

Лабораторная работа № 6

МОДАЛЬНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА НЕПРЕРЫВНЫХ АСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1. Цель работы

Исследование матричной процедуры модального метода синтеза линейных непрерывных одноканальных систем астатического типа, методики практической реализации данного класса алгоритмов управления на основе применения наблюдателей состояния.

2. Основные сведения

В данной лабораторной работе предлагается синтезировать систему управления астатического типа для модели объекта управления, заданной передаточной функцией вид:

$$W(p) = \frac{b_2 p + b_1}{a_3 p^2 + a_2 p + a_1}. \quad (6.1)$$

Цель функционирования системы управления состоит в обеспечении заданных показателей качества переходных процессов по выходной переменной $y(t)$, а также выполнении условия

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = r,$$

где r - задающее воздействие (задание).

Матричная процедура модального метода синтеза основана на использовании модели объекта управления в виде уравнений состояния. Поэтому от передаточной функции (6.1) перейдем к системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu, \\ y = Cx, \end{cases} \quad (6.2)$$

где $x = [x_1, x_2]^T$, u - управляющая переменная (вход).

Построение астатической системы с использованием матричной процедуры модального метода синтеза предполагает задание следующего закона управления:

$$\begin{aligned} u &= Kx + k_3 x_3, \\ \dot{x}_3 &= r - y, \end{aligned}$$

где $K = [k_1 \quad k_2]$.

Уравнения замкнутой системы можно представить в виде

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A + BK & Bk_3 \\ -C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ r \end{bmatrix}$$

Получим характеристический полином замкнутой системы:

$$A_{зам}(p, K, k_3) = \det \left(pI_3 - \begin{bmatrix} A + BK & Bk_3 \\ -C & 0 \end{bmatrix} \right).$$

Затем на основании заданных показателей качества переходного процесса формируется желаемый полином:

$$A_{ж}(p) = p^3 + a_3^ж p^2 + a_2^ж p + a_1^ж.$$

Характеристический полином замкнутой системы приравнивается к желаемому полиному. Затем, из полученной системы уравнений для коэффициентов полиномов, находятся коэффициенты матрицы обратной связи k_1 , k_2 и k_3 .

Обобщенная структурная схема системы управления при доступном для измерения векторе состоянии представлена на рис. 6.1.

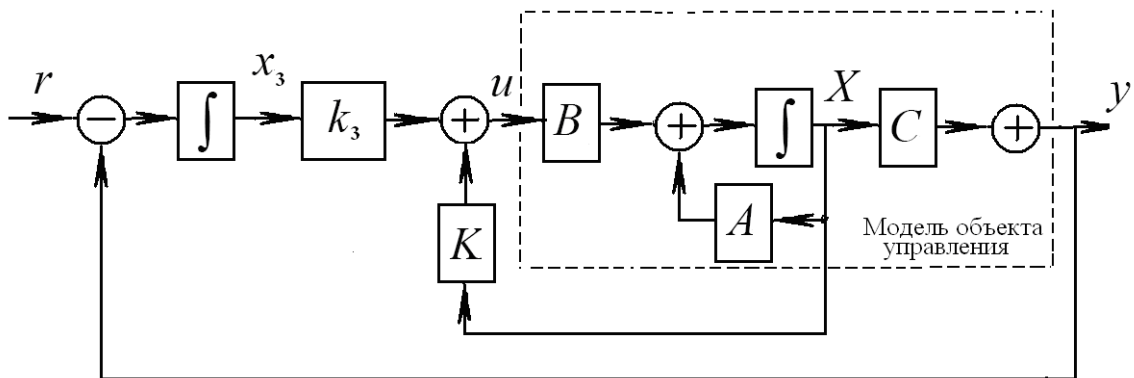


Рис. 6.1. Обобщенная структурная схема системы управления

В случае, когда вектор состояния $X(t)$ является недоступным для непосредственного измерения, тогда для практической реализации обсуждаемого алгоритма управления используют оценку вектора состояния, получаемую с помощью фильтра оценки состояния (наблюдателя вектора состояния).

Уравнения наблюдателя вектора состояния имеют вид:

$$\dot{\hat{X}} = A\hat{X} + Bu + L(y - \hat{y}), \quad \hat{X}(t_0 = 0) = \hat{X}_0$$

$$\hat{y} = C\hat{X}$$

где L - вектор столбец.

Обобщенная структурная схема системы управления при недоступном для измерения векторе состоянии представлена на рис. 6.2.

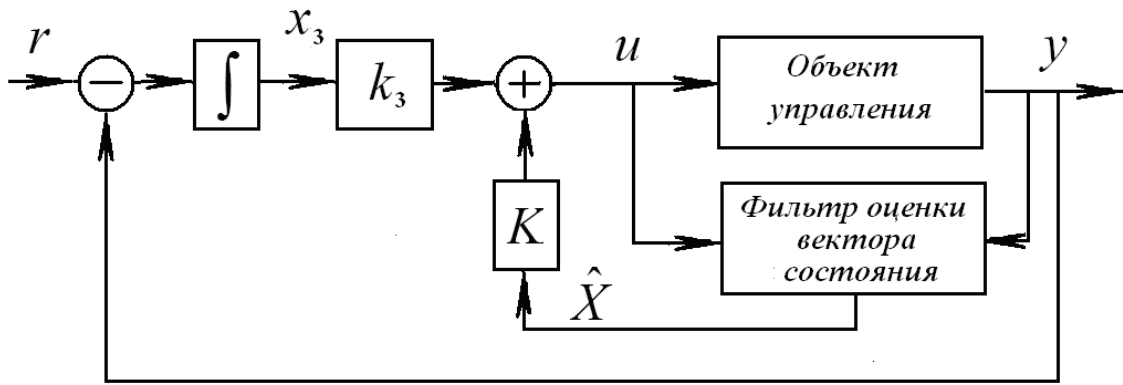


Рис. 6.2. Обобщенная структурная схема системы управления с наблюдателем вектора состояния

Уравнение для ошибки наблюдения $E = X - \hat{X}$ имеет вид

$$\dot{E} = (A - LC)E, \quad E(t_0 = 0) = E_0.$$

В результате получаем характеристический полином уравнения для ошибки наблюдения следующего вида:

$$A_{\text{набл}}(p, L) = \det(pI_2 - A + LC).$$

В соответствии с требованиями на показатели качества переходных процессов для ошибки наблюдения, формируется желаемый характеристический полином для уравнения ошибки наблюдения

$$A_{\text{набл}}^{\text{жел}}(p) = (p - p_1^{\text{набл}})(p - p_2^{\text{набл}})$$

Основное расчетное соотношение для вычисления L имеет вид

$$A_{\text{набл}}(p, L) = A_{\text{набл}}^{\text{жел}}(p).$$

В соответствии с теоремой разделения, расчет параметров регулятора и наблюдателя может быть выполнен независимо друг от друга. Желаемое время переходных процессов в наблюдателе состояния задается в 5-8 раз меньше по отношению к желаемому времени переходных процессов в объекте управления с целью уменьшения влияния ошибки оценки вектора состояния объекта на процессы в замкнутой системе управления.

2. Порядок выполнения работы

2.1. В соответствии с выполняемым вариантом лабораторной работы, для заданной передаточной функции

$$W(p) = \frac{b_2 p + b_1}{a_3 p^2 + a_2 p + a_1}$$

получить модель в виде системы дифференциальных уравнений в управляемой канонической форме, где параметры передаточной функции заданы в Табл. 6.1. Вычислить нули и полюса заданной передаточной

функции. Проверить выполнение свойств управляемости и наблюдаемости модели объекта управления.

2.2. Используя средства пакета программ численного моделирования Matlab/Simulink, сформировать структурную схему, представленную на Рис.6.3, где полученная модель в виде системы дифференциальных уравнений в форме Коши реализована средствами Simulink в виде структурной схемы в подсистеме Model.

2.3. Выполнить численное моделирование системы на Рис.6.3 с целью проверки правильности полученной модели в форме дифференциальных уравнений путем сравнения поведения выхода полученной модели с поведением выхода звена с заданной передаточной функцией $W(p)$.

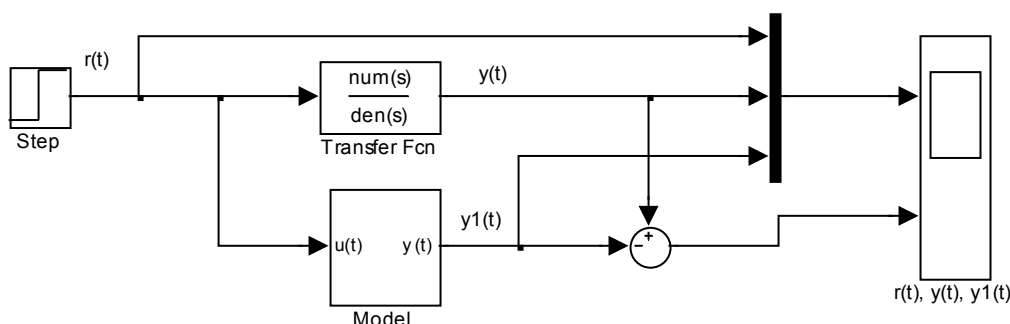


Рис.6.3

2.4. Выполнить расчет параметров регулятора в соответствии с требованиями на величину времени переходного процесса и перерегулирования для процессов по выходной переменной, заданными в Таблице 6.1. Реализовать полученный алгоритм управления для модели объекта средствами Simulink в виде структурной схемы, представленной на Рис.6.4. Выполнить численное моделирование системы, сравнить показатели качества переходных процессов с заданными требованиями.

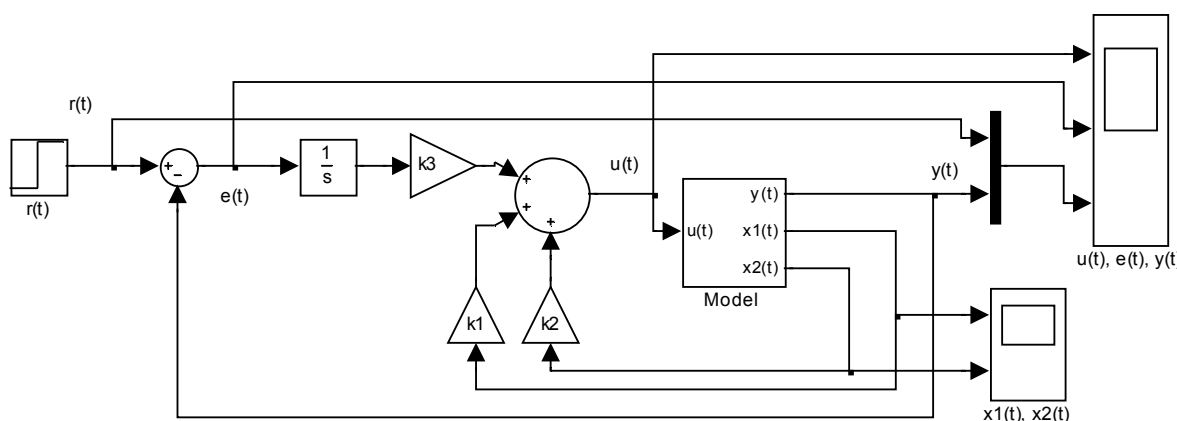


Рис.6.4

2.5. Выполнить расчет параметров наблюдателя вектора состояния для модели в виде системы дифференциальных уравнений в форме Коши. Обеспечить формирование длительности процессов для ошибки наблюдения

вектора состояния в 5-8 раз меньше, чем длительность формируемых процессов по выходной переменной $y(t)$. Реализовать наблюдатель вектора состояния средствами Simulink в виде структурной схемы. Выполнить численное моделирование системы на Рис.6.5. Рассмотреть показатели качества переходных процессов для ошибки наблюдения компонент вектора состояния. Выполнить численное моделирование системы на Рис.6.5. для нулевых и ненулевых начальных условий наблюдателя вектора состояния, и сравнить полученные переходные процессы для ошибки наблюдения.

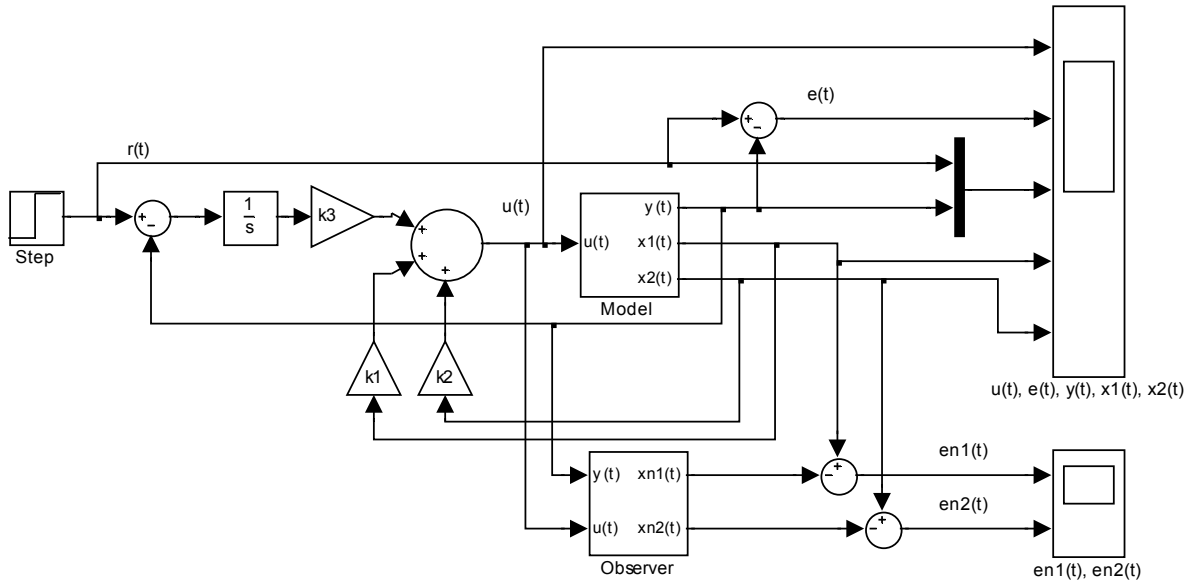


Рис.6.5

2.6. Выполнить численное моделирование системы на Рис.6.6 для системы с обратной связью по оценкам вектора состояния, полученным в наблюдателе вектора состояния. Сравнить полученные результаты моделирования с результатами пункта 2.4. Выполнить численное моделирование системы на Рис.6.6. для нулевых и ненулевых начальных условий наблюдателя вектора состояния, и сравнить полученные переходные процессы для поведения выхода системы, управляющего воздействия и ошибки наблюдения компонент вектора состояния.

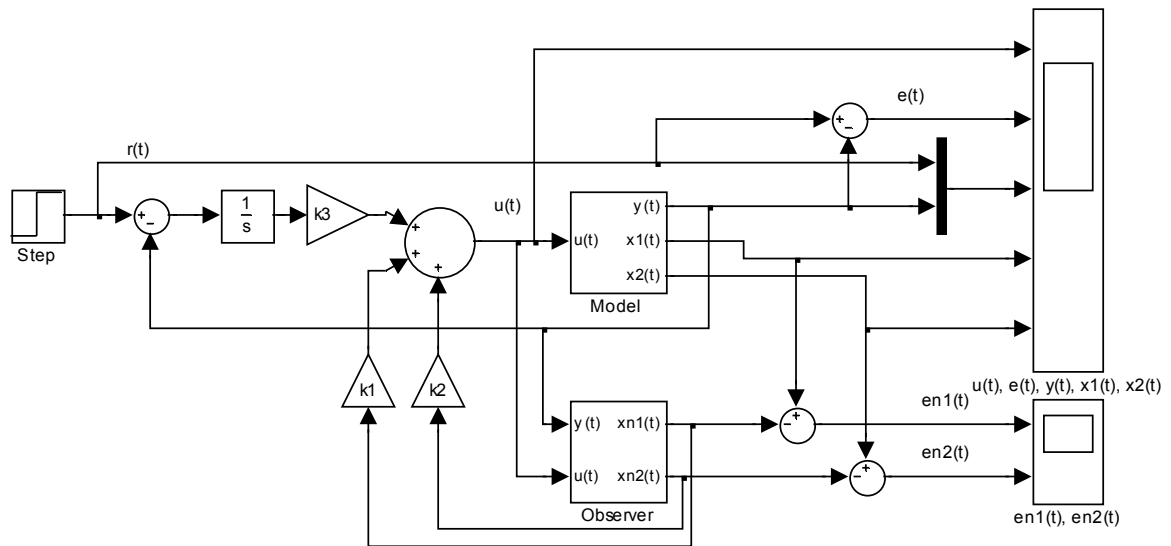


Рис.6.6

2.7. Выполнить численное моделирование системы на Рис.6.7, где модель в виде системы дифференциальных уравнений в форме Коши заменена исходной непрерывной моделью объекта управления в виде передаточной функции $W(p)$. Выполнить численное моделирование системы на Рис.6.7 для нулевых и ненулевых начальных условий наблюдателя вектора состояния. Сравнить полученные результаты моделирования с результатами пункта 2.6. Выполнить численное моделирование системы на Рис.6.7. при нулевом и ненулевом ступенчатом возмущающем воздействии $f(t)$.

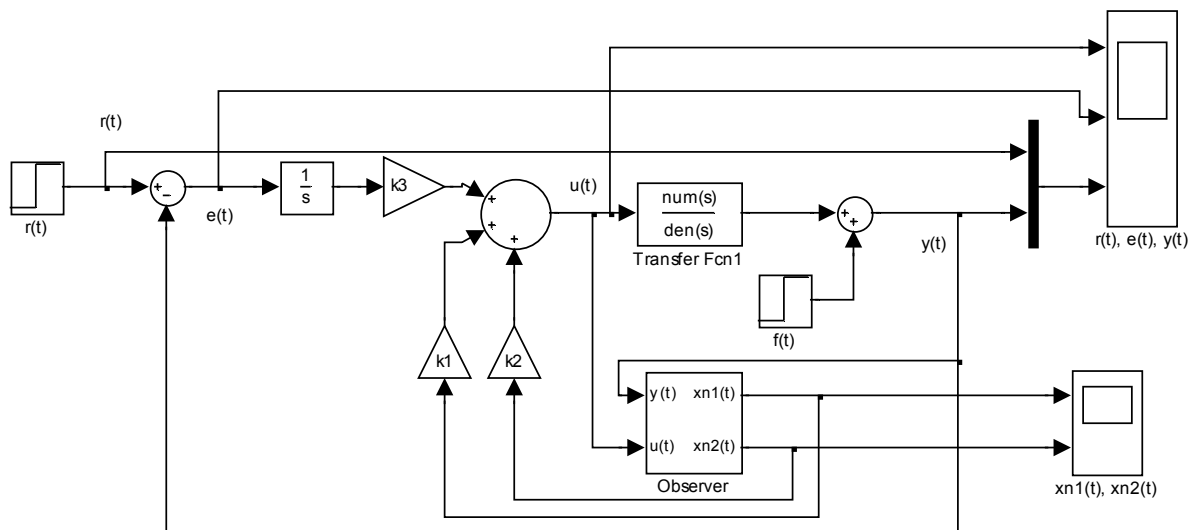


Рис.6.7

<i>Вар-т</i>	<i>Параметры</i>					
	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	$t_{II}(c); \sigma(\%)$
1	-1	0	1	1	0.5	2; 10
2	1	0	1	2	1	3; 0
3	-1	-1	2	2	0	4; 20
4	1	2	1	-0.5	1	5; 0
5	2	-3	1	2	1	3; 10
6	1	-3	2	3	0	4; 20
7	2	-3	1	-1	2	2; 0
8	-2	-1	1	-0.5	1	3; 20

3. Содержание отчёта

- 3.1.** Результаты расчетов параметров регулятора и наблюдателя, схемы для численного моделирования исследуемых систем.
- 3.2.** Экспериментально полученные переходные процессы.
- 3.3.** Выводы по результатам сравнения аналитических вычислений и результатов численного моделирования.

4. Контрольные вопросы

- 4.1. Методика расчета параметров регулятора для модального метода синтеза астатических систем.
- 4.2. Методика расчета наблюдателя вектора состояния.
- 4.3. Теорема разделения для модального метода синтеза.
- 4.4. Влияние возмущений на свойства процессов в астатической системе при модальном методе синтеза.