УДК 62-52621.923

А.А. Лялько, ст. преп. (БГТУ, г. Минск)

СТРУКТУРНО ОПТИМИЗИРУЕМЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Системы автоматического управления (САУ) называются структурно оптимизируемыми, если и структура и параметры регулятора оптимально подстраиваются под структуру и параметры модели объекта управления (ОУ). Структурно оптимизируемые регуляторы подразделяются на компенсационные регуляторы входа – выхода и регуляторы с управление по вектору переменных состояния (регуляторы состояния). При проектировании подобных регуляторов используют правила настройки, критерии качества или задают желаемые полюса САУ.

Компенсационные регуляторы проектируются с таким расчетом, чтобы снизить влияние некоторых параметров объектов на качество управления. При этом различают следующие модификации регуляторов этого типа:

Апериодический регулятор – обеспечивает окончание переходного процесса при ступенчатом возмущении за заданное время.

Предиктор – регулятор с предсказанием реакции, где модель объекта включается в обратную связь регулятора.

Регулятор с минимальной дисперсией – применяется в стохастических система (когда вход/управляющее воздействие – случайная величина), минимизирует дисперсию значений регулируемой переменной.

Регуляторы состояния контролируют характеристики вектора переменных состояния ОУ, описанного уравнениями в пространстве состояний. При наличии полной информации о векторе состояния (полной обратной связи по состоянию) синтезируется закон управления на основе заданного критерия качества или желаемого характеристического уравнения САУ. Если некоторые переменные состояния невозможно измерить, то используются регуляторы с наблюдателем, восстанавливающие переменные состояния объекта.

В структурно оптимизируемых компенсационных регуляторах порядки числителя и знаменателя передаточной функции являются функциями соответствующих порядков модели ОУ.

При проектировании дискретных САУ с компенсационными регуляторами наиболее часто используются апериодические регуляторы.

Пусть дискретная передаточная функция объекта управления с экстраполятором нулевого порядка имеет вид

$$Gp(z)=\frac{y(z)}{u(z)}=\frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}=\frac{b_0+b_1z^{-1}+\ldots+b_mz^{-m}}{1+a_1z^{-1}+\ldots a_mz^{-m}}z^{-d}.$$

Предполагается, что ступенчатое изменение задающей переменной происходит в момент времени $k=0,1,2\ldots$Если время запаздывания $d=0$, то требования для минимального конечного времени установления переходного процесса записывается в следующем виде:

$$y(k)=1 \text{ для } k\geq m.$$

Передаточная функция компенсационного апериодического регулятора имеет вид:

$$G_R(z)=\frac{q_0+q_1z^{-1}+\ldots+q_mz^{-m}}{1-p_1z^{-1}-\ldots-p_mz^{-m}}.$$

Параметры апериодического регулятора рассчитываются следующим образом

$$q_m=a_mq_0;\ p_m=b_mq_0;\ q_0=\frac{1}{b_1+b_2+\ldots+b_m}=u(0).$$

В качестве регулятора состояния рассмотрим регулятор с заданным характеристическим уравнением системы управления.

Суть метода расчёта данного регулятора состоит в том, что динамика управляемого объекта, описываемого уравнением состояния

$$x(k+1)=Ax(k)+Bu(k),$$

может быть так изменена с помощью обратной связи по вектору переменных состояния

$$u(k)=-Kx(k),$$

что коэффициенты её характеристического уравнения будут равны заданным.

Пусть желаемое характеристическое уравнение замкнутой системы имеет вид:

$$a_c(s)=s^n+a_{n-1}s^{n-1}+\ldots+a_1s+a_0.$$

Коэффициенты обратных связей регулятора состояния можно найти на основе формулы Аккермана.

Формула Аккермана основана на преобразовании подобия, которая переводит заданную модель произвольной структуры в каноническую форму управляемости, после чего, определяются искомые коэффициенты K. Эти действия выполняются с помощью формулы Аккермана:

$$K = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \ldots & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B & AB & \ldots & A^{n-2}B & A^{n-1}B \end{bmatrix}^{-1} \alpha_c(A),$$

$$\alpha_c(A) = A^n + \alpha_{n-1}A^{n-1} + \ldots + \alpha_1 A + \alpha_0 I.$$

Апериодический регулятор и регулятор состояния с заданным характеристическим уравнением системы управления были промоделированы в системе MATLAB.

В качестве примера был рассмотрен ОУ третьего порядка. Его дискретная модель была получена на основе экстраполятора нулевого порядка. Период квантования равнялся единице. Желаемые полюса САУ – нулевые. Результаты моделирования представлены на рисунке 1.

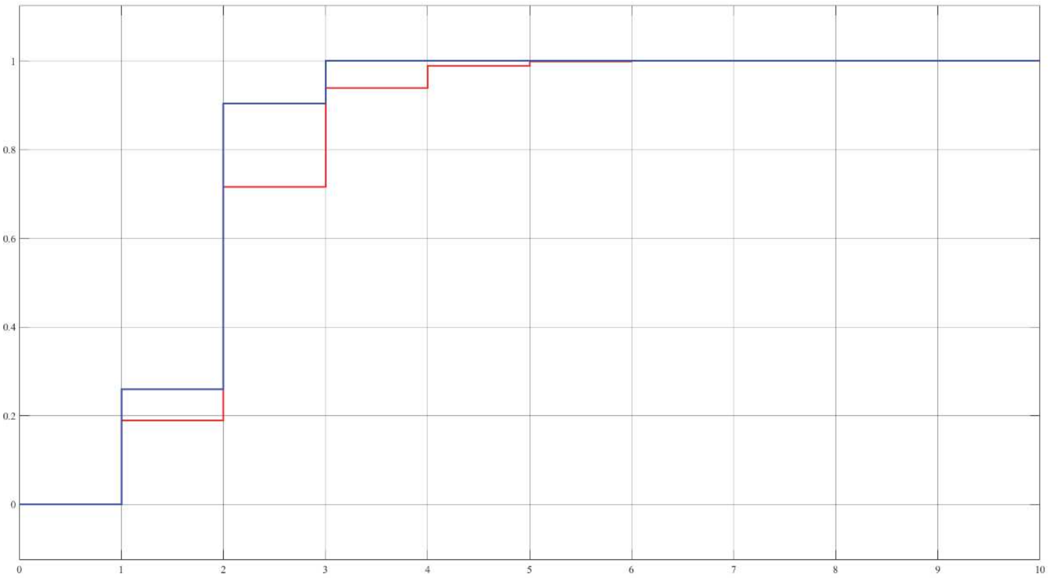

Рисунок 1 – Результаты моделирования апериодического регулятора (синяя кривая) и регулятор состояния с заданным характеристическим уравнением (красная кривая)

ЛИТЕРАТУРА

1. Изерман Р. Цифровые системы управления. М.: Мир, 1984. 541 с.

2. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 616 с.