

Task Space Inverse Dynamics

Для управления манипулятором в Task Space используем следующие формулы:

$$\dot{p} = J(q)\dot{q}$$

$$\ddot{p} = J(q)\ddot{q} + \dot{J}(q)\dot{q}$$

Из второй формулы находим выражение для заданного ускорения в joint space:

$$\ddot{q}_{des} = J^{-1}(q)\{\ddot{p} - \dot{J}(q)\dot{q}\},$$

где \ddot{p} задаём как:

$$\ddot{p} = \ddot{p}_{des} + K_d\dot{\tilde{p}} + K_p\tilde{p}$$

что обеспечит сходимость ошибок к нулю $\dot{\tilde{p}} \rightarrow 0, \tilde{p} \rightarrow 0$ при $t \rightarrow 0$.

Управление будет выглядеть следующим образом:

$$u = M\ddot{q}_{des} + h$$

Матрицу ошибки по ориентации находим по формуле:

$R_{err} = \logm(R_d R^T)$, где R_{err} -кососимметричная матрица, откуда выражаем вектор ошибок по ориентации в углах.

Приведём графики отработки алгоритма управления при следовании манипулятором траектории окружности в 2d плоскости:

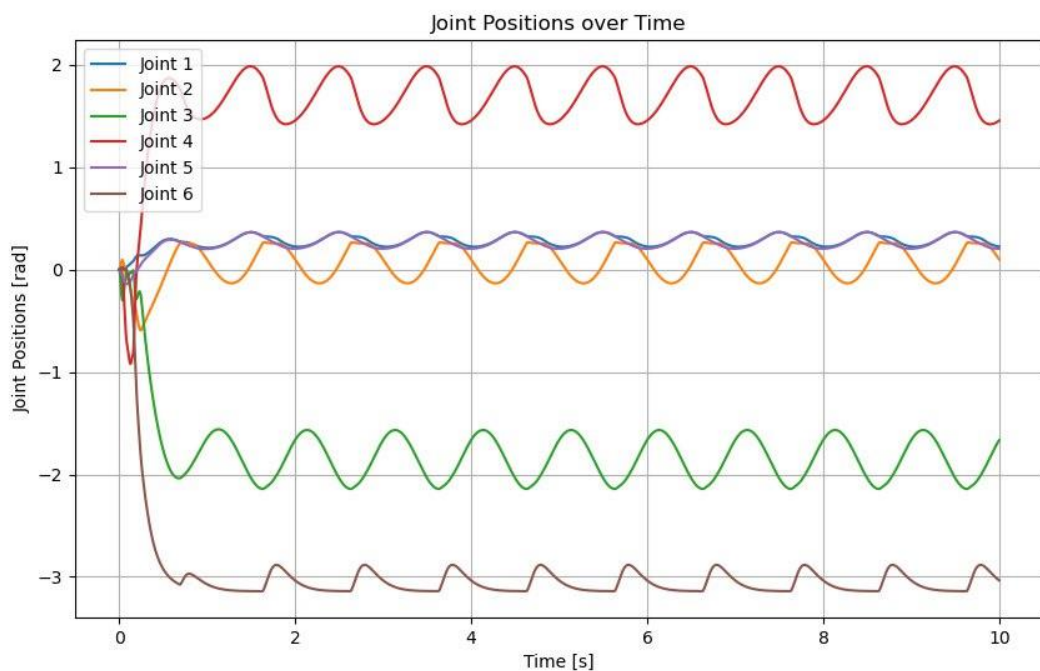


Рисунок 1 – График изменения положения шарниров в joint space

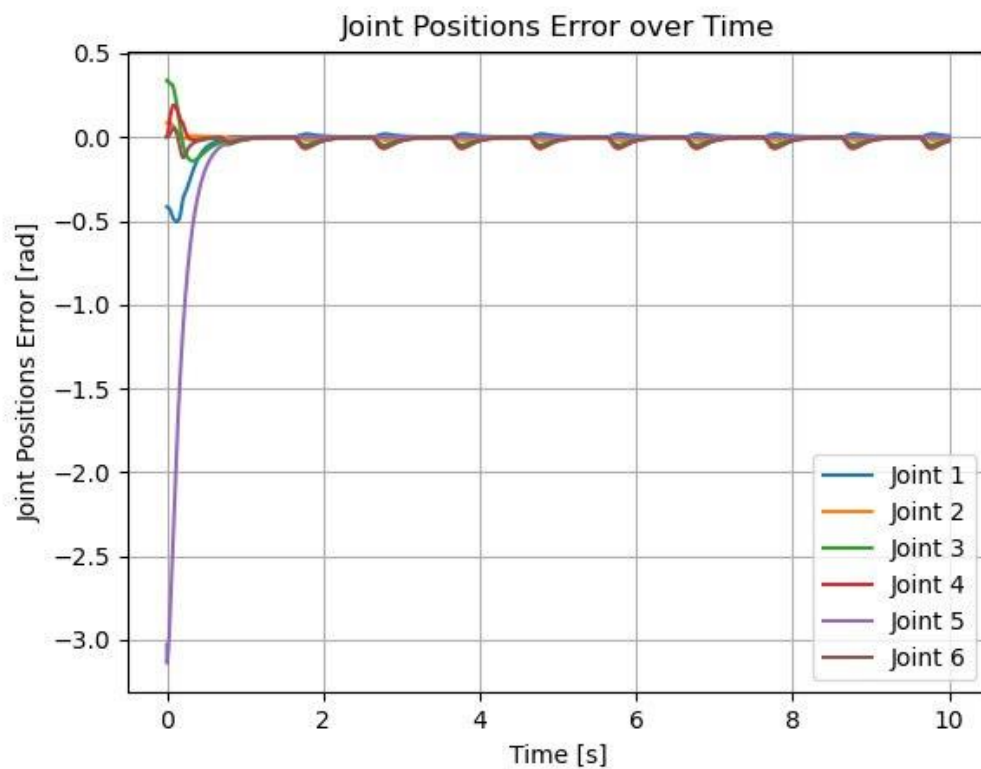


Рисунок 2 – График изменения ошибки положения шарниров в joint space

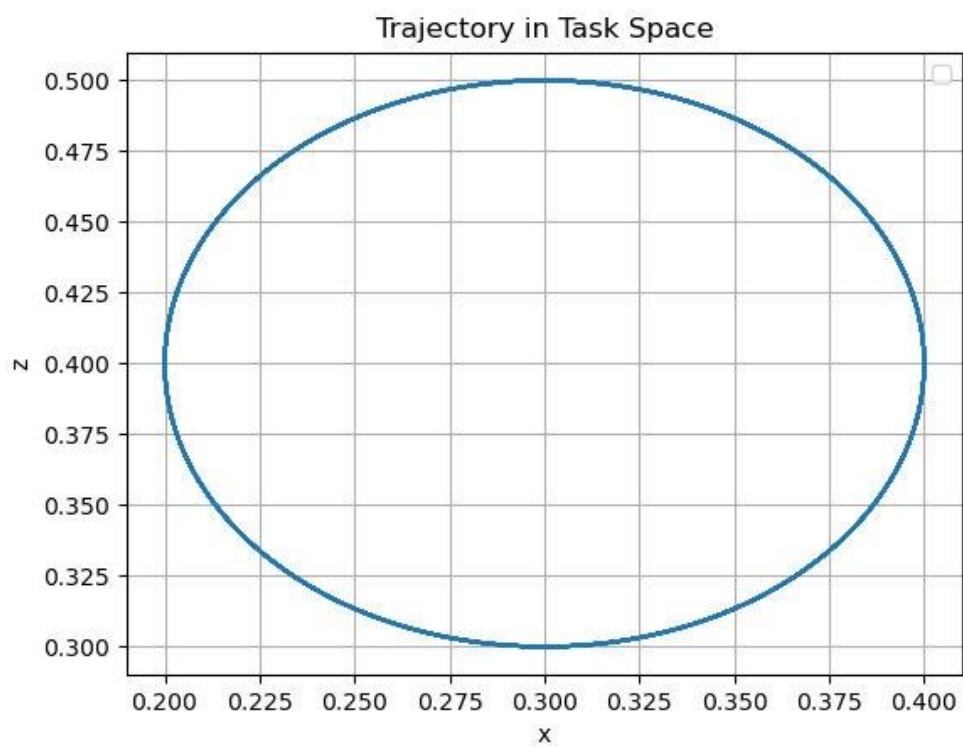


Рисунок 3 – График траектории в task space

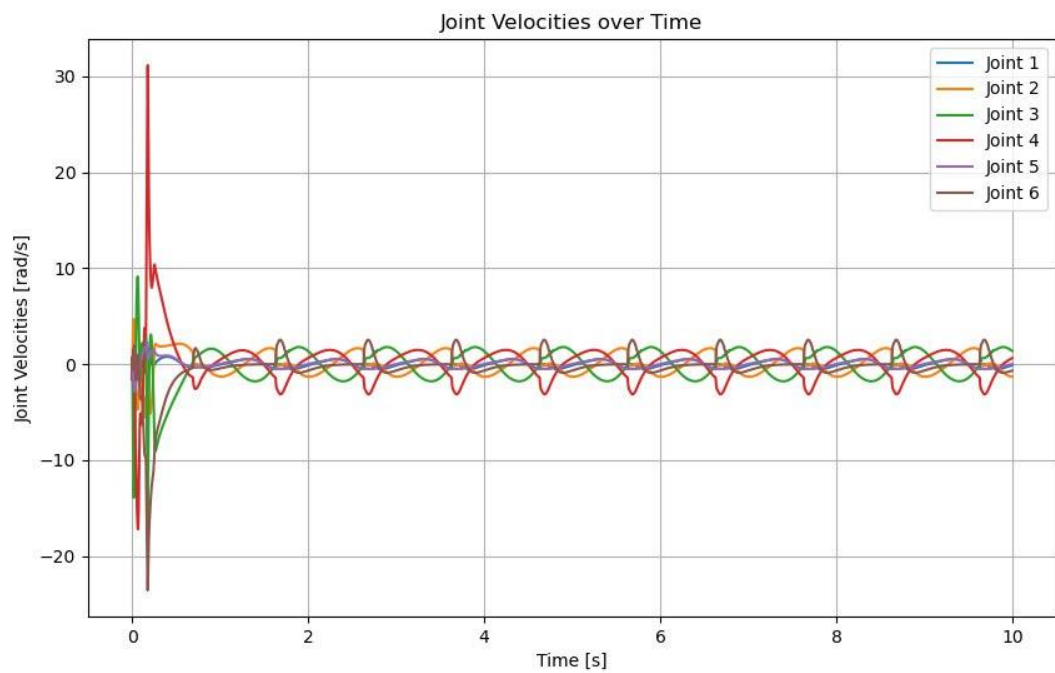


Рисунок 4 – График изменения скоростей шарниров в joint space

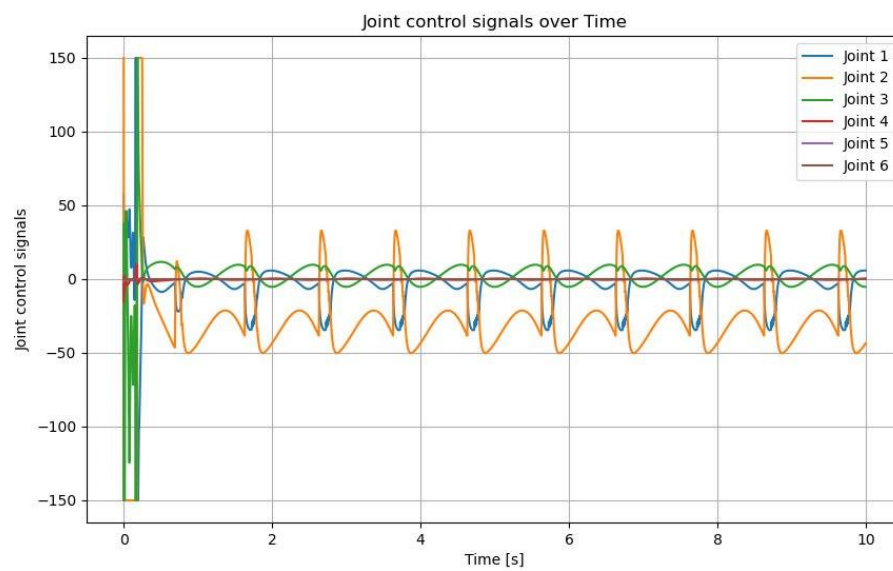


Рисунок 5 - График изменения сигналов управления