

ОЦЕНКА ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ В ЗВЕНЬЯХ МАНИПУЛЯТОРА КУКА YOUNOT¹⁾

1. Эксперимент

Нами была проведена серия экспериментов по идентификации вязкого трения по следующей методике:

1.1. Постановка задачи

Требуется построить зависимость электрического момента за вычетом момента силы тяжести от угловой скорости движения звена манипулятора.

Для этого требуется произвести измерения момента для разных угловых скоростей при движении манипулятора из одного крайнего положения в другое. Дополнительно записывается относительное время, положение (угол).

Каждое из звеньев робота должно двигаться по трапециидальному профилю.

Перед началом эксперимента для каждого звена должна быть определена минимальная ω_{min} и максимальная ω_{max} угловые скорости. Минимальная скорость равна 0.01 рад/с. Под максимальной скоростью понимается такое минимальное значение скорости, при котором линейный участок трапециидального профиля будет вырожден.

¹⁾

На основе данных о минимальной ω_{min} и максимальной скорости ω_{max} рассчитываются скорости, для которых будут проведены эксперименты по следующим правилам:

- Малые скорости. Диапазон $[\omega_{min}, 0.1]$ рад/с) делится на части с шагом 0.02 рад/с.
- Средние скорости. Диапазон $[0.1, 1]$ рад/с делится на 9 частей, с шагом 0.1 рад/с.
- Большие скорости. Диапазон $([1, 0.9\omega_{max}]$ рад/с делится на части с шагом 0.2 рад/с.

1.2. Композиция итераций

Итерации проводятся друг за другом. Пауза между итерациями не более одной минуты.

Итерации делятся на три группы. Между группами итераций силовое питание манипулятора отключается, и он переводится в начальное положение. Пауза между группами итераций не более двух минут. В противном случае, требуется соответствующая процедура «разогрева».

Каждая итерация соответствует одной скорости из рассчитанных согласно правилу, описанному в Логике эксперимента. Группа состоит из итераций для всех скоростей, для которых надо провести измерения. Группа начинается с итерации соответствующей наибольшей скорости, далее итерации следуют по убыванию скорости. Таким образом, все группы состоят из одинакового набора итераций.

1.3. Режим разогрева

Т.к. в рамках данного эксперимента определяется только вязкое трение в рабочем режиме, то перед проведением эксперимента необходимо произвести разогрев идентифицируемого звена.

Разогрев производится по следующему алгоритму: в течении заданного промежутка времени t_r разогреваемое звено приводится в случайные положения без промежуточных остановок

1.4. Описание итераций

Итерация заключается в приведении звена в «положение свечи», а дальше в крайнее левое положение. Из этого положения звено циклически переводится в крайнее правое и обратно с постоянной скоростью заданное количество раз n (за одно повторение считается движение туда-обратно, т.е. с возвратом в крайнее левое положение).

Для малых скоростей движение из крайнего левое в крайнее правое положение и обратно повторяется $n=5$ раз.

Для средних скоростей $n=10$

Для больших скоростей $n=20$

2. Результаты эксперимента

Данные полученные в ходе эксперимента были корректные по всем звеньям, кроме второго. Время разогрева для всех звеньев составляло 5 минут.

Эксперимент с четвёртым звеном проводился после нескольких часов непрерывной работы робота. Из графиков видно, что кучность измерений четвёртого звена

выше остальных. Это означает, что время разогрева выбрано неверно. Для корректной идентификации предлагаю увеличить время разогрева до 30 мин.

Также из-за ошибки в программном коде, обеспечивающем сохранение данных, получены некорректные данные по второму звену. Программа требует доработки. На устранение этой ошибки мне потребуется около часа.

3. Заключение

Исходя из результатов эксперимента, предлагаю следующий алгоритм работы. Для оценки гравитационной компоненты я воспользуюсь полученными значениями сухого трения, а для второго звена буду использовать среднее значения по третьему и четвёртому звеньям.

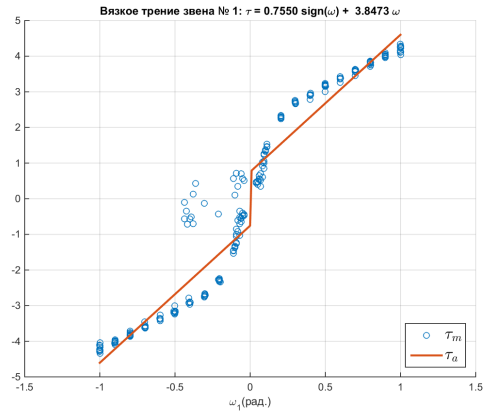
В течение нескольких дней я произведу оценку параметров робота по новой методике. Также я исправлю ошибку, связанную с записью данных об эксперименте для второго звена.

Предлагаю провести новую серию экспериментов с увеличенным временем разогрева и скорректированной программой. Нам это всё равно пригодится для идентификации динамической модели робота. Возможно новые значения сухого трения будут отличаться от текущих, что повысит точность определения силы, действующей на энд-эффектор робота.

Также считаю целесообразным уменьшить группу малых скоростей до двух значений: 0.1 и 0.05 рад/с.

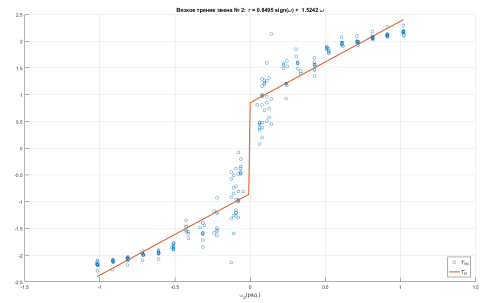
Из-за малых скоростей время проведения неоправданно возрастает, хотя ощутимого вклада в точность идентификации малые скорости не вносят.

а



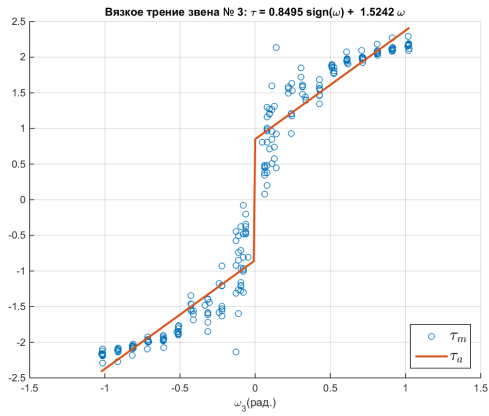
Звено №1

б



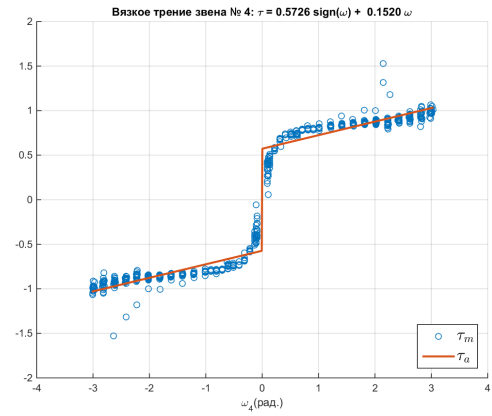
Звено №2

в



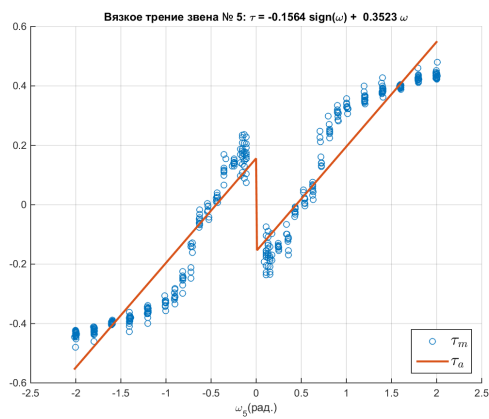
Звено №3

г



Звено №4

д



Звено №5

Рис. 1. Зависимость вязкого трения от угловой скорости.