1. Решить задачу слежения за эталонным сигналом $g = \sin\theta t$ для нелинейного объекта

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -\sin(x_2^2) - 4x_2 + u, \\ y = x_1 \end{cases}$$

Частота θ неизвестна. Параметры фильтров при параметризации переменной g и параметры гурвицевой матрицы A_M выбрать произвольно.

Решение.

Составим регрессор.

$$g = sin\theta t$$

$$\begin{cases} x_1 = sin\theta t \\ x_2 = \dot{x}_1 = \theta cos\theta t \\ \dot{x}_2 = -\theta^2 sin\theta t \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -\theta^2 x_1 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\theta^2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Получаем

$$\ddot{g} - \theta^2 g = 0$$

Применим к этому выражению фильтр $\frac{1}{s^2+k_1 s+k_0}$

$$\frac{s^2}{K(s)}[g] - \theta^2 \frac{1}{K(s)}[g] = 0$$

$$g = k_1 \frac{s}{K(s)}[g] + (\theta^2 + k_0)\frac{1}{K(s)}[g]$$

$$g = [\theta^2 + k_0 \quad k_1] \begin{bmatrix} \frac{1}{K(s)}[g] \\ \frac{s}{K(s)}[g] \end{bmatrix}$$

В результате имеем регрессионную модель $g = \theta_g^T \xi_g$

Рассчитаем ошибку по выходу:

$$\varepsilon = g - y = \theta_g^T \xi_g - Cx = \theta_g^T \xi_g - C\left(M_g \xi_g - e\right)$$

Неадаптивное управление строится на основе матриц, удовлетворяющих следующим равенствам:

$$M_g\left(A_{0g} + b_{0g}\theta_g^T\right) - A_M M_g = b\bar{\psi}_g^T$$
$$CM_g = \theta_g^T$$

Подставим второе уравнение в ошибку

$$\varepsilon = \theta_g^T \xi_g - CM_g \xi_g + Ce = \theta_g^T \xi_g - \theta_g^T \xi_g + Ce = Ce$$

Запишем в форме передаточной функции

$$\varepsilon = W(s)\left[\psi_g^T \xi_g - u\right]$$
$$W(s) = C(sI - A_M)^{-1} b$$

Отсюда получаем регулятор

$$u = \hat{\psi}_g^T \xi_g$$
$$\varepsilon = W(s)\tilde{\psi}_g^T \xi_g$$

Чтобы $W(s)$ не была СПВ, применим АА с расширенной ошибкой

$$\dot{\hat{\psi}}_g = \gamma W(s)\left[\xi_g\right]\hat{\varepsilon}$$
$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon - \hat{\psi}_g^T W(s)\left[\xi_g\right] + W(s)\left[\hat{\psi}_g^T \xi_g\right]$$