

Адаптивная идентификация нелинейных динамических моделей трения в механических системах

Научный руководитель – Пыркин Антон Александрович

Михальков Никита Владимирович

Аспирант

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: mikh.nv@yandex.ru

В современных робототехнических системах существует потребность в прецизионном управлении, однако зачастую присутствие трения между подвижными сочленениями является препятствием для его реализации. Более того, параметры трения обычно являются нестационарными, так как имеют существенную зависимость от окружающей среды. Одним из возможных подходов к обеспечению точности управления может быть использование компенсационного управления, в котором подаваемое управляющее воздействие u формируется как :

$$u = u_{des} + u_{compensated},$$

где u_{des} представляет собой управление полученное, исходя из упрощенной или идеализированной модели сочленения, а $u_{compensated}$ - является результатом оценки возможного возмущения, исходя из используемой модели возмущения. Точность аналитических моделей трения повышается вместе с их сложностью, что приводит к необходимости рассматривать динамические модели трения. Среди самых распространенных динамических моделей можно выделить модель ЛуГре [?]:

$$J\ddot{q} = u - \sigma_0 z - \sigma_1 \dot{z} - \sigma_2 \dot{q} \quad (1)$$

$$\dot{z} = \dot{q} - \frac{|\dot{q}|}{F_C} \sigma_0 z, \quad (2)$$

где q , $\dot{q}$, $\ddot{q}$ - положение, скорость, ускорение рассматриваемого сочленения, J - момент инерции; а также модель Даля [?], аналогичная (1) при $\sigma_1, \sigma_2 = 0$. Эти модели хорошо описывают экспериментальные результаты, в том числе явление гистерезиса, а также отличаются непрерывностью. Так как переменная состояния z в такой системе не является измеримой, то для построения $u_{compensated}$ необходим синтез наблюдателя $\hat{z}$, причем ввиду предполагаемого нестационарного характера параметров трения и отсутствия априорной информации об их значениях, такой наблюдатель должен быть адаптивным. Одним из существующих подобных подходов является наблюдатель типа DREMBAO [?], в основе которого лежит процедура динамического расширения и смешивания регрессора [?]. На рисунках представлена динамика ошибки оценки $\tilde{\theta} := \theta - \hat{\theta}$ неизвестных параметров для расширенной модели Даля, где $\theta = \left[\sigma_0, \frac{\sigma_0}{F_C}, \frac{\sigma_0}{F_C} \sigma_2, \sigma_2 \right]^T$ (рис. 1), а также динамика ошибки наблюдателя $\tilde{z} := z - \hat{z}$ (рис. 2), реализованные с использованием этих методов. В докладе представлен подход к построению наблюдателей такого типа в применении к механическим системам с трением, а также его расширение на более широкий класс нелинейных систем.

Источники и литература

- 1) @articlejohanastrom2008revisiting, title=Revisiting the LuGre friction model, author=Johanastrom, Karl and Canudas-De-Wit, Carlos, journal=IEEE Control systems magazine, volume=28, number=6, pages=101–114, year=2008, publisher=IEEE
- 2) @articlepiatkowski2014dahl, title=Dahl and LuGre dynamic friction models—The analysis of selected properties, author=Piatkowski, Tomasz, journal=Mechanism and Machine Theory, volume=73, pages=91–100, year=2014, publisher=Elsevier
- 3) @articlevedyakov2022extension, title=An extension of adaptive state observers using dynamic regressor extension and mixing with relaxed excitation conditions, author=Vedyakov, Alexey and Besspalov, Vladimir and Vorobev, Vladimir and Cherginets, Dmitry and Pyrkin, Anton, journal=IFAC-PapersOnLine, volume=55, number=12, pages=330–335, year=2022, publisher=Elsevier
- 4) @inproceedingsaranovskiy2016parameters, title=Parameters estimation via dynamic regressor extension and mixing, author=Aranovskiy, Stanislav and Bobtsov, Alexey and Ortega, Romeo and Pyrkin, Anton, booktitle=2016 American Control Conference (ACC), pages=6971–6976, year=2016, organization=IEEE

Иллюстрации

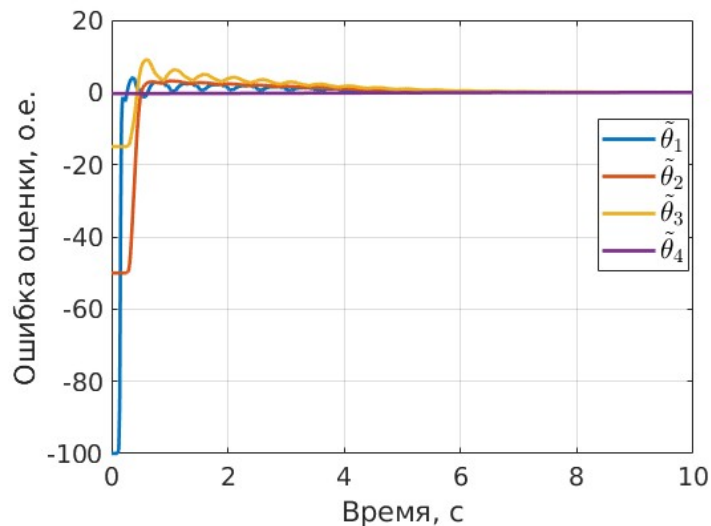


Рис. : 1. Ошибка оценки параметров

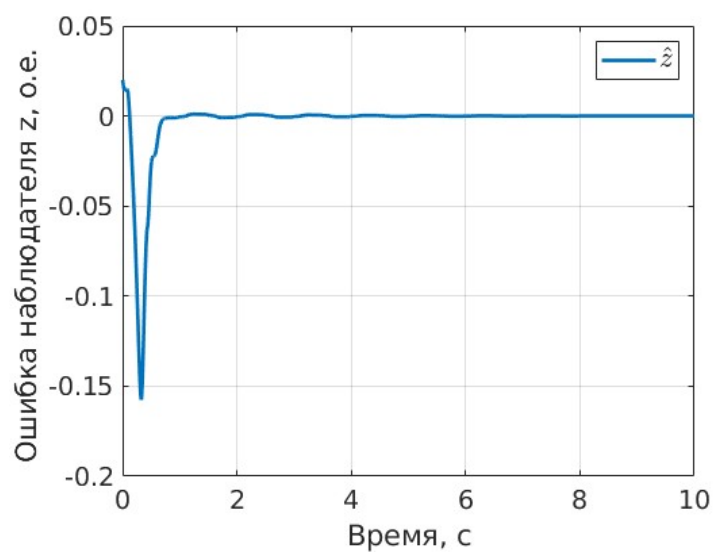


Рис. : 2. Динамика ошибки наблюдателя $\hat{z}$