

ЛИНЕЙНЫЙ ПРИВОД С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЭЛАСТИЧНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА ROTTO

Введение. В настоящее время привод с эластичными элементами находит всё большее применение в манипуляторах и шагающих роботах. С введением в привод эластичности появляется возможность не только запастись в ней энергией, но и придать особые свойства всему приводу в целом. В промышленных манипуляторах актуальна проблема безопасности человека при случайном контакте с механизмом. Решение находят в управлении импедансом системы. Острые проблемы шагающих механизмов – это задачи вхождения в контакт с поверхностью, где возникают большие силы в короткие промежутки времени, т.е. удары. В данной ситуации встроенный в привод эластичный элемент позволяет частично демпфировать энергию удара и даёт возможность системе управления отреагировать на возмущение.

Постановка задач исследования. Для линейного привода, применяемого в конструкции антропоморфного робота «ROTTO» [1], разработан эластичный элемент специальной конструкции. На основе полученной электромеханической системы исследуется построение системы регулирования силы, реализации искусственной пружины с заданной жесткостью и позиционирование с заданным импедансом.

Материалы исследования.

Конструкция эластичного элемента. На рисунке 1 показана разработанная конструкция эластичного элемента, совмещенного с датчиком силы. Применение современных композитных материалов позволило достигнуть большой энергоёмкости эластичного элемента при малом весе. Основным рабочим элементом является плоская углепластиковая пружина 5. Деформация пружины измеряется датчиком Холла 4, находящегося в магнитном поле двух неодимовых магнитов 3. Стекловолоконная пластина 2 и винт 1 служат для закрепления привода. На основании измеренной деформации вычисляется положение выходного элемента привода и сила сжатия пружины.

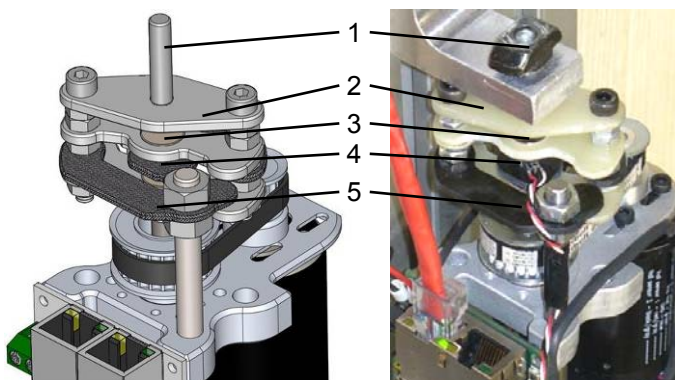


Рисунок 1. CAD модель конструкции эластичного элемента (слева) и её реализация (справа)

Регулирование силы. Регулирование силы на выходном элементе разработанной электромеханической системы осуществляется по модели, представленной на рисунке 2.

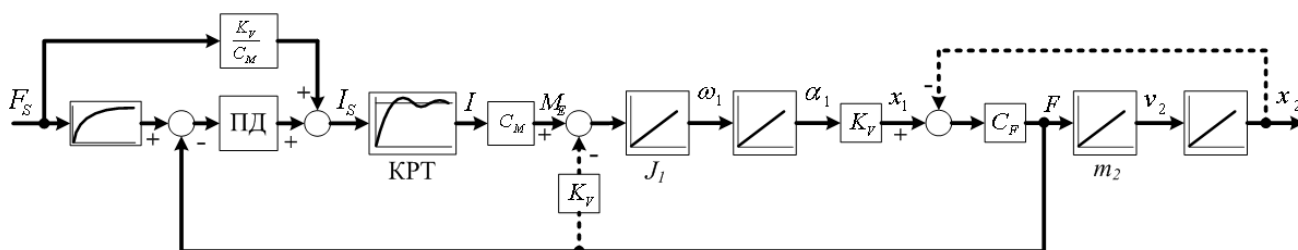


Рисунок 2. Структурная схема системы регулирования силы, где C_F – коэффициент жесткости пружины, K_V – коэффициент преобразования вращательного в поступательное движение, C_M – коэффициент связи

Система регулирования силы имеет подчиненную структуру. Внутренним для контура регулирования силы (КРС) выступает непосредственно контур регулирования тока (КРТ), контура регулирования скорости и положения отсутствуют. Такой подход позволяет достичь предельно высоких динамических показателей в КРС. Известны успешные попытки применения подобной схемы в работах университета MIT [2]. Однако целесообразность применения в описанной в [2] схеме связей с двойным дифференцированием сигналов вызывает сомнения.

В КРС применен ПД регулятор. При его настройке связи, показанные на рисунке 2 пунктиром, не учитываются. Учитывая высокое конечное быстродействие контура силы, эти связи рассматриваются как возмущающие воздействия и не приводят к неустойчивости системы. Данный метод настройки не является стандартным, однако его работоспособность с успехом подтверждается на практике.

Примененный фильтр по заданию силы устраняет нежелательный ноль замкнутого контура регулирования силы, а звено предупреждения K_V/C_M устраняет статическую ошибку. Система регулирования реализована в цифровом виде и работает с периодом дискретизации 1мс. Переходные процессы в контуре регулирования тока длятся значительно меньше 1мс, поэтому его динамика не учитывается при настройке контура регулирования силы.

На рисунке 3 показана реакция рассматриваемой системы регулирования силы на скачок задания в 20 Н (пунктирная линия) в математическом моделировании (точечная линия) и на экспериментальной установке (жирная линия). Время первого согласования составляет 15мс при частоте среза контура силы 50Гц.

Регулирование положения с заданным импедансом.

В приведенной на рисунке 4 схеме системы регулирования положения, рассмотренный контур регулирования силы является внутренним для простого мо-

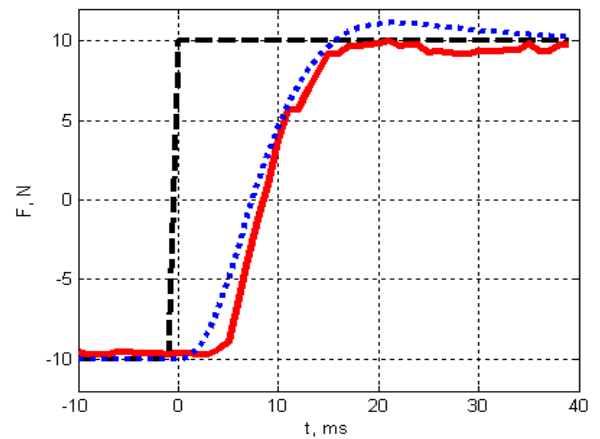


Рисунок 3. Реакция системы регулирования силы на скачок задания

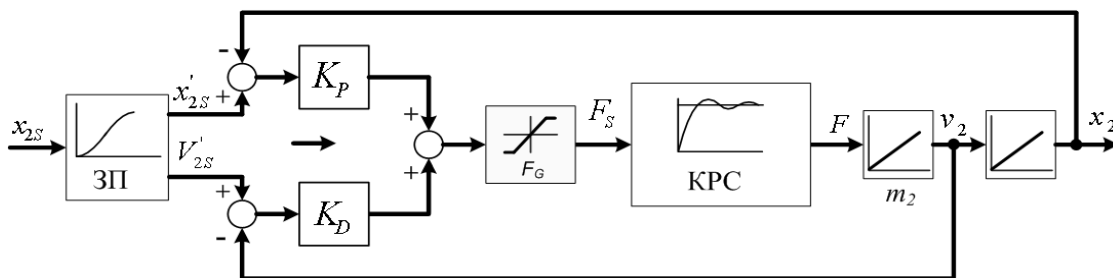


Рисунок 4. Структурная схема системы регулирования положения

дального регулятора положения. Коэффициент K_D определяет демпфирование системы. Особый интерес вызывает коэффициент K_P и величина ограничения силы F_G , вариация которых позволяет получить особые свойства системы позиционирования в контактных задачах. Например, при задании малой величины K_P поведение в контакте получается упругим (низкий импеданс, искусственная пружина). Другая задача – точное позиционирование с ограничением силы в контакте – решается заданием большой величины K_P и определенной величины F_G . При вхождении в контакт регулятор положения выходит в ограничение и, фактически, отключается, а контур регулирования силы поддерживает величину силы на установленном уровне F_G . Такой случай продемонстрирован на рисунке 5, где конечное положение не достигается вследствие удара о препятствие. На верхнем графике пунктиром показано задание на перемещение, сплошной линией – отработанное перемещение; на нижнем – сила, ограниченная на величине 50Н.

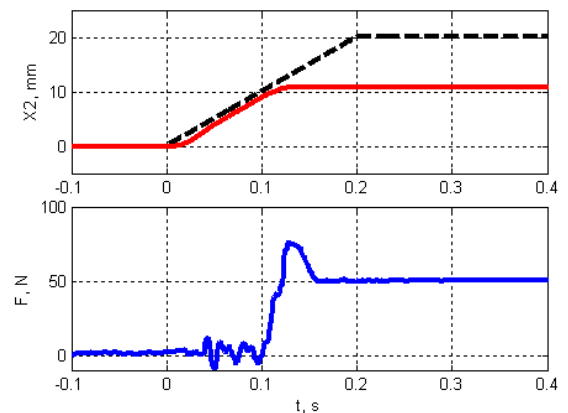


Рисунок 5. Удар в препятствие при перемещении с ограничением силы

Выводы.

Качественные показатели рассмотренного привода позволяют применять его в системах требующих быстрого и точного регулирования силы, таких как рассмотренное регулирование с заданным импедансом. Запланировано оснащение таким приводом всего робота для осуществления управления по концепции виртуальных сил [3], и представляется возможным реализация баллистического (собственного) движения механической системы.

Литература.

1. Линейный привод для антропоморфного робота ROTTO / Палис Ф., Завгородний Ю., Конев М., Телеш А., Мельников А., Рудской А. // Вісник НТУ "Харківський політехнічний інститут". - Харків, НТУ "ХПІ", 2008. - Вип. 30. - С.55 - 56.
2. Stiffness Isn't Everything / Pratt G., Williamson M., Dillworth P., Pratt J., Ulland K., Wright A. // Proceedings of the 4th International Symposium on Experimental Robotics (ISER'95, USA, California, Stanford, July 1995).
3. Virtual Actuator Control / Pratt, J., Torres, A., Dilworth, P., Pratt, G. // Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '96, Osaka, Japan, 1996).