

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ШАГОВОГО АЛГОРИТМА ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

А.А. Лукашев
Сибирский федеральный университет

Задача экстремального регулирования состоит в том, чтобы текущее управление обеспечивало минимум целевой функции объекта управления. Для объектов, имеющих одно управляющее и одно внешнее воздействие задачу экстремального регулирования можно записать следующим образом:

$$Q(u(k), z(k)) \rightarrow \min_{u(k) \in U}, \quad (1)$$

где $k = 1, 2, \dots$ – время, $u(k)$ – управляющее воздействие, $z(k)$ – внешнее воздействие, $Q(\cdot)$ – неизвестная целевая функция объекта управления, $U = \{u(k) : u_{\min} \leq u(k) \leq u_{\max}\}$.

Рассматриваются одномерные статические объекты управления вида

$$y(k) = Q(u(k), z(k)) + V(k), \quad (2)$$

где $V(k)$ – помеха, $y(k)$ – измеренное значение целевой функции.

Об объекте управления (ОУ) делаются следующие допущения:

- функция $Q(u(k), z(k))$ унимодальна относительно управляющего воздействия $u(k)$;
- искомая точка минимума задаётся функциями возмущения z : $u^* = u^*(z)$ и $Q^* = Q^*(z)$, которые соответствуют горизонтальному и вертикальному дрейфу целевой функции;
- помеха $V(k)$ – центрированная и имеет дисперсию σ_V^2 .

Для решения задачи предполагается использовать устройство управления (УУ), реализующее адаптивный шаговой алгоритм. Состоящая из ОУ и УУ система экстремального регулирования (СЭР) в общем виде представлена на рис. 1.

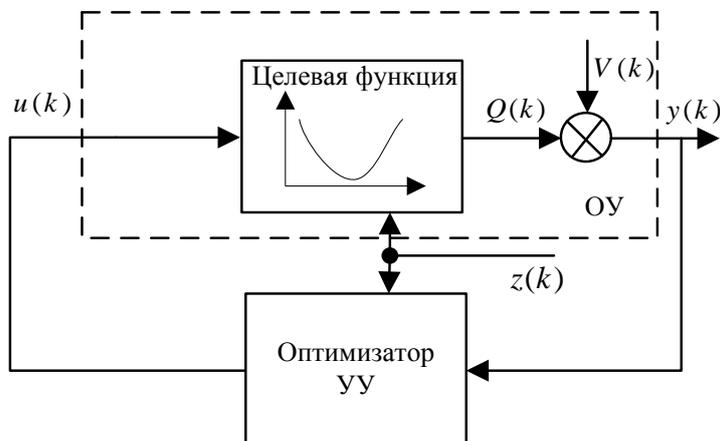


Рис. 1. Система экстремального регулирования

В основе работы УУ лежит шаговый алгоритм экстремального управления, идея которого состоит в изменении управляющего сигнала в соответствии с рекуррентным выражением

$$u(k) = u(k-1) + p(k-1)a \quad (3)$$

где a – размер шага ($a > 0$), $p(k-1)$ – направление шага (1, 0 или -1) в момент времени $(k-1)$.

До начала работы СЭР необходимо выбрать $a(1)$, $p(1)$, $u(1)$.

Алгоритм СЭР в общем виде:

1. измерить $z(1)$;
2. измерить $y(1)$;
3. положить $k = 2$;
4. измерить $z(k)$;
5. выбрать значение $p(k-1)$ (1, 0 или -1) в соответствии с правилами выбора направления;
6. положить $u(k) = u(k-1) + p(k-1)a$
7. измерить $y(k)$;
8. идентифицировать модель $\hat{Q}_k(u, z)$;
9. положить $k = k + 1$
10. переход к п. 4.

В качестве метода идентификации модели в пункте 8 была выбрана и исследована линейная регрессия, входными данными которой служат значения u , z и y за последние $N_0 \geq 3$ тактов:

$$\hat{Q}_k(u, z) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_u u + \hat{\beta}_z z. \quad (4)$$

При условии структурной адекватности этой модели в локальной области функции Q её качество можно оценить ковариационной матрицей:

$$K_{\beta} = \frac{\sigma_V^2}{N_0} \begin{bmatrix} \frac{s_z^2 m_u^2 - 2 \text{cov}_{uz} m_u m_z - \text{cov}_{uz}^2 + s_u^2 s_z^2}{s_u^2 s_z^2 - \text{cov}_{uz}^2} & \frac{\text{cov}_{uz} m_z - s_z^2 m_u}{s_u^2 s_z^2 - \text{cov}_{uz}^2} & \frac{\text{cov}_{uz} m_u - s_u^2 m_z}{s_u^2 s_z^2 - \text{cov}_{uz}^2} \\ \frac{\text{cov}_{uz} m_z - s_z^2 m_u}{s_u^2 s_z^2 - \text{cov}_{uz}^2} & \frac{s_z^2}{s_u^2 s_z^2 - \text{cov}_{uz}^2} & \frac{-\text{cov}_{uz}}{s_u^2 s_z^2 - \text{cov}_{uz}^2} \\ \frac{\text{cov}_{uz} m_u - s_u^2 m_z}{s_u^2 s_z^2 - \text{cov}_{uz}^2} & \frac{-\text{cov}_{uz}}{s_u^2 s_z^2 - \text{cov}_{uz}^2} & \frac{s_u^2}{s_u^2 s_z^2 - \text{cov}_{uz}^2} \end{bmatrix} \quad (5)$$

где m_u – среднее выборочное u (по последним N_0 точкам), m_z – среднее выборочное z , s_u^2 – выборочная дисперсия u , s_z^2 – выборочная дисперсия z , cov_{uz} – выборочная ковариация u и z .

Ковариационная матрица содержит дисперсии и ковариации оценок параметров $\hat{\beta}_0$, $\hat{\beta}_u$ и $\hat{\beta}_z$. Следует отметить, что знаменатели элементов матрицы

обращаются в ноль при равенстве корреляции управляющего и внешнего воздействия r_{uz} , равной 1 или -1 .

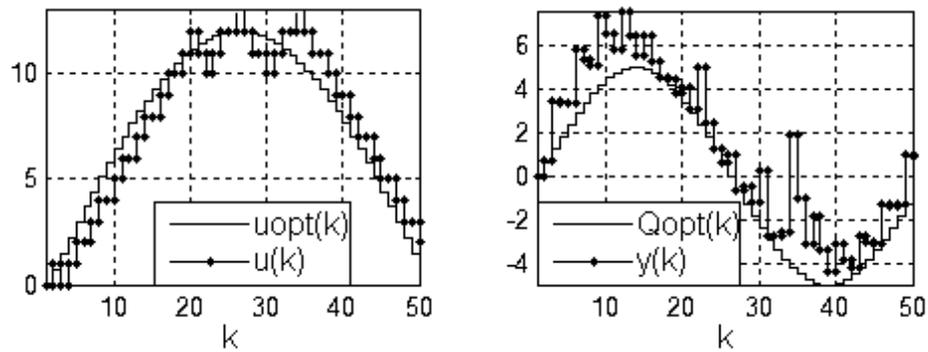
Направление $p(k-1)$ в пункте 5 выбирается следующим образом:

- $p(k-1) = -\text{sign}(\beta_u(k-1))$, при условии, что на следующем шаге $|r_{uz}| \neq 1$;
- $p(k-1) = 0$ в противном случае.

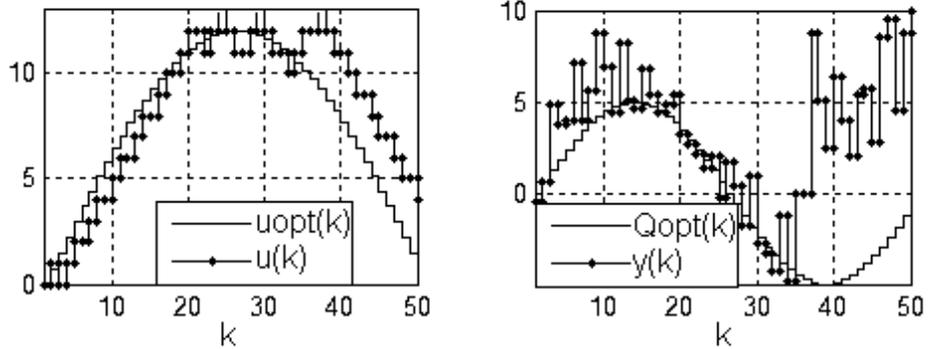
Результаты имитационного моделирования для объекта управления, целевая функция которого имеет вид

$$Q(u, z) = K(u - A_1 \sin(f_1 z))^2 + A_2 \sin(f_2 z), \quad z = k, \quad (6)$$

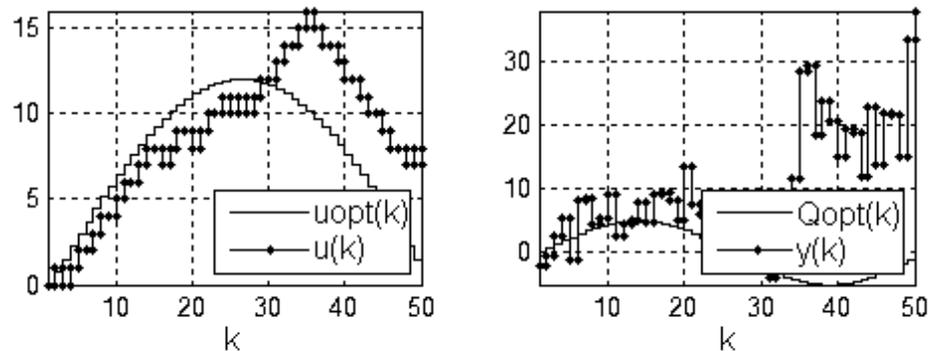
представлена на рис. 2. В качестве параметров объекта были взяты значения $K = 1$, $A_1 = 12$, $f_1 = 0,01$, $A_2 = 5$, $f_2 = 0,02$.



а) $\sigma_V^2 = 0$



б) $\sigma_V^2 = 1$



в) $\sigma_V^2 = 3$

Рис. 2. Результаты работы адаптивного шагового алгоритма

Из рисунка видно, что адаптивный шаговый алгоритм устойчив к вертикальному и горизонтальному дрейфу. Чем больше помехи измерений, тем больше отставание поиска от оптимума объекта управления.

В дальнейшем предполагается использование других методов идентификации, правил выбора направления, а также исследование алгоритма с переменным шагом a .

ЛИТЕРАТУРА:

1. Масальский Г.Б. Основы адаптивных систем: учебное пособие [Электронный ресурс] / сост. Г.Б. Масальский. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 1 диск.
2. Растринин Л.А. Системы экстремального управления. – М.: Наука, 1974
3. Либерзон Л.М., Родов А.Б. Системы экстремального регулирования / Под ред. проф. В.В. Казакевича. – М.: Энергия, 1965.

Научный руководитель: Г.Б. Масальский, к.т.н., профессор кафедры робототехники и технической кибернетики, Сибирский федеральный университет.

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕМ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ

Н.С. Айкина

Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП, группа 5БМ74

В соответствии с классической схемой теплоснабжения предполагается, что температура теплоносителя регулируется централизованно, и тепло поступает в здание независимо от реальной потребности, в соответствии с выполненными на этапе проектирования расчетами. Вследствие чего нередко наблюдается «перетоп», в особенности осенью и весной. Следствием этого является неэффективный расход тепла в случаях, когда не предусматривается регулирование теплотребления на объекте. Внедрение автоматических систем регулирования (АСР) температуры в контурах отопления, горячего водоснабжения и вентиляции является сегодня основным подходом к вопросам экономии тепловой энергии. Установка систем автоматического регулирования в тепловых пунктах снижает потребление тепла в административных помещениях до 45 %. Максимальный эффект достигается за счет оптимального регулирования в отопительный сезон, когда автоматика центральных тепловых пунктов практически не выполняет в полной мере свои функциональные возможности.

На сегодняшний момент сформулированная проблема имеет решения. Этим вопросом занимается большое число организаций. Предложенные техни-