Общая структура алгоритмов управления

Линейная математическая модель замкнутой системы управления движением со штатными алгоритмами управления, включающими асимптотические наблюдатели, в векторно-матричной форме представляется следующими уравнениями:

а) линейная модель ДС вида (7.5):

б) линейная модель инерционности исполнительных органов:

$$\dot{\delta} = u \tag{7.25}$$

в) уравнение асимптотического наблюдателя:

$$\dot{z} = Az + B\delta + Ry + Q(x - z), \tag{7.26}$$

г) уравнение инерционного фильтра:

$$\dot{y} = \Gamma y + P(x - z) \tag{7.27}$$

д) уравнение дополнительного фильтра:

$$\dot{\zeta} = A_\zeta \zeta + B_\zeta y, \quad \xi = C_\zeta \zeta. \tag{7.28}$$

е) уравнение основного управляющего сигнала:

е1) позиционный вариант:

$$u = K\left(z - x^*\right) - \delta + K_\Delta y + \xi, \tag{7.29}$$

е2) скоростной вариант:

$$u = L\dot{z} + N\left(z - x^*\right) + \xi. \tag{7.30}$$

В приведенных соотношениях уравнения (7.5) и (7.25) представляют математическую модель объекта управления, а уравнения (7.26) – (7.28) и (7.29) либо (7.26) – (7.28) и (7.30) – математическую модель алгоритмов управления, которая в равной мере используется как для управления линейной, так и нелинейной моделью объекта.

В приведенных уравнениях использованы следующие обозначения

x – вектор состояния объекта;

u – вектор управляющих воздействий;

z –вектор состояния наблюдателя;

у – вектор состояния грубого фильтра (оценок возмущений);

ζ – вектор состояния точного фильтра;

ξ – вектор выхода точного фильтра;

x^* – вектор командных сигналов.

Все матрицы в приведенных уравнениях имеют постоянные компоненты при фиксированной скорости хода.

В дальнейшем уравнения (7.26) и (7.27), рассматриваемые совместно, будем называть уравнениями обобщенного наблюдателя фильтра (ОНФ)

$$\begin{aligned}\dot z &= Az + B\delta + Ry + Q(x - z),\\ \dot y &= \Gamma y + P(x - z)\end{aligned} \tag{7.31}$$

которые после исключения вектора y могут быть записаны в свернутой форме вида

$$\dot z = Az + B\delta + F(p)(x - z), \tag{7.32}$$

где $p = d/dt$ – оператор дифференцирования.

Уравнения дополнительного фильтра (ДФ) (7.28) также могут быть свернуть: к форме «вход-выход»:

$$\xi = G(p)(x - z) \tag{7.33}$$

С учетом (7.32) и (7.33), математическая модель алгоритмов автоматического управления (в позиционном варианте) представляется следующими формулами

$$\begin{aligned}\dot z &= Az + B\delta + F(p)(x - z),\\ u &= K\left(z - x^*\right) - \delta + \left[G(p) + K_\Delta F(p)\right](x - z),\end{aligned} \tag{7.34}$$

При выбранной структуре обратной связи (7.34), выбору в процессе проектирования системы подлежат ее следующие элементы:

– матрица K базового закона управления $u = K\left(z - x^*\right) - \delta$;

– передаточная матрица $F(s)$ при невязках в обобщенном наблюдателе-фильтре (или $\dim y$ и матрицы R, Q, Γ, P в системе (7.31));

– передаточная матрица $G(s)$ дополнительного фильтра (или $\dim \zeta$ и матрицы $A_\zeta, B_\zeta, C_\zeta$ в уравнении системы (7.28));

– постоянная матрица K_Δ в уравнении (7.29) для позиционного варианта алгоритмов управления;

– законы формирования командных сигналов x^*, как функций времени, либо состояния объекта управления.

Перечисленные искомые элементы несут следующую функциональную основную нагрузку в замкнутой системе (как линейной, так и нелинейной).

1. Числовая матрица K полностью определяет динамику собственного движения системы управления, т.е. качество стабилизации отклонений регулируемых координат от движения, определяемого задающими командными сигналами.

2. Передаточная матрица $F(s)$ обеспечивает желаемую динамику движения замкнутой системы, вызванного низкочастотными внешними воздействиями типа $f(t) = f_0 1(t)$ и, возможно, грубую (инерционную) фильтрацию волновых помех.

3. Постоянная матрица K_{Δ}, обеспечивает астатизм замкнутой системы по регулируемым координатам.

4. Передаточная матрица $G(s)$ обеспечивает точную (настраиваемую) фильтрацию волновых возмущений в канале управления.

7.Задающие командные сигналы, являющиеся компонентами вектора x^*, определяют качество процессов маневрирования по регулируемым координатам.

Синтез базовых алгоритмов автоматической стабилизации

Базовые алгоритмы стабилизации являются ключевым элементом штатных законов автоматического управления. Они однозначно характеризуются заданием матрицы K в уравнении (7.29), которая, как было отмечено выше, полностью определяет динамику собственного движения системы управления, т. е. качество стабилизации отклонений регулируемых координат от желаемого движения, определяемого задающими командными сигналами.

В связи с отмеченным обстоятельством, целью рассматриваемой задачи синтеза является поиск такой матрицы K, которая удовлетворяет совокупности требований, предъявляемых к качеству собственного движения (при отсутствии возмущений).

В соответствии с приведенными выше теоремами, для формализованной постановки подобной задачи не обязательно рассматривать уравнения (7.5), (7.25) – (7.30) полной замкнутой системы со штатными автоматами управления. Здесь вполне достаточно ограничиться рассмотрением линейной замкнутой системы, в которой обратная связь формируется по вектору состояния. Это связано с тем, что рассматриваемые динамические процессы для такой системы не отличаются от процессов для штатных алгоритмов управления.

Математическая модель указанной системы имеет следующий вид

$$\begin{aligned} &\dot{x} = Ax + B\delta,\ x(0) = 0, \\ &\dot{\delta} = K\left(x - x^*\right) - \delta, \end{aligned} \tag{7.35}$$

где через x^* обозначен вектор задающего командного сигнала, имеющий постоянные компоненты. Состав указанных компонент зависит от выбранной плоскости стабилизации и от конкретного режима движения объекта.

На движениях замкнутой системы (7.35) зададим функционал, определяющий качество динамического процесса, значениями которого