

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАЛОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕГУЛЯТОРОВ В ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Е. И. Грук, М.К. Хаджинов, В.И. Шуина

Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: vshnurok@yandex.ru

В статье рассмотрены три эталонные модели систем модального управления, приведены их графики и представлена таблица характеристик с последующим выявлением наиболее оптимальной модели. Проведено исследование устойчивости системы у изменению её параметров.

Ключевые слова: эталонные модели, регуляторы с обратной связью, робастность.

Метод модального синтеза, также известный как метод размещения полюсов передаточной функции, является мощным аналитическим методом современной теории управления, способным осуществлять синтез систем управления объектами высокого порядка. Он позволяет обеспечить желаемую динамику замкнутой системы, образованной объектом и регулятором, выходной сигнал которого - линейная комбинация переменных состояния объекта. При проектировании регулятора в цепи обратной связи особняком стоит задача выбора эталонной модели. Задача, являясь исключительно математической и абстрактной, тем не менее даёт реальные результаты и определяет предельные значения показателей качества системы. Зачастую в системах управления под действием различных факторов происходит изменение параметров объекта, которое не должно отразиться на работоспособности системы. Данное явление называется робастностью. Целью данной работы является исследование эталонных моделей при проектировании регуляторов в обратной связи с точки зрения запасов устойчивости и скорости отработки входного сигнала при их различных порядках. Рассматриваются 3 типа эталонных моделей:

1. Полином Бесселя
2. Полином Латропа-Грехема
3. Кратные действительные полюсы

Рассмотрим три системы третьего, пятого и седьмого порядков. Их передаточные функции

$$W_3 = \frac{110.59}{(s + 1.2)^2(s + 0.3)},$$

$$W_5 = \frac{2548.04}{(s + 1.2)(s + 0.3)^2},$$

$$W_7 = \frac{3.58}{s(s + 0.6)^2(s + 0.3)^4}.$$

Таблица 1 – Относительные длительности переходных процессов

Объекты	Полиномы Бесселя	Латропа-Грехема	Кратные полюсы
W3	1.2838	1	1.7568
W5	1.2959	1	1.9388
W7	1.375	1	2.0417

Рассмотрим гибко-жесткий тип включения регуляторов в цепь обратной связи.

Таблица 2 – Запасы фазы

Объекты	Полиномы Бесселя	Латропа-Грехема	Кратные полюсы
W3	69.6408	51.2617	75.9749
W5	62.8546	25.898	67.9492
W7	61.045	6.43131	68.5985

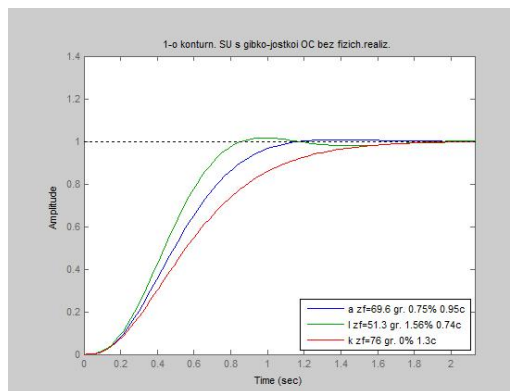


Рис. 1 – Переходная характеристика системы 3-го порядка

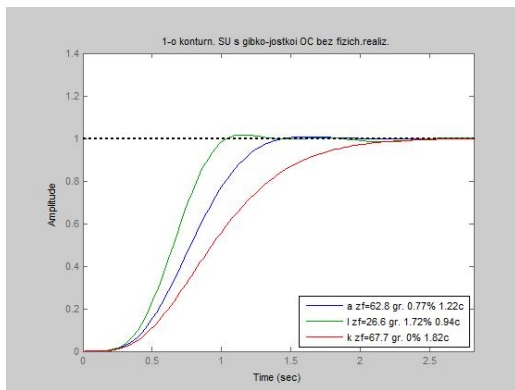


Рис. 2 – Переходная характеристика объекта 5-го порядка

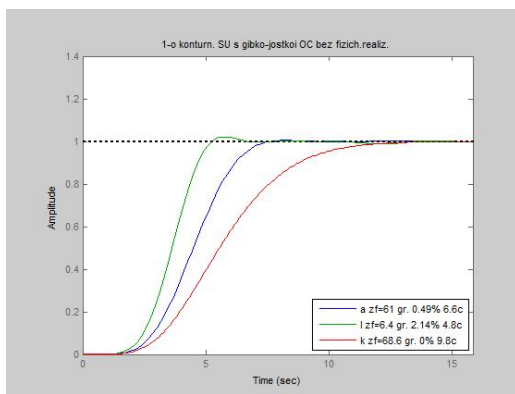


Рис. 3 – Переходная характеристика объекта 7-го порядка

Таблица 3 – Параметры физической реализации

Период дискретизации $\cdot 10^{-3}$	Полиномы Бесселя	Латропа-Грехема	Кратные полюсы
/Оставшийся запас фазы			
W3	2.49/42.66	2.49/32.88	2.49/43.41
W5	1.02/38.28	0.26/23.30	0.77/41.16
W7	3.6/38.27	0.9/3.25	2.7/41.09

Таблица 4 – Запасы фазы (после замены полюсов)

Объекты	Полиномы Бесселя	Латропа-Грехема	Кратные полюсы
W3 (3 корня)	3.5303	-13.9742	9.18724
W5 (2 корня)	23.3881	4.96948	28.6589
W7 (4 корня)	-1.613773	299.0363	13.90045

Таблица 5 – Граница изменений коэффициента усиления объекта

Объекты	Полиномы Бесселя	Латропа-Грехема	Кратные полюсы
W3	[0; 3.43]	[0; 5.6867]	[0; 2.82]
W5	[0.39; 3.42]	[0.7; 29.98]	[0.26; 3.23]
W7	[0.41; 3.65]	[0.87; 118.1]	[0.22; 3.11]

Из приведенных выше графиков и таблиц можно сделать вывод, что у системы с регулятором в виде полинома Латропа-Грехема переходный процесс самый быстрый. Достоинством системы с рассмотренным типом эталонной модели также является наибольшая стабильность к изменению коэффициента усиления объекта (в большую сторону). Из недостатков можно отметить малый запас по фазе, резко сокращающийся с ростом порядка объекта, и, как следствие, низкая устойчивость к изменениям параметров объекта. Данный полином для систем с высоким порядком применять не рекомендуется ввиду малого запаса по фазе, часть которого необходима для физической реализации. Решением данной проблемы является установка контроллера с высокой частотой дискретизации, что обойдется увеличением стоимости. Объект с кратными корнями обладает противоположным набором достоинств и недостаткам. К достоинствам данной модели объекта можно отнести большой запас фазы и устойчивость к изменениям параметров объекта. Тем не менее, данная модель имеет существенное отставание в скорости отработки входного сигнала. Модель с полиномом Бесселя имеет интегрально лучшие показатели качества системы. При скорости отработки входного сигнала сравнительно меньшей, чем у Латропа-Грехема, имеет запас по фазе близкий к объекту с кратными полюсами. Также плюсом является наименьшая частота дискретизации при физической реализации регулятора, что является большим плюсом, так как снижает стоимость системы. Минусом же модели является низкая устойчивость к изменению коэффициента усиления. При проектировании системы управления объектом всегда необходимо учитывать главные цели регулируемого объекта (будь то скорость отработки входного сигнала, стабильность системы, низкая стоимость или др.). В общем случае либо в случае объекта управления без доминирующих критериев качества предпочтительно использовать регулятор на основе полиномов Бесселя.

1. Яворский В. Н. Проектирование инвариантных следящих приводов : учеб. пособие для энерг. вузов и фак. М. : Высш. школа, 1963.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12е изд. Том II: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 942 с.: ил.
3. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства – Москва, «Машиностроение», 1976, 184 с.
4. В.А. Бесекерский, Е.П. Попов Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Спб.: Изд-во «Профессия», 2003. – 752 с.
5. Поляк Т.Б., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление / . - М.: Наука, 2002. - 273 с.