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

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

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

Выполнение:

Произведём линеаризацию системы путём занесения нелинейных функций в новое управление:

$$u' = -\cos(x_2 + x_1) + u$$

В виде ВСВ:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -4x_2 + u', \\ y = x_1 \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -4 & 0 \end{bmatrix}; b = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}; C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Так как вещественная часть собственных чисел матрицы состояний отрицательна, то систему можно назвать устойчивой. Тогда гурвицева матрица будет равна матрице состояния. Тогда управление примет вид:

$$u' = -Kx + \hat{\psi}_g \xi_g$$

где K=0.

Теперь преобразуем эталонный сигнал в гармонический:

$$\sin^2 \theta t = \frac{1 - \cos(2\theta t)}{2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\cos(2\theta t)$$

Также при преобразовании появилась константа. Теперь получим уравнение фильтра, выбрав произвольно матрицы A_{0g} и b_{0g}:

$$\dot{\xi}_g = A_{0g}\xi_g + b_{0g}g$$

$$A_{0g} = \begin{matrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -3 & -3 & -4 \end{matrix}; b_{0g} = \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{matrix}$$

Передаточная функция стабилизированной системы выглядит:

$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 4};$$

Тогда алгоритм адаптации и расширенная ошибка примут вид:

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

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

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon - \hat{\psi}_g^T \frac{1}{s^2 + 4}\left[\xi_g\right] + \frac{1}{s^2 + 4}\left[\hat{\psi}_g^T \xi_g\right]$$