.

Переходные процессы САУ с ПИ законом управления незначительно изменяются при изменении порядка эквивалентной модели. В свою очередь в переходных процессах САУ с ПИД законом управления прослеживается прямая зависимость значения перерегулирования от порядка эквивалентной модели.

Для численной оценки качества управления исследуемых САУ проведена оценка показателей качества настройки САУ (перерегулирование (σ) и время регулирования (T_r)). В таблице 3 отображены полученные значения.

Таблица 3. Показатели качества САУ

Тип рег-ра	Порядок экв. модели	Показатели качества	
		σ , %	T_r , с
ПИ	1	6,0669	376,7
	2	5,6103	398,7
	5	5,9116	424,4
ПИД	1	7,9477	271,3
	2	17,4375	458,2
	5	21,8951	497,0

Наилучшие показатели качества соответствуют САУ с ПИД законом управления для эквивалентной модели 1-го порядка. У него наилучшее соотношение значений показателей качества. Показатели качества САУ с ПИД законом управления показывают ухудшение качества управления с увеличением порядка эквивалентной модели. В свою очередь САУ с ПИ законом управления отличаются стабильностью значений показателей качества.

Оценка грубости полученных САУ проведена путём варьирования параметров модели ТОУ в диапазоне $\pm 20\%$ от номинальных. Области разброса показателей качества САУ с ПИ и ПИД законом управления представлены на рисунках 5 и 6.

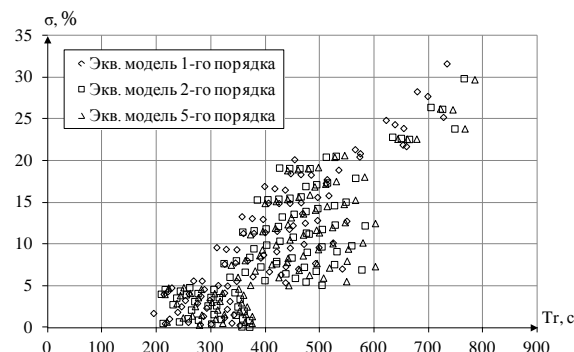


Рис. 5. Проверка на грубость САУ с ПИ законом управления.

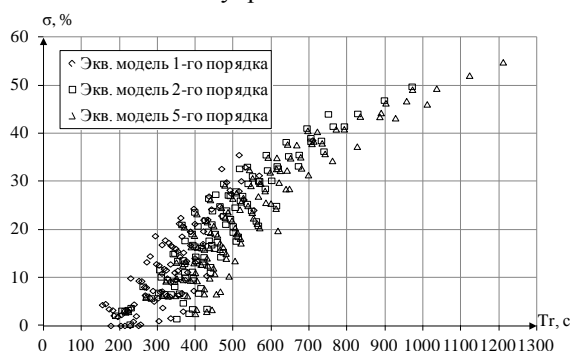


Рис. 6. Проверки на грубость САУ с ПИД законом управления.

Приведённые на рисунках 5-6 результаты доказывают, что при синтезе САУ многоемкостными ТОУ нет необходимости использовать эквивалентные модели высокого порядка с целью повышения точности описания ТОУ. Использование эквивалентной модели низкого порядка не снижает качество регулирования, грубость САУ и упрощает процесс настройки регулятора.

Параллельно были проведены аналогичные исследования для исходных моделей, описываемых звеньями 1-го порядка и 2-го порядка с одинаковыми постоянными времени. Результаты подтвердили сделанные ранее выводы об отсутствии необходимости в точном составлении моделей ТОУ при синтезе САУ по отклонению.

Список литературы

1. Топчиев Ю.И., Цыпляков А.П. Задачник по теории автоматического регулирования: Учебное пособие для вузов. — М.: Машиностроение, 1977. — 592 с.
2. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием: Пер.с польского. — М.: Машиностроение, 1974. — 328 с.