Работа №8

Рассмотрим **минимально-фазовую** линейную модель объекта, представленную в форме “вход-выход”:

$$y^{(n)} + a_{n-1}y^{(n-1)} + a_{n-2}y^{(n-2)} + \ldots + a_0 y = b_m u^m + b_{m-1}u^{m-1} + \ldots + b_0 u\,, \quad (7.1)$$

$$\dot{v}_1 = \Lambda v_1 + e_{n-1}u, \quad (7.2)$$

$$\dot{v}_2 = \Lambda v_2 + e_{n-1}y, \quad (7.3)$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ -k_0 & -k_1 & -k_2 & \cdots & -k_{n-2} \end{bmatrix}.$$

$$K(s) = s^{n-1} + k_{n-2}s^{n-2} + k_{n-3}s^{n-3} + \ldots + k_0\,.$$

$$y(t) = \frac{1}{K_M(s)}\left[\psi^T \omega(t) + b_m u(t)\right] + \delta(t)\,, \quad (7.4)$$

где $\omega^T = \left[v_1^T, v_2^T,\ y\right]$, $\delta(t)$ — экспоненциально затухающая функция, определяемая ненулевыми начальными условиями.

Постановка задачи управления по выходу. Рассмотрим задачу слежения выходной переменной y за эталонным сигналом y_M, формируемым эталонной моделью вида

$$y_M(t) = \frac{k_0}{K_M(s)}\left[g(t)\right], \quad (7.5)$$

$$\lim_{t\to\infty}\left(y_M(t) - y(t)\right) = 0\,. \quad (7.6)$$

Способ №1 (b_m известно)

Закон управления формируется в виде

$$u = \frac{1}{b_m}\left(\hat{\psi}^T \omega_p + k_0 g\right) \quad (7.8)$$

Введем в рассмотрение сигнал расширенной ошибки:

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon - \hat{\psi}^T \overline{\omega}_p + \frac{1}{K_M(s)}\left[\hat{\psi}^T \omega_p\right]. \quad (8.2)$$

$$\omega_p = -\omega,\ \overline{\omega}_p = \frac{1}{K_M(s)}\left[\omega_p\right].$$

Тогда с учетом (8.1) (см. методическое пособие) последнее равенство примет следующий вид:

$$\hat{\varepsilon} = \tilde{\psi}^T \bar{\omega}_p. \tag{8.3}$$

Последнее выражение представляет собой статическую модель ошибки, на базе которой строится алгоритм адаптации

$$\dot{\hat{\psi}} = \gamma \frac{\bar{\omega}_p}{1+\bar{\omega}_p^T \bar{\omega}_p} \hat{\varepsilon}. \tag{8.4}$$

Способ №2 (b_m неизвестно)

Закон управления формируется в виде

$$u = \hat{\psi}^T \omega \tag{8.5}$$

Введем в рассмотрение сигнал расширенной ошибки:

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon + \hat{k}\xi \,. \tag{8.6}$$

$$\omega = \left[v_1, v_2, y, g \right], \ \bar{\omega} = \frac{1}{K_M(s)}[\omega], \ \xi = \frac{1}{K_M(s)}\left[\hat{\psi}^T \omega \right] - \hat{\psi}^T \bar{\omega}.$$

Алгоритм адаптации примет следующий вид:

$$\dot{\hat{\psi}} = \gamma_1 \frac{\bar{\omega}}{1+\bar{\omega}^T \bar{\omega}} \hat{\varepsilon}, \ \ \dot{\hat{k}} = -\gamma_2 \frac{\xi}{1+\bar{\omega}^T \bar{\omega}} \hat{\varepsilon}. \tag{8.7}$$

Порядок выполнения работы

1. На основе эталонной модели (7.5), фильтров (7.2), (7.3), настраиваемого регулятора (7.8), алгоритма адаптации (8.4) и данных, представленных в таблице 8.1, построить следящий адаптивный регулятор.

Провести моделирование для трех различных коэффициентов γ. По результатам моделирования построить три графика моделирования. На первом графике отобразить выходную переменную y и ее желаемое значение y_M, на втором графике — управляющее воздействие u, на третьем — оценки параметров $\hat{\psi}$.

2. На основе эталонной модели (7.5), фильтров (7.2), (7.3), настраиваемого регулятора (8.5), алгоритма адаптации (8.7), расширенной ошибки (8.6) и данных, представленных в таблице 8.1.

Провести моделирование для трех различных коэффициентов γ. По результатам моделирования построить три графика. На первом графике отобразить выходную переменную y, на втором графике — управляющее воздействие u, на третьем — оценки параметров $\hat{\psi}$.