

В полусинхронной репликации главный узел нуждается в подтверждении от одной или нескольких зависимых узлов. Данный способ является чем-то средним между синхронной и асинхронной. Сильной стороной такого типа репликации является паритет производительности и надежности. Но несмотря на это, требует более скрупулёзной настройки и управления. Не сильно популярна и не сильно распространена.

Таким образом, репликация является очень полезным механизмом для обеспечения повышенной производительности системы. Грамотный подход к настройке и проектированию системы положительно скажется на комфорте пользования приложением и дальнейшем масштабировании во время роста нагрузки на узлы хранения данных. Репликация очень важна в системах, у которых повышенные требования к стабильности и отказоустойчивости, безопасности хранения данных, а также в случаях географически распределенных систем.

Литература

1. PostgreSQL Documentation / [Электронный ресурс] // postgresql.org: [сайт]. – URL: <https://www.postgresql.org/docs/current/runtime-config-replication.html> (дата обращения: 05.05.2025).
2. Репликация базы данных / [Электронный ресурс] // struchkov.dev: [сайт]. – URL: <https://struchkov.dev/blog/ru/database-replication/> (дата обращения: 07.05.2025).

УДК 004.896

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПЕДАНС-КОНТРОЛЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЫ

Маркушевский А.Р., Ломаченков Е.В.

Научный руководитель – Холод П.В., ассистент кафедры

Роботы-манипуляторы, размещенные на промышленных производствах, в частности выполняют конкретную задачу и имеют постоянные параметры: рабочая зона, сила захвата, время обработки и т.д. Но с развитием робототехники роботы-манипуляторы стали применяться в больницах, в жилых домах, офисах, в учебных и развлекательных заведениях. Отличительная черта этих мест – работа непосредственно с живыми объектами или по соседству с ними, а также непостоянность условий. Ведь, если, например, робот-манипулятор работает в доме, где постоянно ходит человек, это оказывает влияние на рабочую зону и планирование траектории. Или сначала выполняет одну задачу, например, переместить

баллоны с газом, а затем другую, например, переместить стакан. Исходя из задач, необходимо применять разную силу захвата.

В этом контексте удобным и мощным инструментом будет импеданс, при котором робот приобретает способность адаптироваться к внешним изменениям среды. Основная задача исследования классифицировать импеданс под конкретные задачи, исходя из вариативности среды. А также исследовать проблемы в этой области и дать потенциальное решение.

В условиях неопределенной среды невозможно использовать робота-манипулятора с простым П-регулятором или с обратной связью из-за большого коэффициента усиления, который приводит к подаче чрезмерного управляющего сигнала. Если робот встретит препятствие в виде человека, то контроллер не успеет плавно сработать и произойдет жесткий механический контакт, который может оказать ущерб здоровью. Поэтому решением данной проблемы будет управление по механическому импедансу (далее импеданс-управление).

Импеданс-управление напоминает пружинно-амортизационную систему «пружина–демпфер». В результате механического удара происходит рассеивание энергии по пружине. Определить в матричной форме взаимодействие импеданса можно по формулам:

$$M \ddot{x}_t = K^P(\hat{x} - x_t) - D^V \dot{x}_t + f_t^e \quad (1)$$

$$I \omega_t = K^O(\log(\hat{R}R_t^T)) - D^W \omega_t + \tau_t^e \quad (2)$$

где M , I - матрицы массы и инерции, где $\hat{x}$, x_t желаемая и фактическая траектория, зависящие от f_t^e , τ_t^e внешних сил и моментов, K^P , D^V - жесткость и демпфирования, где $\hat{R}R_t^T$ - матрицы ориентации, ω_t - угловая скорость исполнительного устройства.

Поскольку значения жёсткости K и демпфирования D зависят от условий внешней среды, их необходимо подстраивать под конкретную задачу. Для взаимодействия с человеком демпфирование должно быть высоким – для смягчения механических ударов, тогда как при работе с твёрдыми объектами, такими как баллоны с газом, требуется повышенная жёсткость для точности. Система управления параметрами K и D называется VIC (Variable Impedance Control), основная идея которого в обеспечение совместимости робота с изменяющейся средой. Дальнейшая статья направлена на исследования методов усовершенствования системы VIC.

Когда два человека взаимодействуют, чтобы выполнить задачу (перенести стол), оба могут почувствовать намерения другого партнёра через объект, но робот-манипулятор не обладает чувствительностью. Методика определения коэффициента демпфирования основывается на оценки сжатия руки человека с использованием тензометрической перчатки, электромиографии (кисть и предплечье) и поверхностной ЭМГ (в

области бицепса и дельтовидной мышцы). Методом наименьших квадратов происходит оценка коэффициента жесткости. Для коэффициента демпфирования использовалась производная по времени от приложенных сил. Существующая проблема – резкие изменения и скачки жесткости и демпфирования, это обусловлено тем, что сигналы подвержены шуму, погрешностям и нестабильность человеческого организма. Для улучшения системы VIC решением стал пассивный метод.

В первом анализе стабильности системы VIC был рассмотрен метод, при котором импеданс-управление отслеживало силы, затем проводился анализ и выявление ошибки. В результате целевая жесткость адаптировалась на основе предыдущих данных по линейной системе второго порядка, изменяющийся во времени. Однако в ряде исследований выяснилось, что анализ затруднителен из-за изменение окружающей среды и ее динамики. Для решения проблемы существует теория пассивности, которая представляет собой математическую основу свойств динамической системы, где система не производит больше энергии, чем получает. Для повышения КПД системы используют резервуар, который накапливает рассеиваемую энергию после демпфирования. Накопленная энергия позволяет изменять и регулировать жесткость, что обеспечивает стабильность и устойчивость систему VIC в неопределенной среде.

У рассматриваемого пассивного подхода, VIC не различает характер контакта и применяет одинаковые ограничения импеданса к любым взаимодействия, что снижает точность и адаптивность. Исследован метод, который с помощью нейронной модели классифицирует тип контакта (рука, предмет, шум) и корректирует параметры импеданса в реальном времени. Механически это позволяет системе заранее выбирать подходящий режим жёсткости и демпфирования, предотвращая запаздывание реакции и обеспечивая более плавную механику взаимодействия.

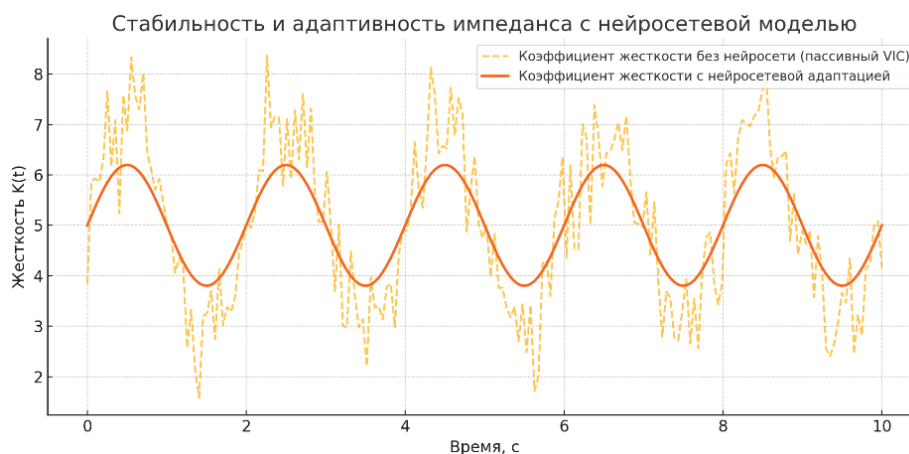


Рис.1. Сравнение колебаний коэффициента жёсткости $K(t)$ при пассивном подходе.

В данной работе была изучена стратегия интеграции робота-манипулятора в непредсказуемую и человеко-ориентированную среду через адаптивное управление на основе импеданс-контроля. Ключевым решением стал переменный импеданс (VIC), позволяющий изменять жёсткость и демпфирование в зависимости от условий задачи и характера взаимодействия. Для повышения устойчивости и чувствительности VIC изучены методы, с использованием биологических сигналов с интеллектуальной фильтрацией, а также пассивный подход с энергетическим резервуаром. Подход внедрения нейросетевой модели позволяет предсказывать контекст контакта и корректировать импеданс, что делает данный метод перспективным для безопасного и адаптивного взаимодействия.

Литература

1. Орлов, И.В. Управление устройствами для двигательной реабилитации человека / И.В. Орлов. – № 6 С. 93–103, 2018.
2. Спасский, Б.А. Мягкая робототехника в кооперативных задачах: состояние и перспективы развития / Б.А. Спасский. – ЦНИИ РТК, 2018.
3. Рукина, Н.Н. Метод поверхностной электромиографии: роль и возможности при разработке экзоскелета / Н.Н. Рукина. – М.: ЦЭМИ РАН, 2008.

УДК 004.9

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РОБОТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ МОЛОКА ДЛЯ МАЛЫХ ФЕРМ

Любко А.А.

Научный руководитель – Журавлёва Е.Р., к.т.н., доцент

Современное молочное скотоводство сталкивается с необходимостью повышения производительности и качества молока при оптимизации затрат на рабочую силу и улучшений условий труда. В последние годы автоматизация процессов в сельском хозяйстве, включая молочное животноводство, стала важным шагом к улучшению этих показателей. Однако существуют сдерживающие факторы. Руководители небольших по объемам производства ферм не готовы на радикальную смену технологий ввиду значительных финансовых затрат и малой осведомленности об этапах внедрения и эксплуатации роботизированных систем.