МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)»

Прогресс диссертации по специальности

2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации

Тема: «Разработка алгоритма решения задачи оптимизации управления динамической системы субградиентными методами»

Выполнил:
аспирант группы М8О-104А-23
Фейзуллин Кирилл Маратович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедры 804 МАИ
Кибзун Андрей Иванович

Москва, 202_

Постановка задачи оптимизации динамической системы - 1

Динамическая система Лагранжиана механической системы с n-степенями свободы в стандартной форме с n – независимыми PMDC моторами, выражается следующей системой

$$\left.\begin{array}{c} D(q_t)\ddot{q}_t + C(q_t,\dot{q}_t)\dot{q}_t + G(q_t) = \tau_t + \vartheta_t \\ \tau_t = WK_\alpha I_{\alpha t} \\ L_\alpha \dot{I}_{\alpha t} + R_\alpha I_{\alpha t} + K_e W^T \dot{q}_t = v_{\alpha t} \end{array}\right\} \qquad (1)$$

Где $q_t, \dot{q}_t \in R^n$ - вектора координат и их скоростей, $\tau_t \in R^n$ - внешние крутящие моменты, действующие на механическую систему, $I_{\alpha t} \in R^n$ - направление текущего вектора, $W \in R^{n\times n}$ - константная матрица электродвижущих сил, $K_\alpha \in R^{n\times n}$ - направление константной матрицы электродвижущих сил, $D(q_t) = M(q_t) + WJW^T$ - инерциальная матрица, которая положительно определенная, где J- диагональная матрица роторов инерции, *где* $M(q_t)$ *- матрица Лагранжевой системы соответствующая инерциальной матрице в исходных координатах, а* $C(q_t,\dot{q}_t) \in R^n$ *– матрица является обобщением не потенциальных сил,* $v_{\alpha t} \in R^n$*- вектор вольтажа*

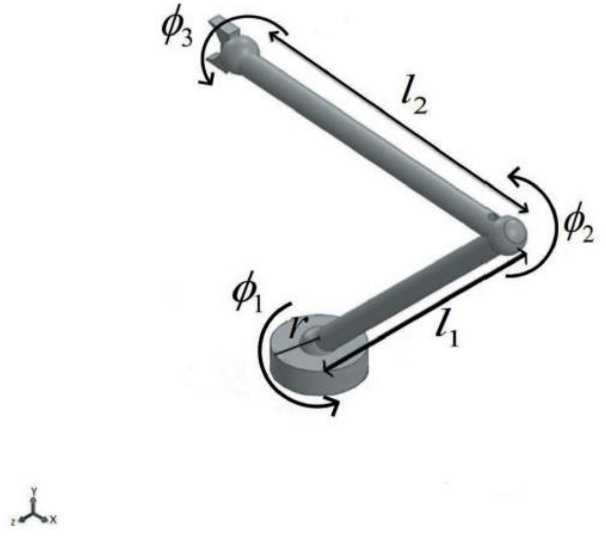

Рис.1. Пример системы – робот манипулятор с тремя степенями свободы

Постановка задачи оптимизации динамической системы - 2

Предполагая, что $q_t, \dot{q}_t$ *и* $I_{\alpha t}$ *доступны онлайн, из базовой постановки имеем:*

$$I_{\alpha t} - I_{\alpha t_0} = -L_\alpha^{-1} R_\alpha \int_{\tau=t_0}^{t} I_{\alpha t} d\tau - L_\alpha^{-1} K_e W^Y \left(q_t - q_{t_0}\right) + L_\alpha^{-1} \int_{\tau=t_0}^{t} v_{\alpha t}\, d\tau \qquad (2)$$

$$v_{\alpha t} = v_{\alpha t}^{(1)} + v_{\alpha t}^{(2)}, v_{\alpha t}^{(1)} = R_\alpha I_{\alpha t} + K_e W^T \dot{q}_t \qquad (3)$$

Отношение (2) представляется как

$$I_{\alpha t} = I_{\alpha t_0} + L_\alpha^{-1} \int_{\tau=t_0}^{t} v_{\alpha t}^{(2)}\, d\tau \qquad (4)$$

Подставляя (4) в (1), получаем

$$D(q_t)\ddot{q}_t + C(q_t, \dot{q}_t)\dot{q}_t + G(q_t) = \tau_t + \vartheta_t \qquad (5)$$

$$u_t = W K_\alpha L_\alpha^{-1} \int_{\tau=t_0}^{t} v_{\alpha t}^{(2)}\, d\tau\, , \widetilde{\vartheta}_t = W K_\alpha I_{\alpha t_0} + \vartheta_t \qquad (6)$$

Постановка задачи оптимизации динамической системы - 3

В виде стандартной матрицы с новым состоянием векторов $x_1 = q \in R^n$ *и* $x_2 = \dot{q} \in R^n$*, рассматриваемая Лагранжева динамика (5) имеет следующую форму:*

$$\dot{x}_t = \begin{pmatrix} \dot{x_{1t}} \\ \dot{x_{2t}} \end{pmatrix} = H(x_{1t}, x_{2t}) \begin{pmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \end{pmatrix} + Bu_t + \xi_t$$

$$H(x_{1t}, x_{2t}) = \begin{pmatrix} 0 & I_{n\times n} \\ 0 & -D^{-1}(x_1)C(x_1, x_2) \end{pmatrix} \tag{7}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0_{n\times n} \\ D^{-1}(x_1) \end{pmatrix}, \xi_t = \begin{pmatrix} 0_{n\times n} \\ D^{-1}(x_{1t})[\widetilde{\vartheta}_t - G(x_1)] \end{pmatrix}$$

Итак, в этом представлении размер управляющих воздействий и равен n, а размерность расширенного состояния $x = (x_1^T, x_2^T)^T$ это $2n$

Постановка задачи оптимизации динамической системы - 4

Далее будет проведена дискретизация системы (7) и сформулирована дискретная задача оптимизации зеркальным спуском с учетом дополнительной ошибки из-за дискретизации