

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Основы конструирования мехатронных систем

- Основой методов конструирования мехатронных устройств является интеграция составляющих частей, которая определяется на этапе проектирования и реализуется при производстве и эксплуатации мехатронных модулей и систем. Интеграция в пределах мехатронного устройства выполняется посредством объединения компонентов и через интеграцию обработки информации.



Рисунок 4.1 – Интеграция составных частей мехатронного устройства

- В целом проектирование мехатронных систем является сложной многофакторной проблемой выбора и оптимизации принимаемых технических и технологических, организационно-экономических и информационных решений. Одна из важных проектной задачей является интеграция элементов в мехатронных модулях и машинах.

- Методологической основой для разработки мехатронных систем служат методы параллельного проектирования. При традиционном проектировании разработка механической, электронной, информационной и компьютерной частей ведется последовательно и независимо друг от друга (рис. 4.3).

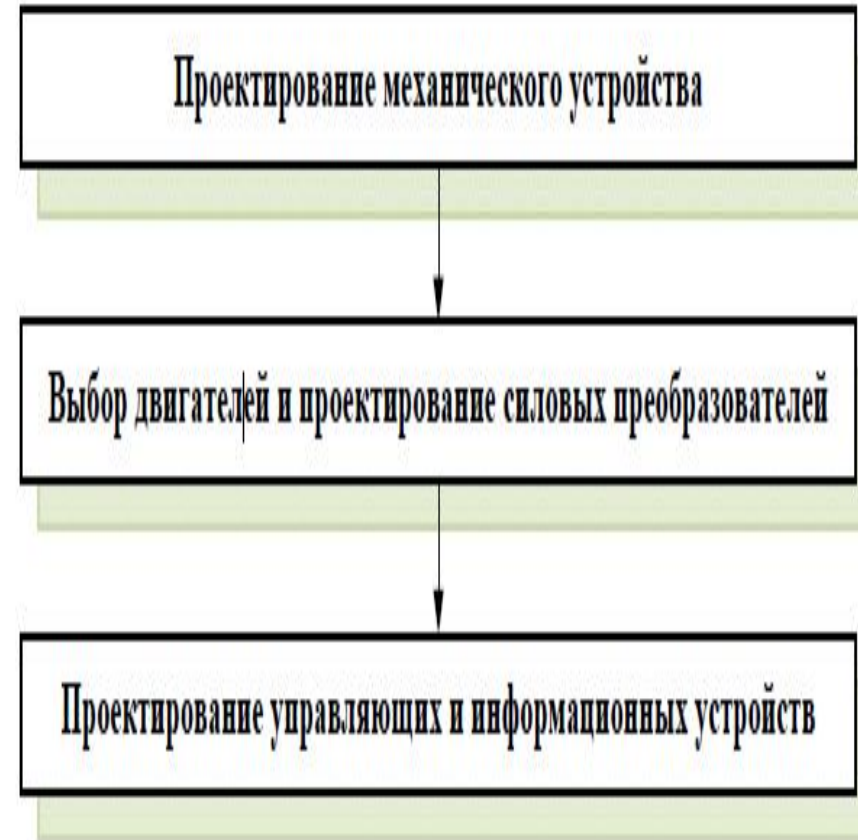


Рисунок 4.3 – Традиционный алгоритм проектирования

- Задачами системной интеграции занимается разработчик системы управления. Его возможности ограничены, так как основные конструкторские решения принимаются на предыдущих этапах.
- Выбранные двигатели и механические устройства относятся к неизменяемой части, состав и характеристики которой не корректируются при разработке электронной и управляющей частей.

Методология параллельного проектирования
заключается в
одновременном и взаимосвязанном синтезе всех
устройств мехатронной системы (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Алгоритм параллельного проектирования
мехатронных систем

- Одна из известных процедур **проектирования интегрированных мехатронных машин** представлена на рис. 4.5.
- Эта процедура предусматривает четыре взаимосвязанных этапа:
 - определение функций мехатронных модулей на основе анализа исходных требований к мехатронной машине;
 - функционально-структурный анализ с целью выбора и формирования структуры всех мехатронных модулей системы;
 - структурно-конструктивный анализ, конструирование и формирование модели модулей системы;
 - планирование и оптимизация функциональных движений, разработка программ движения машины и



Рисунок 4.5 – Процедура проектирования интегрированных мехатронных машин

- Построение функциональной, структурной и конструктивной моделей позволяет применять в мехатронике методы и средства автоматизированного анализа, проектирования и конструирования.
- На заключительном этапе данной процедуры выполняется планирование и оптимизация функциональных движений мехатронной машины. Результатом этого этапа является создание программ управления этими движениями.

- Все проектные этапы имеют циклический характер, что отмечено круговыми стрелками на рис. 4.5. Например, на втором этапе прямая задача состоит в определении структуры модулей по заданной функциональной модели. Но возможна и обратная задача, когда структурные модификации приводят к изменению функциональных возможностей системы

- При проектировании интегрированных мехатронных модулей могут использоваться три метода интеграции. Методы интеграции можно классифицировать по характеру объединения составляющих устройств и способу решения "проблемы интерфейсов" мехатронных систем. Каждый из методов может применяться как самостоятельно, так и в комбинации с другими методами, поскольку они реализуются на различных этапах проектирования.

Метод исключения промежуточных

преобразователей и интерфейсов

- Структурные решения для мехатронных систем выявляются с помощью методики функционально-структурного анализа проектных решений.
- Известны два основных подхода к построению моделей сложных технических систем. **Первый** заключается в функциональном определении рассматриваемой системы через ее поведение по отношению к внешним объектам и внешней среде. **Второй** подход основан на структурном представлении системы и связей между ее элементами. Исследование и оптимизация взаимосвязей между функцией и структурой системы лежит в основе функционально-структурного подхода, который применяют к задачам мехатроники.



Рисунок 4.6 – Функциональное представление мехатронной системы

- Для методически корректного проектирования необходимо рассмотреть функциональную организацию мехатронной системы. Функциональное представление с определенными входными и выходными переменными (модель типа "черный ящик") представлено на рис. 4.6. Главная функциональная задача мехатронной системы заключается в преобразовании информации о программе движения в управляемое движение ее конечного звена.

- Выделенная основная функция не обязательно является единственной для мехатронных систем. Некоторые дополнительные функции, такие как: реконфигурация системы, обмен сигналами и информацией с другим технологическим оборудованием, самодиагностика, также должны быть реализованы для ее эффективной и надежной работы. Но именно выполнение заданного функционального движения является главной функцией, которая определяет поведение мехатронной системы во внешней среде.

- Функциональное представление мехатронного модуля в форме "черного ящика" (см. рис. 4.6) содержит два информационных входа (программа движения и информационная обратная связь), дополнительный механический вход (силы реакции внешней среды) и один выход - целенаправленное механическое движение. Следовательно, в общем случае функциональная схема мехатронного модуля может быть построена как информационно-механический преобразователь

- Физическая реализация мехатронного информационно-механического преобразования осуществляется путем использования электрических источников энергии. Соответственно функциональная модель для современных мехатронных систем представлена на рис. 4.7.
- Полученная функциональная модель в общем случае содержит семь базовых преобразователей, связанных энергетическими и информационными потоками.

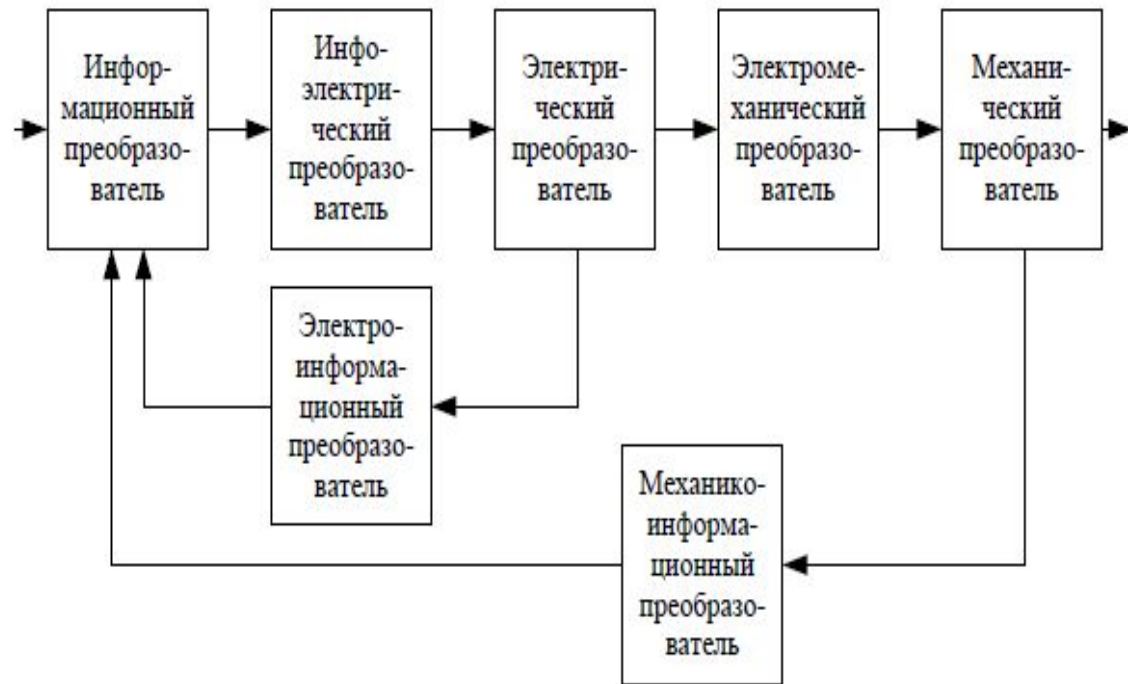


Рисунок 4.7 – Функциональная модель мехатронного модуля

- Электрическая энергия является только промежуточной энергетической формой между входной информацией и выходным механическим движением.
- Выбор физической природы промежуточного преобразователя определяется возможностями технической реализации, исходными требованиями и особенностями применения. В мехатронных модулях широко применяют:
 - гидравлические преобразователи, которые наиболее эффективны в машинах, испытывающих высокие нагрузки;
 - пневматические преобразователи, которые характеризуются простотой, надежностью и обладают высоким быстродействием;
 - химические преобразователи применяются в биоприводах, аналогичных по принципу действия мускулам живых организмов;
 - тепловые энергетические процессы используются в микромехатронных системах с использованием материалов с памятью формы;
 - комбинированные преобразователи, основанные на энергетических процессах различной физической природы.

- Структурная модель мехатронного модуля отражает состав его элементов и связи между ними. Структурные модели можно графически представить в виде блок-схем. В качестве исходной структуры мехатронного модуля представлен традиционный электропривод с компьютерным управлением (рис. 4.8).

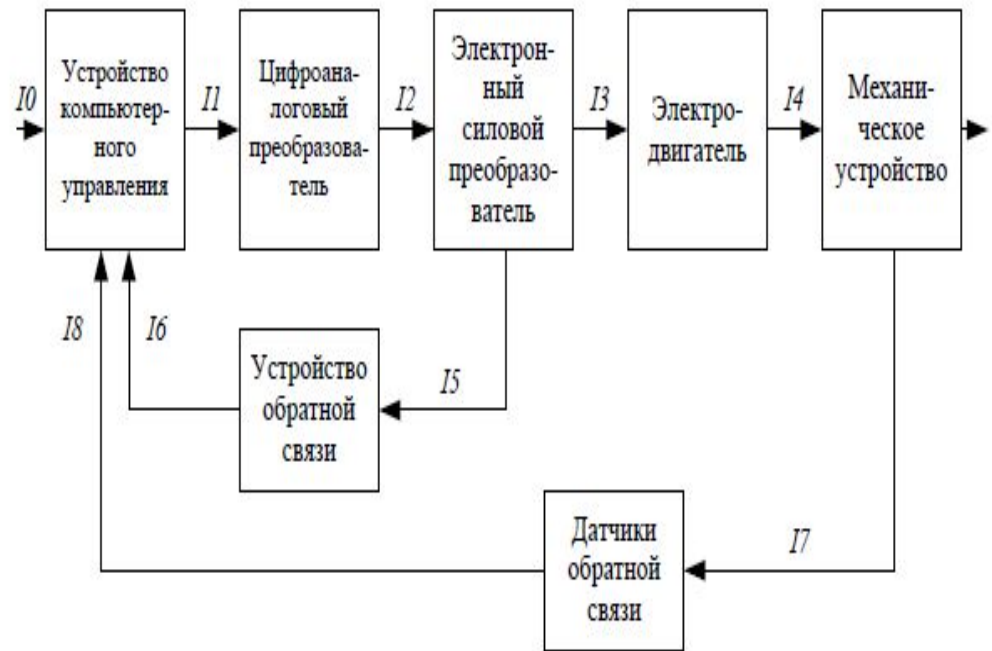


Рисунок 4.8 – Структура традиционного электропривода с компьютерным управлением

- В представленной структурной схеме выделяют управляющую и электромеханическую подсистемы. Структурная модель электропривода (см. рис. 4.8) включает в себя следующие элементы:
 - устройство компьютерного управления движением (информационное преобразование: обработка цифровых сигналов, цифровое регулирование, расчет управляющих воздействий, обмен данными с периферийными устройствами);
 - цифроаналоговый преобразователь (функция информационно-электрического преобразования);
 - силовой преобразователь, как правило, состоящий из усилителя мощности, широтно-импульсного модулятора и трехфазного инвертора (для асинхронных двигателей);
 - управляемый электродвигатель (электро-механическое преобразование);
 - механическое устройство (реализует заданное управляемое движение, и рабочий орган, взаимодействующий с внешними объектами);

- • устройство обратной связи (дает информацию о значениях электрических напряжений и токов в силовом преобразователе);
- • датчики обратной связи (по положению и скорости движения звеньев), выполняющие функцию механико-информационного преобразования;
- • интерфейсные устройства I0-I8.

- Интеллектуальные интерфейсы расположены на входах и вы-ходах устройства компьютерного управления мехатронного модуля и предназначены для его сопряжения со следующими структурны-ми элементами:
 - компьютером верхнего уровня управления и другими моду-лями мехатронной системы (интерфейс I0);
 - цифроаналоговым преобразователем (интерфейс I1) и далее с силовым преобразователем модуля (I2);
 - датчиками обратной связи (интерфейс I8), который в случае применения сенсоров с аналоговым выходным сигналом строится на основе аналого-цифрового преобразователя;
 - устройствами обратной связи для контроля уровня электри-ческих токов и напряжений в силовом преобразователе (интерфейс I6).

- Построение мехатронных модулей с так называемым "бессенсорным" управлением означает исключение датчиков обратной связи вместе с соответствующими интерфейсами I7 и I8, которые традиционно выполняют функциональное механико-информационное преобразование. При этом информация о скорости и положении ротора двигателя определяется в устройстве компьютерного управления косвенными методами.
- Данный способ позволяет существенно снизить стоимость изделия и повысить надежность его работы, радикально облегчить механическую конструкцию модуля, возложив задачу организации обратной связи на электронные и компьютерные устройства. Фактически в данном случае метод исключения промежуточных преобразователей сочетается с методом интеграции, который направлен на расширение функций интеллектуальных устройств в мехатронике.

Метод объединения элементов мехатронного модуля

- Рассматриваемый метод интеграции заключается в аппаратно-конструктивном объединении выбранных элементов и интерфейсов в едином корпусе. Технологической базой для данного метода интеграции является гибридная сборка узлов и элементов. Аппаратное и конструктивное объединение элементов в единые модули должно сопровождаться разработкой интегрированного программного обеспечения.
- Методическим подходом поиска вариантов является рассмотрение интерфейсных блоков IO-18 (см. рис. 4.8) в качестве локальных точек, где потенциально возможна интеграция элементов. Для получения высокоинтегрированных модулей при проектировании можно базироваться на несколько интерфейсных точек одновременно.

Группы мехатронных модулей, построение которых основано на методе интеграции, приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Мехатронные модули, построенные методом объединения элементов в едином корпусе

Многофункциональные мехатронные модули	Функциональные преобразования	Встраиваемые элементы	
		структурные блоки	интерфейсы
Модули движения	Электромеханическое и механическое	Двигатель, механическое устройство	<i>I4</i>
Мехатронные модули движения	Электромеханическое, механическое и механико-информационное	Двигатель, механическое устройство, датчик обратной связи	<i>I4, I7</i>
Интеллектуальные мехатронные модули	Информационное, информационно-электрическое, электрическое, электромеханическое, механическое, электроинформационное и механико-информационное	УКУ, силовой преобразователь, двигатель, механическое устройство, датчики и устройства обратной связи	<i>I0...I8</i>

- Мехатронные модули движения являются многофункциональными изделиями, которые выполняют электромеханическое, механическое и механико-информационное преобразования (табл. 4.4). В едином корпусе модуля находятся: двигатель, механическое устройство и датчик обратной связи. Точками структурно-конструктивной интеграции этих элементов являются интерфейсы I4 и I7.

- Главной особенностью современного этапа развития мехатроники является создание принципиально нового поколения модулей - интеллектуальных мехатронных модулей. По сравнению с мехатронными модулями движения в их конструкцию дополнительно встраиваются компьютерные устройства и силовые электронные преобразователи, что придает этим модулям интеллектуальные свойства и является их главным отличительным признаком.

- В общем случае интеллектуальный мехатронный модуль состоит из следующих основных элементов: • электро- (или, например, гидро-) двигатель; • механическое устройство; • датчики и устройства обратной связи; • устройство компьютерного управления; • электронный силовой преобразователь; • интерфейс I/O для связи с компьютером верхнего уровня управления, а также внутренние интерфейсы (I1 - I8).

- **Основными преимуществами применения интеллектуальных мехатронных модулей являются:**
- • способность выполнять сложные движения самостоятельно, без обращения к верхнему уровню управления, что повышает автономность модулей, гибкость и живучесть мехатронных систем;
- • упрощение коммуникаций между модулями и центральным устройством управления (например, с использованием беспроводных коммуникаций), что позволяет добиваться повышенной помехозащищенности мехатронной системы и ее способности к быстрой реконфигурации;
- • повышение надежности и безопасности мехатронных систем благодаря компьютерной диагностике неисправностей и автоматической защите в аварийных и штатных режимах работы;
- • создание распределенных систем управления с применением компьютерных и сетевых технологий;

- • использование современных методов управления (программных, адаптивных, интеллектуальных, оптимальных) непосредственно на исполнительном уровне для повышения качества процессов управления в конкретных реализациях;
- • интеллектуализация силовых преобразователей для защиты модуля в аварийных режимах и диагностики неисправностей;
- • интеллектуализация сенсоров для мехатронных модулей позволяет добиться более высокой точности измерения, программным путем обеспечив в самом сенсорном модуле фильтрацию шумов, калибровку, линеаризацию характеристик

- Встраивание интеллектуальных устройств непосредственно в мехатронный модуль порождает и ряд ограничений. К ним следует отнести сложность модернизации, увеличение массогабаритных показателей модуля движения по сравнению с приводами, где управляющие и электронные устройства расположены отдельно.

Метод переноса функциональной нагрузки на интеллектуальные устройства

- На этапе проектирования осуществляется распределение функций между структурными элементами мехатронной системы. Современная тенденция при построении машин заключается в переносе функциональной нагрузки от механических узлов к интеллектуальным (электронным, компьютерным и информационным) компонентам, относительно дешевым и легко перепрограммируемым под новую задачу. Использование данного метода интеграции позволяет минимизировать механическую сложность мехатронной системы.

- Мехатронный подход предполагает не дополнение, а замещение функций, традиционно выполняемых механическими элементами системы, электронными и компьютерными блоками. Если одна и та же функция может быть реализована устройствами различной физической природы, то при разработке системы необходимо учитывать технологические и организационно-экономические критерии.

- Метод электронной редукции, является примером, когда управляемый исполнительный механизм отслеживает движение задающего устройства (рис. 4.11). Этот метод является аналогом способа копирующего управления, широко используемого для дистанционно управляемых роботов и манипуляторов.

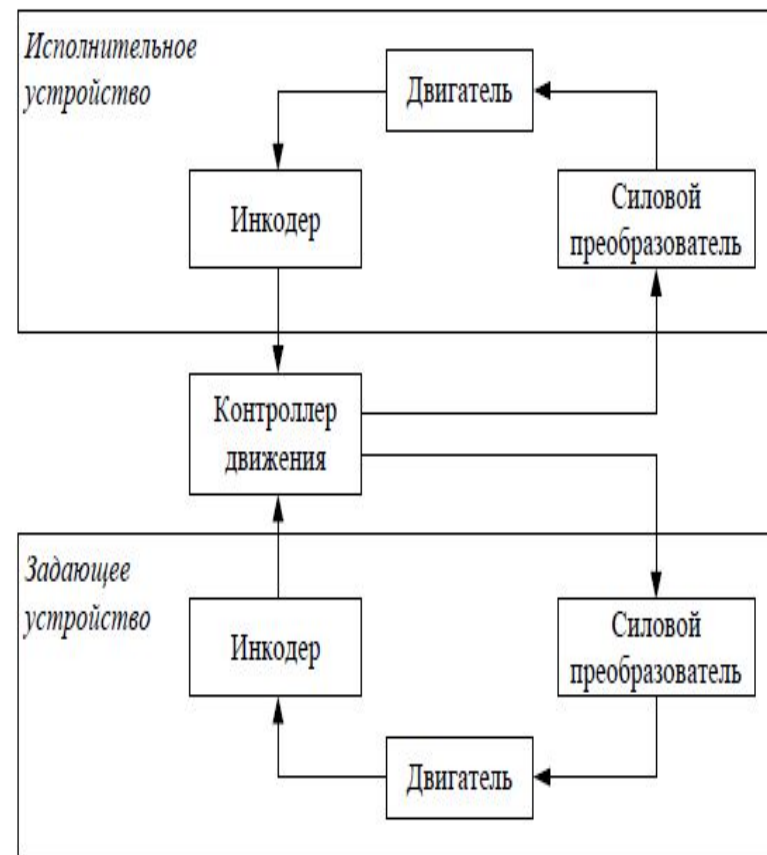


Рисунок 4.11 – Система управления движением на основе метода электронной редукции