



SIEMENS

Ingenuity for life



Siemens Digital Industries Software

Контроль над сложностью и стоимостью роботов

Использование решений для численного моделирования и испытаний для ускорения проектирования усовершенствованных роботов

Краткий обзор

Благодаря появлению новых технологий — 5G, граничных вычислений, машинного обучения, искусственного интеллекта и усовершенствованных систем визуализации — робототехническая отрасль готова к наступлению Индустрии 4.0. Однако создание автономных роботов, способных выполнять небольшие объемы работ с высокой точностью без ущерба для безопасности, является сложной задачей. Чтобы контролировать сложность и стоимость роботов, производителям необходим новый подход к проектированию. Данная аналитическая статья посвящена применению решений по численному моделированию и испытаниям для таких задач, как подбор размеров приводов робота в соответствии с полезной нагрузкой, валидация логики управления с помощью виртуальных процессов ввода в эксплуатацию и достижение более высоких целевых показателей производительности, надежности и безопасности.

Содержание

Введение	3
Тенденции, трансформирующие производство	3
Гибкое производство	3
Умные станки	3
Устойчивое развитие	3
Гибкость и экономическая эффективность	3
Реализация Индустрии 4.0 требует быстроты, гибкости и качества.....	4
Масштабный эффект внедрения робототехники.....	5
Целостный подход к проектированию сложной робототехники	6
Определение параметров систем и приводов	6
Кинематика и динамика	6
Точность движений, вибрация и акустика	7
Надежность (тепловые процессы, прочность, кабельные жгуты)	8
Энергетическая и эксплуатационная эффективность	9
Виртуальный ввод в эксплуатацию.....	9
Примеры	10
Обеспечение долговечной и безопасной работы высокоскоростных роботов-комплектовщиков.....	10
Параллельное проектирование и виртуальный ввод в эксплуатацию автоматизированных транспортных систем.....	11
Заключение	13

Введение

Данная аналитическая статья освещает целостный подход к проектированию сложной робототехники с использованием решений для численного моделирования и испытаний. Мы рассматриваем некоторые ключевые отраслевые тенденции, способствующие внедрению роботов в производственных компаниях, а также препятствия на пути более широкого внедрения. На реальных примерах применения — роботы-комплектующие и автоматизированные управляемые транспортные средства (AGV) — демонстрируется, как использование инструментов для численного моделирования и испытаний помогает на ранних этапах получить представление о том, как эффективно спроектировать сложную робототехнику.

Тенденции, трансформирующие производство

В связи с ускорением внедрения цифровых технологий на предприятиях невозможно точно предсказать, что ждет производственные компании в будущем. Но с уверенностью можно сказать одно: количество роботов и объем автоматизации будут расти экспоненциально, поскольку 500 000 рабочих мест в сфере производства ежегодно остаются незаполненными, 70 000 сотрудников, представляющих послевоенное поколение, еженедельно уходят на пенсию, а миллениалы (те, кто родился в последние десятилетия XX века) не проявляют интереса к занятости на производстве.

Четыре ключевые тенденции — гибкое производство, умные устройства, устойчивое развитие и экономическая эффективность — оказывают сильное социально-экономическое воздействие и формируют производственные реалии будущего.

Гибкое производство

Высокая производительность машин всегда была основой успеха, но этого уже недостаточно. Производственные компании предпочитают адаптируемые машины, которые можно настраивать в соответствии с меняющимися вкусами потребителей. Способность производственных площадок адаптироваться к меняющимся изделиям и процессам будет иметь большое значение в будущем.

Умные станки

Подключение к сети и промышленный интернет вещей (IIoT) обеспечивают полную прозрачность повседневных задач, о которой давно мечтали производственные компании. Искусственный интеллект помогает принимать бизнес-решения путем анализа количественных данных о текущей деятельности. Интерпретация данных в реальном времени, а также реконструкция переменных и параметров технологической установки может способствовать ускоренной диагностике проблем и устранению неисправностей.

Устойчивое развитие

Всемирное стремление к нулевым выбросам вынуждает компании снижать загрязнение окружающей среды и потребление ресурсов до минимально возможных, чтобы их деятельность и изделия соответствовали сегодняшним и будущим нормам и требованиям покупателей. Кроме того, поскольку изделия и функциональные возможности становятся все более сложными, растет потребность в обеспечении такой же или лучшей производительности с использованием минимального количества ресурсов.

Гибкость и экономическая эффективность

Инновации, кастомизированные изделия и изменения в методах торговли сильно влияют на прибыль малых и средних производственных компаний. Ведущие производственные компании инвестируют в базовые цифровые производственные возможности, чтобы стать более гибкими и экономически эффективными.

Реализация Индустрии 4.0 требует быстроты, гибкости и высокого качества

Новые тенденции в производстве ставят перед производителями и поставщиками новые проблемы — рост сложности изделий при увеличении их стоимости и задержках вывода на рынок.

Массовое производство началось более 100 лет назад и с тех пор превратилось из трудоемкого ручного труда в работу сложных автоматизированных сборочных линий. Автоматизация лучше всего работает на установках, производящих однотипную продукцию крупными сериями. Но если выпускаемое изделие часто меняется, например, во время персонализации, то для производства без брака вмешательство человека необходимо.

Технологии автоматизации и дигитализации производства привлекают все больше инвестиций, так как они устраняют причины неэффективности производства и решают новые задачи. Робототехника кажется единственным инструментом, делающим возможным выполнение скучной, грязной, опасной и трудной работы.

Гибкая и автономная производственная система — это заветная цель, достижение которой способно удовлетворить будущие производственные потребности. Передовая робототехника считается ключевым элементом для удовлетворения потребностей производства в будущем. В то время как рабочий процесс обычной робототехники не отличается гибкостью, сложная робототехника характеризуется исключительной адаптивностью и позволяет точно и быстро изменять рабочий процесс при минимальном вмешательстве человека.

Анализ информации от всех крупных робототехнических компаний подтверждает эти мегатренды: есть существенный спрос на кастомизацию, беспрепятственное взаимодействие между человеком и машиной, повышение производительности и безопасности. Передовая робототехника стремительно развивается, решая все новые задачи.

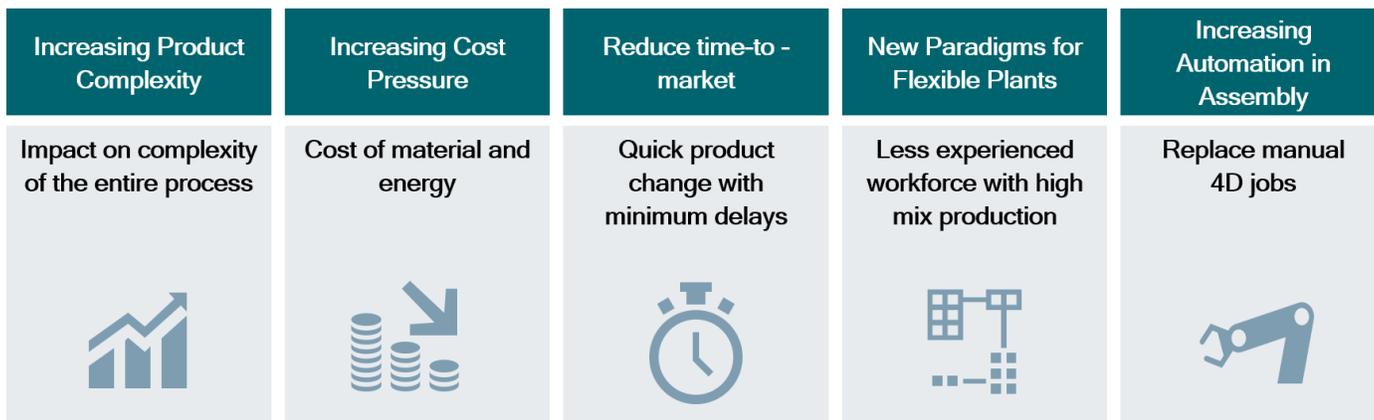


Рис. 1. Производители и поставщики изделий сталкиваются с новыми задачами.

Внедрение робототехники имеет эффект в масштабах страны

По данным Международной федерации робототехники, к 2021 году на заводах по всему миру ожидается появление около 4 миллионов промышленных роботов.

Интеграция технологий для реализации прогнозов о гибком и бесперебойном производстве с использованием передовой робототехники — сложная и многогранная задача. Широкому внедрению робототехники препятствуют следующие проблемы:

- **Производительность:** большинство роботов на производстве — это большие машины, выполняющие одну или несколько повторяющихся задач. Для обеспечения точности позиционирования и повторяемости манипулятор робота изготавливается из жестких и прочных материалов. Это может привести к конструкционной избыточности, и, как следствие, к снижению мощности на единицу массы, поскольку большая часть мощности двигателя используется для подъема манипуляторов. При выполнении задач, требующих высокой точности, количество датчиков и долговечная коробка передач увеличивают вес и снижают скорость работы роботов. Во время работы роботов распределение массы резко меняется, а приводящие в действие двигатели не оптимизированы для обеспечения плавной работы во всем диапазоне нагрузок и конфигураций. Рабочие органы робота, которые используются для подъема предметов, не отличаются гибкостью и не предназначены для удержания изделий различных форм. При этом сменные захватные устройства увеличивают стоимость роботов и неудобны при внесении изменений от партии к партии. Кроме того, производители роботов должны поставлять энергоэффективные системы автоматизации с оптимальными конфигурациями. Чтобы производить небольшие партии изделий по индивидуальному заказу быстро и с высокой степенью точности без ущерба для безопасности, нужно повышать гибкость роботизированных систем.

- **Технологические инновации:** большинство роботов, установленных в заводских цехах, не способны принимать решения и реагировать на изменения в режиме реального времени. Развертывание автономных промышленных роботов, способных работать в неструктурированных и динамичных средах, все еще остается сложной темой исследований. Для полной реализации потенциала роботов необходимы технологические инновации по многим направлениям. Это актуально, например, для автономного выполнения задач и мгновенной передачи команд управления с полным соответствием требованиям, к примеру, в случае со сверхнадежными роботами с высокой скоростью реакции, использующих сети 5G, датчики, технологии искусственного интеллекта и машинного обучения.

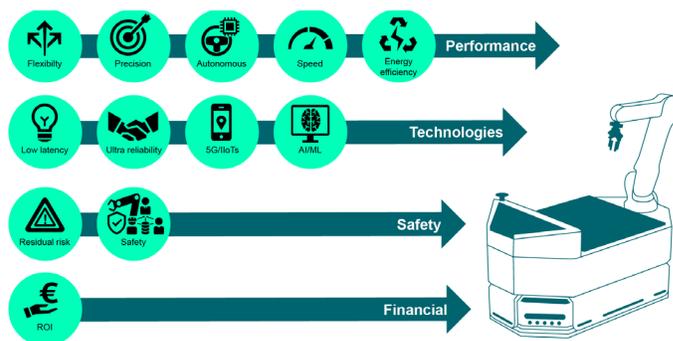


Рис. 2. Основные препятствия для более широкого внедрения робототехники.

- **Безопасность:** развертывание роботов в заводских цехах создает новые угрозы безопасности. Для установки роботов на заводе вне ограждений или клеток крайне важно иметь минимальный остаточный риск или его отсутствие. Правила, регулирующие использование роботов и работу сотрудников в заводских цехах, зачастую очень строгие, а их несоблюдение может обойтись производителям очень дорого.
- **Окупаемость инвестиций:** несмотря на то что в последние несколько десятилетий цены на робототехнические системы неуклонно снижаются, внедрение роботов в производство является капиталоемкой операцией, и разрыв между стоимостью внедрения передовых роботов и финансовой прибылью должен еще существенно сократиться.

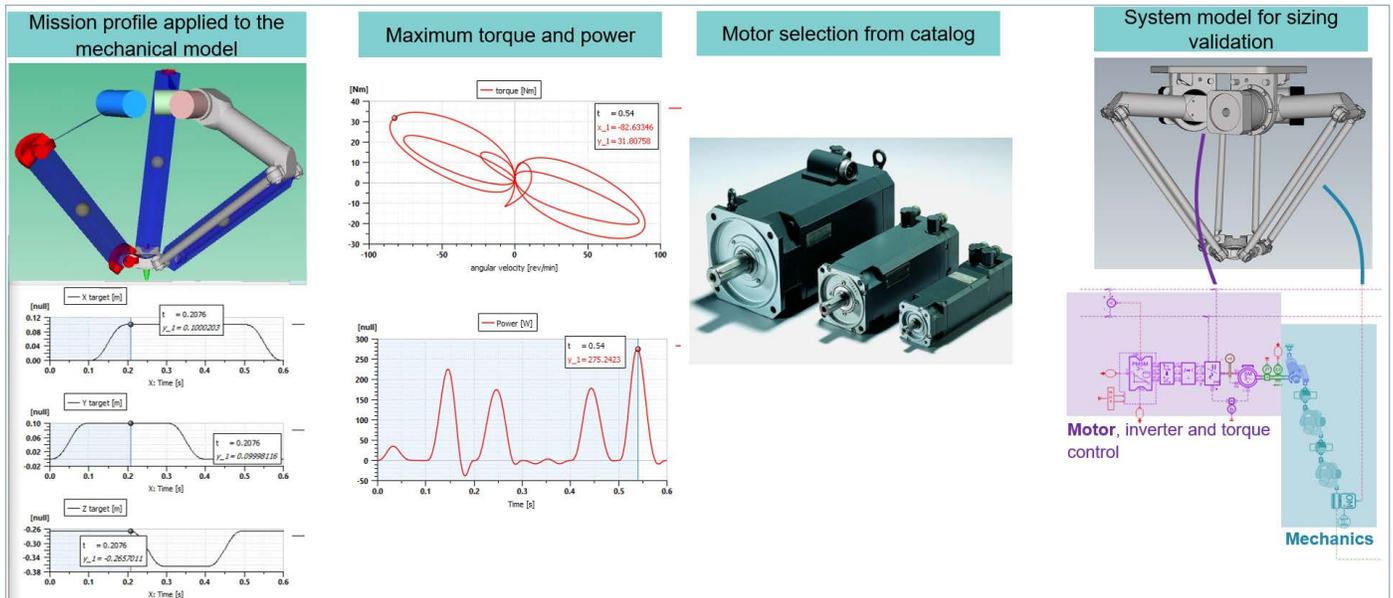


Рис. 3. Использование Simcenter Amesim для определения размеров привода робота в соответствии с требованиями.

Целостный подход к проектированию сложной робототехники

Роботы станут частью системы автоматизации производства, однако разработка умного, очень гибкого робота и робототехнической системы — дорогостоящая и сложная задача. В данном разделе мы выделим некоторые основные области, развитие которых производители робототехники могут ускорить с помощью решений Siemens.

Определение параметров систем и приводов

Промышленные робототехнические системы перестают быть жесткой платформой автоматизации и превращаются в гибкую и автономную систему. Такие системы состоят из датчиков, приводов, электронных схем и системы обратной связи, который обеспечивает управляемое движение, позволяющее использовать несколько степеней свободы (DOF). При выборе архитектуры и проектировании вышеуказанных компонентов конструкторам необходимо оценивать сложные, нелинейные и взаимосвязанные взаимодействия отдельных компонентов и общую производительность системы.

Программное обеспечение Simcenter™ Amesim™, входящее в комплексный интегрированный портфель продуктов Xcelerator™, состоящий из программного обеспечения и услуг компании Siemens Digital Industries Software, представляет собой инструмент для численного моделирования систем, который конструкторы могут использовать для предварительного проектирования архитектуры робототехнической системы с приводами и системами управления движением, проведения анализа «что

если» и одновременного балансирования характеристик системы с учетом требований к скорости и крутящему моменту или позиционированию. Такой анализ концепции в условиях многочисленных сценариев нагрузки помогает им понять предельные возможности системы и подобрать соответствующие размеры приводов робота.

Кинематика и динамика

Роботы представляют собой сложную систему и строятся путем кинематического соединения жестких и деформируемых структур посредством сложных шарниров. Для разработки безопасного, настраиваемого алгоритма управления, исключающего столкновения, очень важно получить доступ к рабочей зоне роботов, данным о грузоподъемности и возможным положениям рабочих органов. Используя программное обеспечение Simcenter 3D Motion, решатель динамики нескольких тел, конструкторы могут оценить заметаемый объем робота и избежать риска столкновения в рабочей зоне.

Кроме того, для оценки влияния эксплуатационных нагрузок на крутящий момент и скорость привода, можно использовать совместные расчеты: модель динамики нескольких тел можно связать с мультифизическим численным моделированием приводов. Производители роботов могут экономично изучить механизм и динамику системы, внедрить надлежащую систему обратной связи о стабилизации при оценке крутящего момента, ускорения и т. д. при поднятии тяжелых предметов, перемещении и опускании грузов.

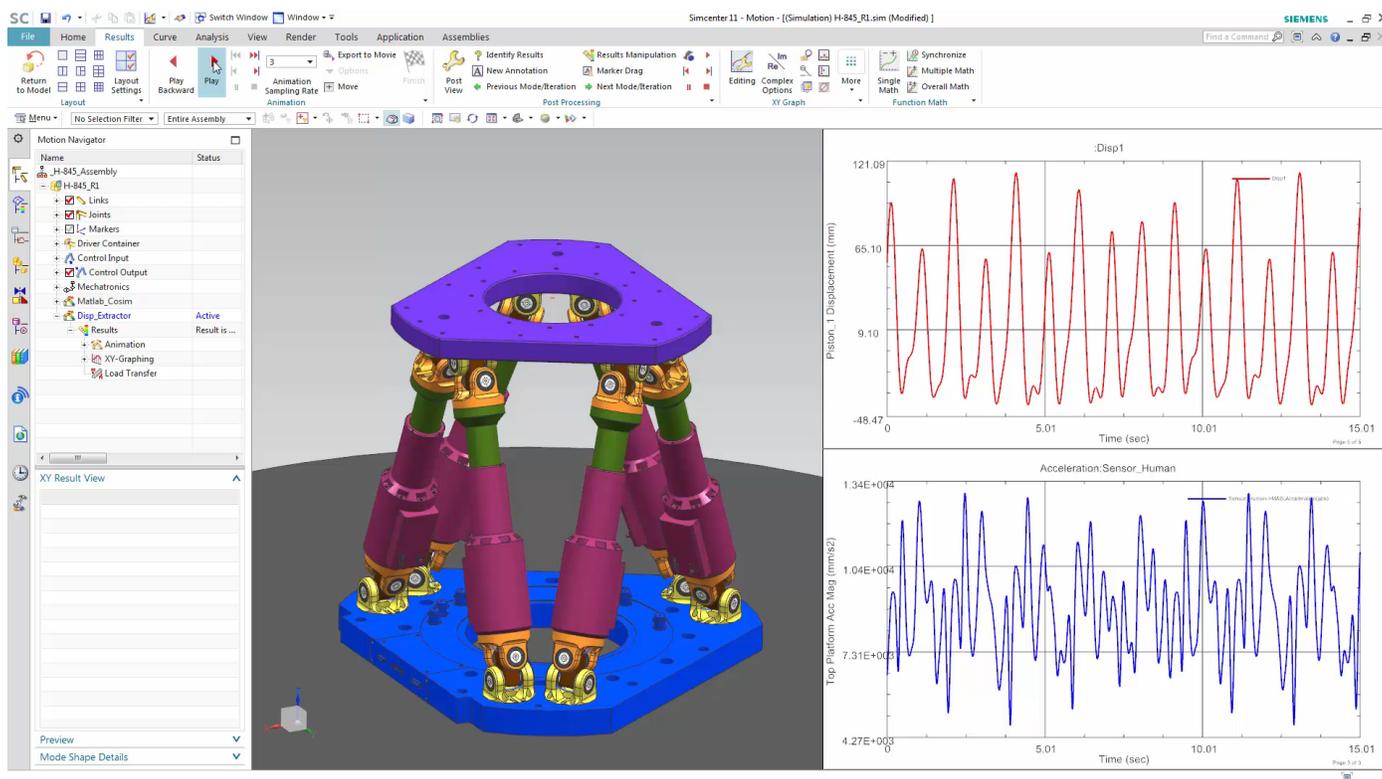


Рис. 4. Использование Simcenter 3D Motion для оценки динамики механизма.

Точность движений, вибрация и акустика

Независимо от производительности компонентов, используемых для роботов, в процессе сборки специалисты по системной интеграции могут столкнуться с ситуацией, в которой положение рабочего органа и кривая траектории движения манипуляторов не укладываются в ожидаемые уровни допусков для заданных условий нагрузки. Учитывая сложность современной робототехники, подход к решению таких проблем простым методом проб и ошибок является неэффективным и может не решить проблему в реальных условиях.

Определить компонент, вызывающий отклонения, можно также с помощью измерений в режиме реального времени, применяя интеллектуальные решения для испытаний Simcenter. Используя комплексный подход к испытаниям (модальный анализ, тензометрические датчики для измерения сил и моментов), инженеры могут определять наличие нежелательных резонансов в манипуляторах робота и изучать динамическое взаимодействие с основанием робота.

Для повышения производительности существующей установки без дополнительных инвестиций увеличение скорости производства имеет решающее значение. Но скорость производства и качество изделий зачастую находятся в обратной зависимости. Методика «источник-передатчик-приемник» компании Siemens Digital Industries Software обеспечивает четкую видимость того, как вибрация приводов и шарниров влияет на движение рабочих органов.

Помимо соответствия требованиям по вибрации, роботы, используемые в больничных или лабораторных условиях, должны соответствовать требованиям по шуму. Решения для испытаний Simcenter также могут быть использованы для решения проблем в области акустики. Использование системы Simcenter Sound Camera™ для быстрого устранения акустических проблем позволяет в режиме реального времени визуализировать местоположение и частоту основных источников звука.

Acoustic troubleshooting using Simcenter Sound Camera



Localizing sound sources and vibration of an industrial robot

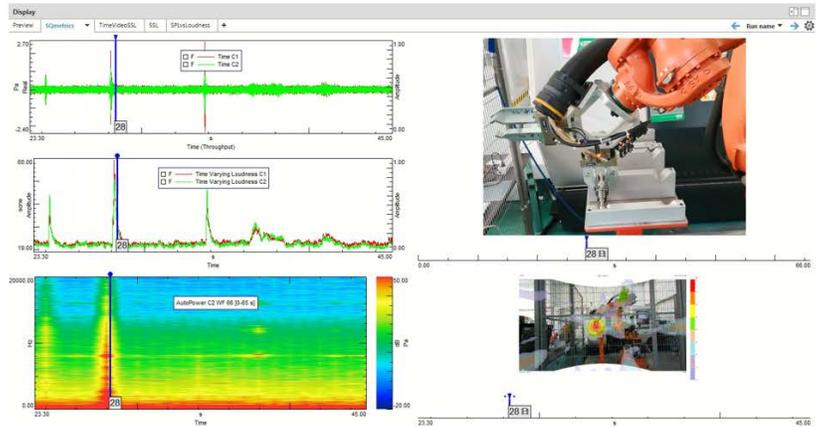


Рис. 5. Использование решений для испытаний Simcenter для быстрого поиска неисправностей, связанных с вибрацией и акустикой.

Надежность (тепловые процессы, прочность, кабельные жгуты)

Промышленные роботы после внедрения должны работать семь дней в неделю, 24 часа в сутки, в течение нескольких десятилетий и дольше без износа, с минимальным обслуживанием и без сбоев. Непрерывная работа приводов и серводвигателей может привести к увеличению теплового напряжения и частоты отказов. Кроме того, электродвигатель склонен к созданию электрической дуги и искрообразованию, что повышает риск возникновения пожара.

Используя программное обеспечение Simcenter 3D, производители могут достоверно прогнозировать тепловые, прочностные и усталостные проблемы манипуляторов роботов в условиях реальной нагрузки, снижая затраты на гарантийное обслуживание, повышая ремонтпригодность изделий и сохраняя уровень удовлетворенности заказчиков.

Управление тепловым состоянием мощных модулей современных роботов, включающих контроллеры движения, приводы с двигателями переменного тока и коммутаторы, сопряжено со значительными проблемами в области надежности. Используя решения Simcenter, конструкторы-робототехники могут устранить связанные с перегревом сбои и повысить качество работы устройств силовой электроники с помощью сложных высокоэффективных методов измерения и численного моделирования. Моделирование низкочастотного электромагнитного поля помогает улучшить характеристики приводов, в которых используется электродвигатель.

Кабели, подведенные к роботам, обеспечивают передачу энергии и сигналов. Такие кабели постоянно подвергаются существенным деформациям (изгиб, растяжение и скручивание) и могут преждевременно выйти из строя. Разработка более быстрого и надежного процесса проектирования электрических кабелей и жгутов проводов имеет решающее значение для предотвращения поломок. Используя Simcenter, конструкторы могут выполнить точное нелинейное численное моделирование кабеля, что поможет избежать проблем с монтажом и снизить производственные затраты (оптимизация количества разъемов, минимизация длины кабеля) и послепродажные расходы (сокращение случаев возврата изделий).

Кроме того, нормативные документы требуют совместимости между оборудованием предприятия и датчиками/приводами, подключаемыми к промышленному интернету вещей. Благодаря имеющимся в Simcenter возможностям моделирования высокочастотного электромагнитного поля можно эффективно решать вопросы электромагнитной совместимости и помех электрических и электронных систем.

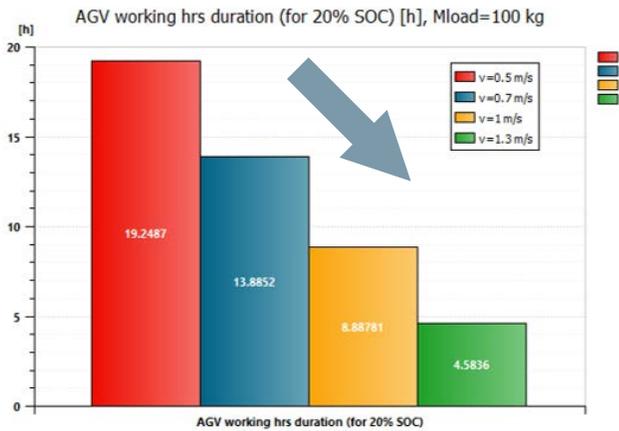


Рис. 6. Моделирование продолжительности работы аккумуляторных батарей мобильных роботов, движущихся с переменной скоростью и нагрузкой.

Энергетическая и эксплуатационная эффективность

Оценка эксплуатационных характеристик и энергоэффективности роботов до создания прототипа устраняет возможные несоответствия между расчетной и фактической производительностью. Применяя решения для численного моделирования и испытаний в процессе создания комплексного реалистичного цифрового двойника передовой робототехнической системы, конструкторы могут проводить технико-экономические исследования и оценивать производительность и энергопотребление во многих рабочих сценариях.

После развертывания роботов на заводе можно контролировать работу каждого робота, синхронизируя данные с датчиков с цифровой моделью. Объединение данных, дополненный анализом, с возможностями машинного обучения/искусственного интеллекта способствует оптимальному техническому обслуживанию с учетом физического состояния роботов.

Виртуальный ввод в эксплуатацию

Логика управления и программные алгоритмы обеспечивают логические, интеллектуальные, коммуникационные и сетевые возможности промышленных роботов. Функционирование автономных роботов зависит от сложного алгоритма управления, датчиков и программных кодов человеко-машинного интерфейса (ЧМИ).

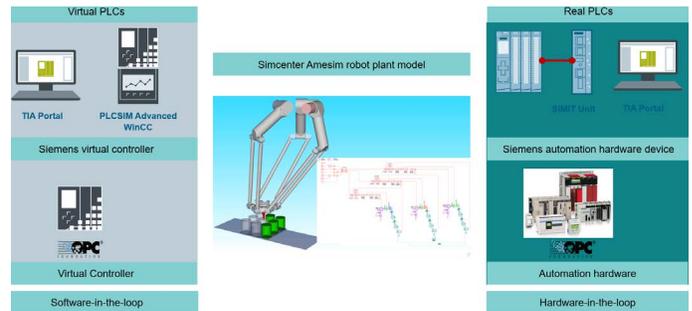


Рис. 7. Виртуальный ввод в эксплуатацию — разработка и валидация систем управления с использованием стратегий SiL/HiL.

Используя методы виртуального ввода в эксплуатацию, конструкторы систем автоматизации могут создать комплексный цифровой двойник робота — имитировать мультифизическую систему с ее компонентами и соединениями. В зависимости от требований и наличия оборудования для этой цели можно использовать реальный или виртуальный контроллер. Цифровая модель, связанная с контроллером, виртуально вводит робота в эксплуатацию и помогает анализировать несколько параметров управления ПЛК и поведение соответствующих компонентов (колебания, потеря давления, температура, время цикла, потребление энергии, альтернативные сценарии и т. д.).

Примеры применения

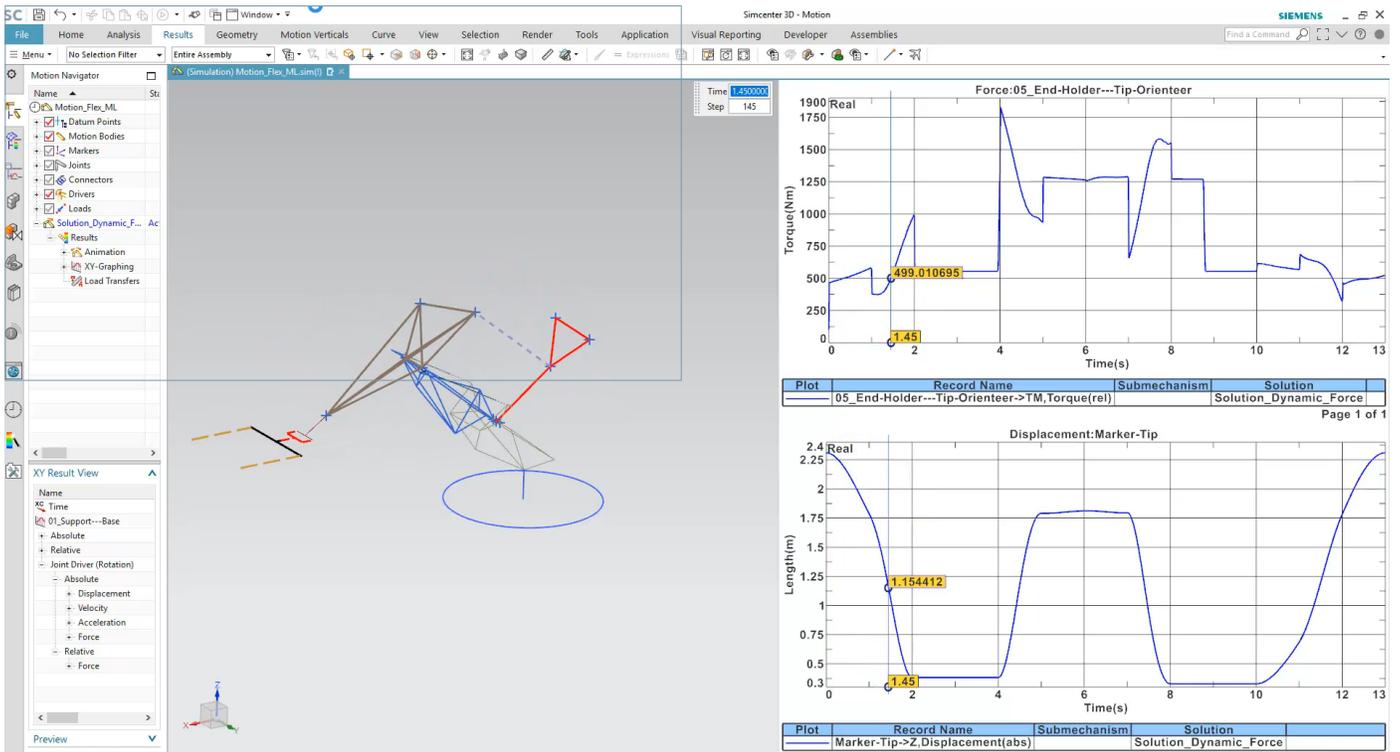


Рис. 8. Проектирование роботов-комплектовщиков — определение параметров механических компонентов.

Обеспечение долговечной и безопасной работы высокоскоростных роботов-комплектовщиков

Разработка и развертывание высокоскоростных роботов-комплектовщиков является капиталоемкой задачей. Каждая сэкономленная рабочая минута напрямую влияет на показатели стоимости и окупаемости инвестиций (ROI) системы автоматизации производства. Обеспечение высокоскоростной работы роботов-комплектовщиков зависит от решений, принятых на стадии разработки и проектирования.

Избегание конструктивной избыточности или наоборот нехватки компонентов позволяет создавать надежных роботов, отвечающих функциональным требованиям при минимальных затратах. Система автоматизированного проектирования (CAD-система), связанная с Simcenter 3D Motion, позволяет анализировать кинематику и динамику шарнирных роботов с учетом инерции, узлов и ограничений.

Интеграция анализа нескольких тел в процесс предварительного проектирования позволяет получить ценную информацию о заемаемом объеме, найденных пересечениях, нагрузках и силах, действующих на каждый компонент. Такой анализ помогает оптимизировать конструкцию и снизить затраты, обеспечив при этом долговечность. Выполнив первоначальную оценку кинематики, конструкторы получают четкое представление о механических ограничениях и могут последовательно проводить симуляцию в ходе проектирования, разрабатывая больше компонентов, пока не будут определены окончательные габариты.

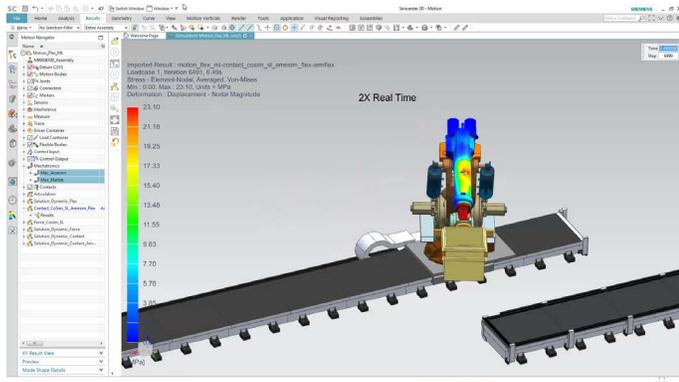


Рис. 9. Прогнозирование динамической деформации манипулятора робота во время работы.

Вибрации от повторяющихся операций могут вызвать усталость компонентов и повлиять на точность позиционирования робота. Сочетание анализа динамики нескольких тел с анализом упругости компонентов (методом конечных элементов) помогает спрогнозировать динамические деформации при работе.

Силы, действующие на компоненты, зависят от скорости выполнения движения. Они определяются в соответствии с ограничениями системы приводов и логикой управления. Анализ условий эксплуатации выявляет подводные камни, которых следует избегать — влияние привода, контроллера и механизма обратной связи на динамическое усиление деформации конструкции.

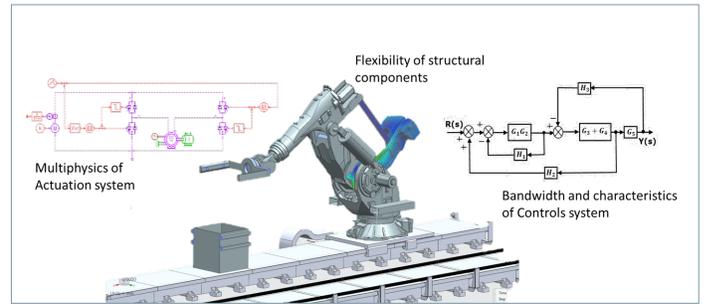


Рис. 10. Численное моделирование динамики, приведения в действие и управления.

При выполнении совместных расчетов решатель динамики нескольких тел может обмениваться информацией с управляемой мультифизической моделью привода. Решатель динамики нескольких тел выдает значения положений и ускорений контроллеру/приводу, а мультифизический решатель возвращает значения соответствующих сил, действующих на механизм. Сочетание кинематики, управления и динамической гибкости в комплексном численном моделировании позволяет использовать потенциальные ограничения системы для безопасной работы, выполняя симуляцию реального поведения.

Параллельное проектирование и виртуальный ввод в эксплуатацию автоматизированных транспортных систем

Автоматизированные управляемые транспортные средства являются основой цифрового производства, так как оптимизируют производственный процесс и обеспечивают максимальную гибкость. Проектирование, разработка и внедрение автоматизированных управляемых транспортных средств, используемых в складских и заводских условиях, должны решать несколько сложных задач:

- Требования к механической конструкции — способность поднимать и транспортировать полезную нагрузку с учетом габаритов, массы, формы и т. д.
- Определение характеристик электронных систем, интегральных схем и микросхем — обеспечение структурной и тепловой целостности хрупких внутренних деталей.
- Требования к электроприводам — обеспечение необходимого крутящего момента и потребляемой мощности для всех рабочих сценариев с предотвращением тепловых повреждений.
- Проектирование и интеграция батарей — масса, время зарядки и время работы батареи между подзарядками.
- Валидация систем управления — возможность транспортировки груза по заранее определенным маршрутам в обход препятствий с реакцией на потенциальные проблемы в области безопасности.

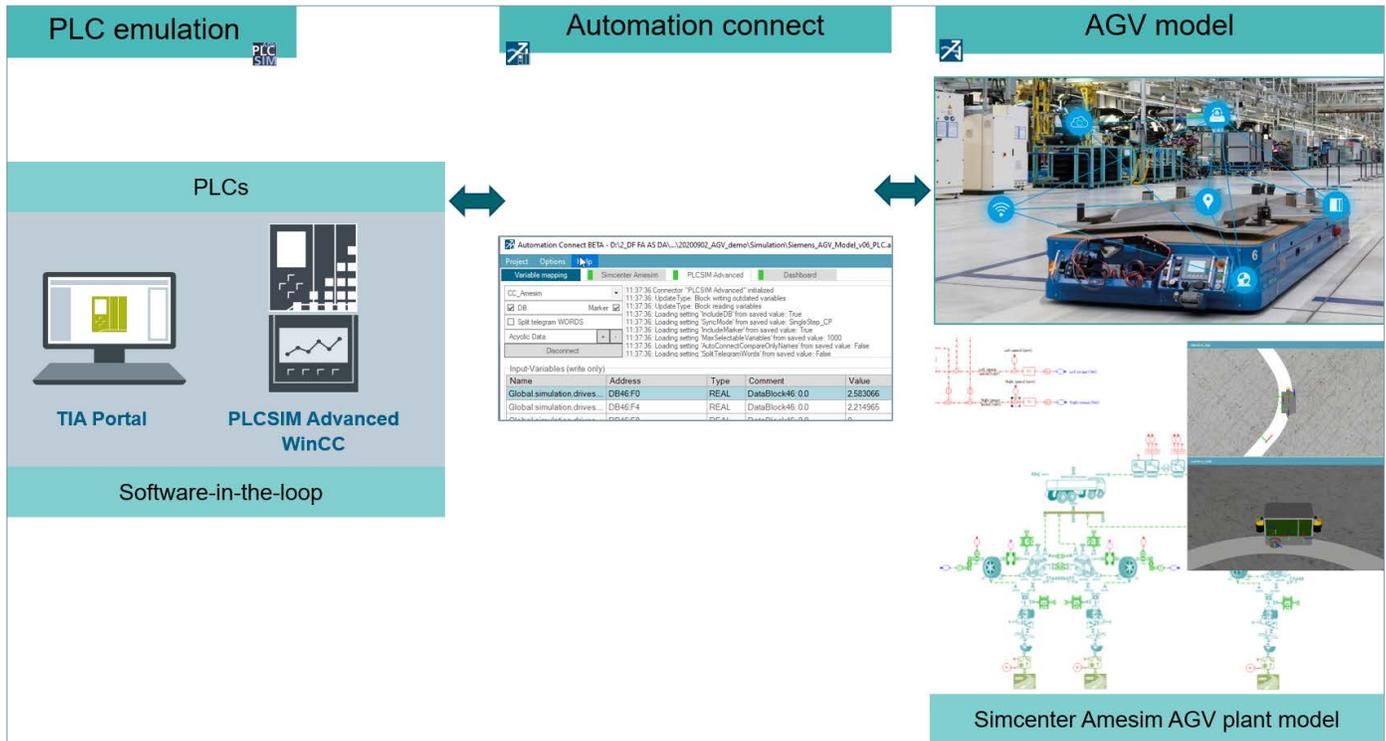


Рис. 11. Виртуальный ввод в эксплуатацию автоматизированной транспортной системы.

Валидация и ввод в эксплуатацию систем управления — критически важный этап в проектах автоматизации производства. Как правило, чтобы проверить алгоритм управления и исправить ошибки программного обеспечения, конструкторам систем управления приходится ждать готовности прототипа. В условиях сокращения времени вывода изделия на рынок и уменьшения прибыли производители робототехники во всем мире работают над улучшением точности оценки алгоритмов управления на ранней стадии разработки и оптимизацией работы мультифизической системы еще до принятия решения о создании прототипа.

Simcenter Amesim и PLCSIM Advanced предоставляют возможности виртуального ввода в эксплуатацию и создают среду для эмуляции логики управления, определения параметров многофизических систем, проверки лестничных логических схем ПЛК и файлов ЧМИ. Виртуальный ввод в эксплуатацию позволяет осуществлять процесс проектирования механических систем, программного обеспечения, электрического и электронного (E/E) оборудования одновременно с проведением виртуального анализа на ранних этапах.

Первым шагом при валидации логики управления автоматизированными транспортными средствами является симуляция мультифизической системы с ее компонентами и соединениями на цифровом макете. Далее следует задать параметры отдельных компонентов и определить интерфейс автоматизации. Вход/выход виртуальной модели должен быть связан с программой ПЛК. В зависимости от требований и имеющегося в наличии оборудования для этой цели можно использовать реальный или виртуальный контроллер. Связанная с контроллером цифровая модель вводит в эксплуатацию реальную машину в виртуальной среде и помогает анализировать любые мультифизические аспекты или параметры управления автоматизированной транспортной системой, такие как форма траектории, загрузка транспортного средства, высота и т. д., а также ее производительность при различных сценариях.

Виртуальный ввод в эксплуатацию цифрового макета автоматизированной транспортной системы помогает получить новые ноу-хау без рисков. Цифровая модель в сочетании с входными данными, поступающими от реального датчика, может быть использована для мониторинга автоматизированной транспортной системы в рамках технического обслуживания по состоянию. Метод виртуального ввода в эксплуатацию, реализованный в решениях Simcenter, позволяет производителям осуществлять процесс проектирования механических систем, программного обеспечения и аппаратного обеспечения E/E одновременно, а также заменять дорогостоящие и трудоемкие физические испытания ранней виртуальной оценкой.

Заключение

Решения Simcenter предоставляют уникальный набор возможностей для определения размеров приводов, устранения вибрации, повышения точности робота, надежности работы его манипуляторов, испытывающих тепловые и механические нагрузки, и, вероятно, самое важное — использования виртуального ввода в эксплуатацию для проверки логики управления до создания прототипа. Использование решения для численного моделирования и испытаний позволило представить и обсудить некоторые значимые результаты, показывающие направления для дальнейшего совершенствования роботов.

Siemens Digital Industries Software

Штаб-квартира

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

Северная и Южная Америка

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

Европа

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

Азиатско-Тихоокеанский регион

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

О компании Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software помогает создать цифровое предприятие и шагнуть в будущее разработки, производства и проектирования электронных систем. Xcelerator, комплексный и интегрированный портфель программного обеспечения и услуг Siemens Digital Industries Software, помогает компаниям самого разного размера создавать цифровые двойники, которые открывают новые возможности, позволяют получать ценные знания, расширять автоматизацию и успешно внедрять инновации. Дополнительную информацию о продуктах и услугах компании Siemens Digital Industries Software можно узнать на сайте [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software), а также на наших страницах в [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) и [Instagram](#).
Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow!

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2021 Siemens. Список товарных знаков Siemens представлен [по ссылке](#). Все прочие товарные знаки являются собственностью их владельцев.

83525-C7-RU 4/21 LOC