**Сервоприводы**

Прогресс в областях электроники и используемых в электротехнике материалов изменили ситуации в технике привода. До сих пор в сервотехнике применялись в основном двигатели постоянного тока с постоянными магнитами.

Главный недостаток двигателей переменного тока по сравнению с двигателями постоянного тока состоит в ограниченной возможности регулирования скорости. Последние достижения в области электроники, особенно в микроконтроллерах, позволяют компенсировать этот недостаток путем использования современных средств управления.

В настоящее время происходит смещение акцентов в приводных системах от двигателей постоянного тока к двигателям переменного тока. Тенденция прехода к синхронным двигателям переменного тока особенно очевидна в сервосистемах, которые почти всегда выполнялись с использованием электроприводов постоянного тока.

Новые мощные постоянные магниты, изготовленные из сплавов неодим-железо-бора и самарий-кобальта благодаря их высокой энергоемкости, могут существенно улучшить характеристики двигателя при одновременным снижением массо-габаритных показателей электрических машин. В итоге улучшаются динамические характеристики привода и снижаются его габариты.

**Определение сервопривода**

В современной приводной технике во многих случаях предъявляются высокие требования к:  
• погрешности позиционирования;  
• погрешности стабилизации скорости;  
• широкому диапазону регулирования;  
• стабилизации момента вращения;  
• перегрузочной способности;  
• высокой динамике.

Требования к динамике, т.е. поведению привода во времени, складываются из все ускоряющихся процессов обработки, увеличению циклов обработки и связанной с ними производительности машины. Высокая точность очень часто определяет возможность использования систем электропривода в новых технологиях. Этим требованиям должны отвечать современные высокодинамичные системы привода.

**Сервоприводы** предназначены для управления скоростью, крутящим моментом и положением подвижных деталей механизмов. Быстрое и точное регулирование момента и скорости обеспечивается за счет использования контура обратной связи с функцией автоматической подстройки в реальном времени, которая обеспечивает превосходные динамические характеристики.

**Сервопривод - это система привода, которая в широком диапазоне регулирования скорости обеспечивает динамичные, высокоточные процессы и обеспечивает хорошую их повторяемость.**

Слово "серво" произошло от латинского слова "servus", что переводится как слуга, раб, помощник. В машиностроительных отраслях они были преимущественно вспомогательными приводами (приводы подач в станках, приводы роботов и т.п.). Однако сегодня ситуация изменилась, теперь и главные приводы реализуются с использованием сервотехники. Принципиально перечисленных выше качеств можно добиться с использованием: двигателей постоянного тока независимого возбуждения, асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов. Ниже приводится сравнение этих двигателей по ряду параметров.

В этом томе мы будем использовать термины "сервопривод" и "динамичный привод" в одинаковом значении. Они всегда будут относиться к синхронным двигателям переменного тока с постоянными магнитами и связанными с ними системами управления.

**Где применяется сервопривод**

Слово "серво" произошло от латинского слова "servus", что переводится как слуга, раб, помощник. В машиностроительных отраслях они были преимущественно вспомогательными приводами (приводы подач в станках, приводы роботов и т.п.). Однако сегодня ситуация изменилась, теперь и главные приводы реализуются с использованием сервотехники.

В настоящее время, сервоприводы применяются там, где недостаточно точности регулирования обычных общепромышленных преобразователей частоты. Применение высококачественных сервоприводов необходимо в высокопроизводительном оборудовании, где главным критерием является производительность. Сервоприводами оснащаются прецизионные системы поддержания скорости и позиционирования промышленных роботов и высокоточных станков. Сервоприводы также устанавливаются на координатно-сверлильных станках, на различных технологических транспортных системах, на различных вспомогательных механизмах и др. В приводах подач современных станков с ЧПУ обеспечивающих перемещения рабочих органов станка, на сегодняшний день применяются в основном шаговые двигатели либо сервоприводы.

**Достоинства сервопривода:**   
  
1. Плавность и точность перемещений доступны даже на низких скоростях, разрешающая способность может выбираться пользователем в зависимости от решаемой задачи   
  
2. Бесшумность работы   
  
3. Надежность и безотказность, а следовательно, возможность использовать его в ответственных, не терпящих отказа устройствах.   
  
4. Легкость монтажа конструкции.

**Недостатки сервопривода**:   
  
1. Высокая стоимость   
  
2. Сложность настройки, которая иногда делает применение сервопривода необоснованным.

**Развитие сервоприводов**

Термин "сервопривод" часто наводит на мысль о некоторой разновидности вспомогательного привода. Однако это было справедливо 40 лет назад в машиностроении, где приводы подач, например, в токарном станке, приводились в движение вручную. Пневматический, гидравлический приводы или асинхронные двигатели с фиксированной скоростью использовались только при высоких моментах. Мастерство оператора токарного станка, ручные измерения и контроль определяли, насколько быстро и точно обработана деталь.

С другой стороны, применялся пневматический, гидравлический или электрический главный привод, который был более или менее постоянным и управлял скоростью шпинделя.

**Техническое развитие сервоприводов**

Первоначально на рынке доминировали пневматические и гидравлические сервоприводы. Привод постоянного тока получил распространение в 60-х годах, с развитием полупроводниковой техники.

С точки зрения требований динамики развитие сервоприводов проходило в направлении создания двигателей постоянного тока с малым моментом инерции. В основу получения малого момента инерции ротора были положены два решения. Первое предполагало реализацию якоря двигателя в виде тонкого плоского диска, не содержащего железо, второе - основывалось на получении цилиндрического немагнитного якоря. В обоих случаях в начале 70-х годов стали широко применять постоянные магниты из редкоземельных материалов, обеспечивающих получение повышенного значения индукции в воздушном зазоре и высокого крутящего момента.

Какой тип управления использовался? Сначала - линейные усилители с силовыми транзисторами и выходным напряжением приблизительно до 100 В. Позже - тиристорные преобразователи, которые применялись до конца 70-х годов, когда им на смену пришли импульсные преобразователи постоянного тока на ключевых транзисторах.

Это сопровождалось значительным повышением изначально низкого коэффициента полезного действия электронных источников питания. Напряжение, которое могло быть получено на выходе электронных источников питания ограничивалось приблизительно на уровне 200 В из-за низкого допустимого напряжения транзисторов и ограничения напряжения между коммутируемыми сегментами коллектора двигателя.

Транзисторные преобразователи, как правило, подключали к сети через трансформатор. Это позволяло осуществить согласование выходного напряжения преобразователя с питающей сетью.

Управление как скоростью, так и моментом были аналоговыми, со всеми вытекающими из этого проблемами помехоустойчивости (восприимчивости низковольтных сигналов к наводкам) в широком диапазоне регулирования скорости, характерном для сервоприводов. Для измерения действительной скорости в канале обратной связи применялись тахогенераторы постоянного тока.

Развитие преобразователей частоты, первоначально реализуемых на тиристорах, позднее на силовых транзисторах, привело к повышению использования малоизнашиваемых асинхронных стандартных двигателей переменного тока для приводов с невысокими требованиями по точности управления.

Исследования бесщеточных двигателей, которые могут быть использованы в сервоприводах, были начаты с середины 70-х годов.

В противоположность обычной компоновки двигателя постоянного тока разработчики пришли к перспективному новому решению: якорь на статоре, поле возбуждения на роторе. Так появились бесщеточные двигатели постоянного тока, или двигатели с электронной коммутацией.

Эти электрические машины принципиально представляют собой синхронные двигатели CД с постоянными магнитами, в которых положение ротора контролируется простым импульсным датчиком положения (инкодером), производящим 6 импульсов на оборот, по числу полюсов СД.

В дополнение к электронной бесконтактной коммутации и низкому износу, этот тип привода имеет следующие преимущества:  
• пониженный момент инерции из-за отсутствия обмотки на роторе,  
• простота охлаждения, так как отвод тепла от статора предпочтительнее, чем от ротора,  
• повышеный КПД, так как нет потерь, связанных с обмоткой возбуждения.

Электронная коммутация секций обмотки статора производится каждые 60 электрических градусов и осуществляется датчиком положения ротора ДПР. Как и коммутация с помощью коллектора в двигателях постоянного тока этот принцип коммутации также реализуется в виде устройства коммутации и имеет блочное исполнение. Для управления скоростью двигателя необходим дополнительный датчик скорости, например тахогенератор.

Параллельно с этим развивалось также и направление по применению асинхронного двигателя переменного тока в качестве бесщеточного сервопривода. Этот тип двигателя дешев в производстве и имеет дополнительное преимущество с возможностью управления в диапазоне ослабления поля.

С другой стороны, с разработкой бесщеточных двигателей проводились теоретические исследования по так называемой синусной коммутации сервопривода.

Принципиально двигатель с синусной коммутацией представляет собой СД с постоянными магнитами, со всеми преимуществами, указанными выше. Однако, датчиком положения ротора в этом случае служит резольвер, выходными синусоидальными сигналами которого управляется ток статора машины.

Указанные выше все три типа бесщеточных приводов используются в настоящее время и обеспечивают почти полную замену приводов со щетками с начала 90-х годов.

Решающим фактором этих успехов явился прогресс в области полупроводниковой техники. Развитие высокой степени интеграции, высокоскоростных процессорных систем и модулей энергонезависимой памяти облегчило внедрение цифрового управления. Во всяком случае, функциональные задачи, встречающиеся более или менее часто в индивидуальных технических системах, не так сильно сказывались на цене. Внедрением индивидуального программного обеспечения удалось избежать увеличения количества аппаратных модулей.

Силовые модули в системах управления для всех трех типов бесщеточных приводов основаны на следующем: преобразователь частоты (инвертор), управляемый датчиком положения ротора двигателя, предпочтительнее, чем инвертор с независимым управлением, используемый для стандартных двигателей переменного тока. Функциональные различия состоят только в наличии замкнутой и разомкнутой обратной связи в системе управления.

Развитие силовых транзисторов с начала 90-х годов сделало также возможным подключать системы управления сервоприводами (сервоконтроллеры) непосредственно к сети без использования сетевого трансформатора.

**Развитие рынка сервоприводов**

Сервопривод первоначально применялся только в машиностроении при инструментальной обработке материалов. Однако его потенциал был очень быстро реализован в начале 70-х годов в результате расширения областей обработки, развития промышленных роботов и систем автоматизированной сборки.

В противоположность инструментальной обработке, замена пневматического и гидравлического оборудования шла медленнее, часто из-за больших различий в требованиях к размещению привода.

В промышленности обработки материалов и робототехнических системах сначала использовались двигатели постоянного тока с дисковыми роторами совместно с низколюфтовыми планетарными редукторами или другими типами компактных редукторов, обеспечивающих минимизацию массо-габаритных показателей привода. Позднее двигатели постоянного тока с дисковыми роторами были заменены бесщеточными двигателями.

Теперь, когда автоматизация полностью охватила все области машиностроения, доминируют электроприводы, и механика машин сильно упростилась с использованием современных индивидуальных приводов взамен центрального привода. В результате расширился рынок сервоприводов. Сегодня трудно найти сферу деятельности, где нет применения сервоприводам. Наиболее важные среди них:  
• изготовление бумаги,  
• изготовление металлического листа,  
• упаковка,  
• обработка материалов,  
• подъемно-транспортное оборудование,  
• деревообработка,  
• производство строительных материалов.

Сервоприводы широко используются в различных областях, и не все применения имеют высокую динамику. Однако возможности получения высокостабильного или точного управления, широкий диапазон регулирования скорости, высокая помехоустойчивость, малые габариты и вес часто являются решающим фактором их применения.

Благодаря современным цифровым технологиям, сервоприводы сегодня использовать намного легче, чем несколько лет назад. Цифровые технологии предлагают широкий выбор ориентированных на специальное применение возможностей, большое разнообразие устройств связи с объектами (как напрямую, так и через шины интерфейсов) и возможность использовать персональный компьютер для контроля, оптимизации и автоматической настройки привода.

Гидравлические и пневматические приводы, упомянутые в начале этого раздела, в настоящее время имеют только отдельные ниши на рынке.