

## Замена двигателей постоянного тока на асинхронные регулируемые двигатели



Двигатели постоянного тока (ДПТ) широко применяются и в наше время, благодаря использованию современных тиристорных преобразователей, которые позволяют осуществлять регулирование скорости этих двигателей путем изменения напряжения на якоре или в обмотках возбуждения. Для расширения диапазона регулирования скорости используются различные сигналы обратной связи (напряжение на якоре, тахогенераторы и т.д.). Однако эксплуатация двигателей постоянного тока влечет за собой ряд значительных неудобств, связанных с конструктивными особенностями машин данного типа, а именно:

1. Сложность конструкции и, как результат, высокая цена.
2. Наличие щеточно-коллекторного узла.
3. Большая масса.
4. Необходимость в периодическом обслуживании.
5. Ограниченный ресурс.

Все эти недостатки требуют существенных затрат при покупке машин постоянного тока и их дальнейшей эксплуатации, а также они могут значительно снизить надежность и точность систем в целом. Необходимо планировать дополнительные планово-предупредительные работы и останавливать производство для обслуживания щеточно-коллекторных узлов, проводить периодическую продувку машин от пыли.

До недавнего времени внедрение асинхронных двигателей (АД) с короткозамкнутыми роторами в системы, где требуется широкий диапазон регулирования скорости, не представлялось возможным, а для изменения скорости движения приводных механизмов использовались переключаемые редукторы или вариаторы. Дальнейшим развитием таких систем стало появление асинхронных двигателей с переключением числа полюсов (двух- и трех-скоростные двигатели), что позволяло ступенчато изменять скорость вращения.

С развитием полупроводниковой электроники (разработка IGBT транзисторов), появилась возможность производства недорогих микропроцессорных преобразователей частоты (инверторов), с помощью которых стало возможным полноценно управлять скоростью асинхронных двигателей в широком диапазоне регулирования (1:1000). Теперь частота вращения АД не зависит от частоты питающей сети, двигатели можно разгонять ниже и выше их номинальной скорости. Также появилась возможность управления моментом асинхронных двигателей.

Системы управления движением с использованием асинхронных двигателей и преобразователей частоты получаются дешевле и проще подобных систем с двигателями постоянного тока. В качестве датчиков обратной связи широко используются цифровые устройства (энкодеры), которые менее подвержены влиянию электромагнитных помех, чем тахогенераторы, используемые с машинами постоянного тока.

**Асинхронный двигатель – простая, недорогая, не требующая обслуживания машина.** Именно эти аргументы привели к тому, что на многих предприятиях машины постоянного тока с тиристорными преобразователями стали заменяться на асинхронные двигатели с системами управления, построенными на преобразователях частоты (частотных инверторах).

При подборе асинхронного двигателя взамен машины постоянного тока необходимо учитывать разность характеристик этих машин. **Подбор двигателя осуществляется по следующим параметрам:**

### **1. По номинальной скорости вращения.**

Диапазон изменения частоты вращения вала асинхронного двигателя должен быть равен или больше, чем у двигателя постоянного тока.

### **2. По моменту (номинальному, пусковому, максимальному).**

Номинальный момент асинхронного двигателя должен быть равен или быть больше исходного, при условии длительной работы в заданном диапазоне частот вращения без перегрева. Максимальный и пусковой моменты должны быть равны или быть больше пускового момента, определенного для данного механизма.

На рисунке 1 и 2 представлены механические характеристики регулируемого асинхронного двигателя и двигателя постоянного тока соответственно. При замене двигателя постоянного тока необходимо однозначно определить диапазон скорости вращения вала и требуемый момент в этом диапазоне. Как правило, для удовлетворения механических характеристик приводного механизма, приходится ставить асинхронный двигатель соответствующей мощности.

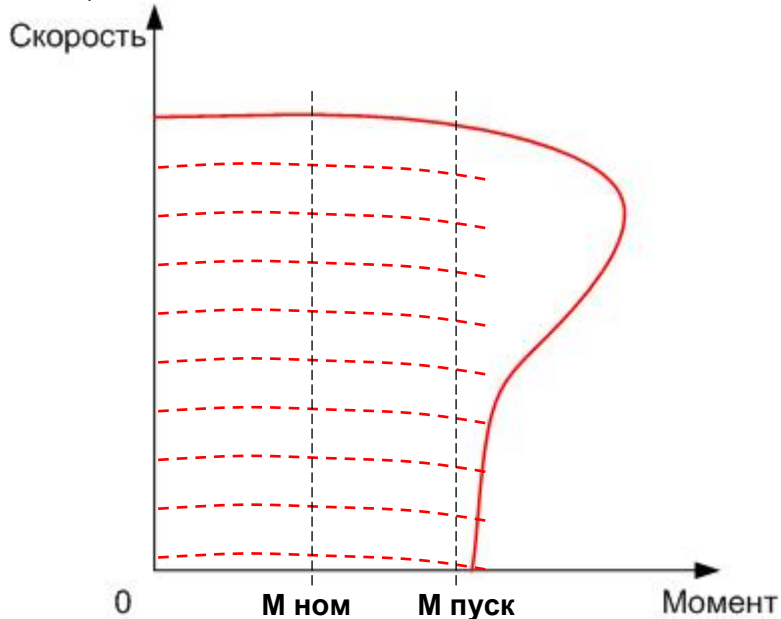


Рис.1 Механические характеристики регулируемого асинхронного двигателя

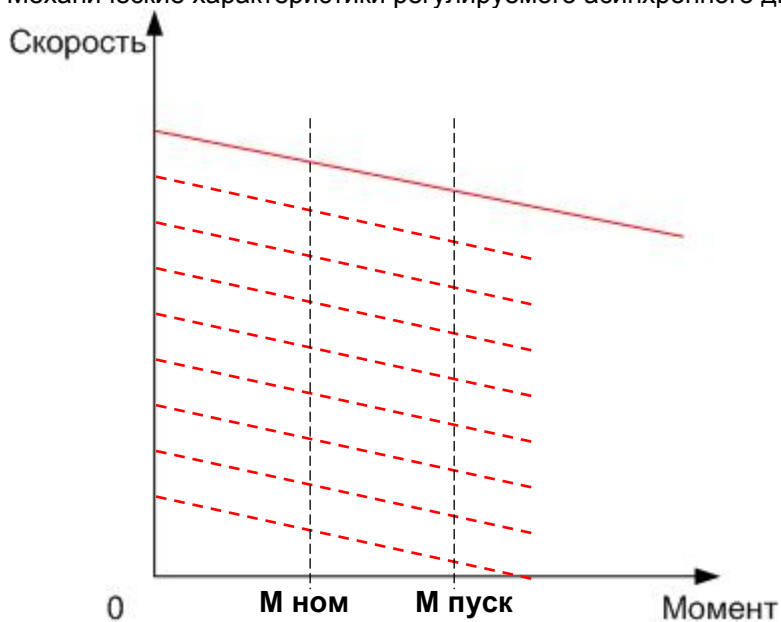


Рис.2 Механические характеристики регулируемого двигателя постоянного тока

### 3. По режиму работы.

Нагрев электрической машины зависит от режима ее работы, то есть от соотношения длительности периодов работы под нагрузкой и пауз между ними, или периодов работы с полной или частичной нагрузкой, от частоты включения машины и характера протекания переходных процессов.

Подразделяют следующие режимы работы:

**Продолжительный режим (S1)** - режим при котором время работы машины при практически неизменных нагрузке и температуре окружающей среды достаточно для нагрева всех её частей до практически установившейся температуры. Режим характеризуется неизменными потерями в течение всего времени работы машины.

**Кратковременный режим (S2)** - режим при котором периоды неизменной нагрузки чередуются с периодами отключения машины, причем за время работы температура частей машины не успевает достигнуть установившегося значения, а за время пауз машина охлаждается до холодного состояния.

**Повторно-кратковременные режимы (S3-S8)** - отличаются от кратковременного продолжительностью включения под неизменную нагрузку и продолжительностью периодов отключения, причем время работы машины всегда меньше времени, необходимого для нагрева ее частей до установившейся температуры, а время пауз меньше необходимого для остывания машины до практически холодного состояния. Отличие между режимами S3-S8 заключается в частоте пусков и в продолжительности включения машины.

#### **4. По условиям эксплуатации.**

Согласно **ГОСТ 17498-87** асинхронный двигатель должен иметь соответствующую степень защиты IPXX, где первый символ X означает степень защиты оболочкой, от проникновения инородных твердых тел, второй символ X означает степень защиты оболочкой от вредных воздействий проникающей воды. Например, IP54 - "Машина не полностью защищена от проникновения внутрь оболочки пыли (однако, пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия) и воды, разбрызгиваемой на оболочку в любом направлении".

**В настоящее время все чаще в качестве главного привода в новых разработках машин применяется асинхронный двигатель с частотным преобразователем векторного типа или с обратной связью по скорости или по положению ротора. Последние достижения в области силовой электроники и в микропроцессорной технике позволили значительно уменьшить стоимость комплектующих изделий частотного преобразователя при возросшей надежности этих изделий.**

В качестве частотного преобразователя часто используются изделия иностранных фирм. Анализ аналогичных изделий российского производства показывает, что все эти приводы изготавливаются с применением импортных комплектующих, таких, как силовые IGBT модули и специализированные процессоры управления, не изготавливаемых российской промышленностью. Поэтому стоимость таких приводов при мелкосерийном производстве единичными предприятиями не может быть ниже импортных, которые выпускаются тысячами партиями в год на нескольких специализированных производствах. Иностранные фирмы имеют несколько десятков заводов и представительств в разных странах мира, что позволяет постоянно отслеживать качество выпускаемых изделий. Имея собственных разработчиков, эти фирмы имеют возможность постоянно обновлять и улучшать выпускаемые изделия с появлением новых разработок в электронике.

**Сравнивая стоимость комплектного привода (преобразователь + двигатель) можно однозначно заключить, что в настоящее время до мощности 5...7 кВт стоимость частотного привода значительно меньше по сравнению с аналоговым приводом постоянного тока.**

**В случае применения современного цифрового привода постоянного тока стоимость частотных приводов с регулируемым АД всегда меньше стоимости привода с ДПТ во всем диапазоне мощностей.**

Недостатком аналогового привода постоянного тока является низкая помехоустойчивость, сложность в настройке и нестабильность параметров. В качестве датчика обратной связи по скорости применяется тахогенератор, имеющий те же недостатки, что и коллекторный двигатель.

**Современные микроконтроллеры применяемые в частотных преобразователях, позволяют обрабатывать данные за период в несколько десятков микросекунд, (десять лет назад это время составляло 200 мс), что позволило расширить диапазон регулирования с обратной связью до 1:5000 с точностью поддержания скорости 0,2 оборота во всем диапазоне, что приближает данные привода к станочным сервоприводам (к следящему координатному приводу).**

**Меньшая масса ротора асинхронного двигателя по сравнению с якорем двигателя постоянного тока позволяет повысить динамику привода в следящих и быстродействующих системах и повысить предельные скорости вращения двигателей для приводов с новыми быстроходными инструментами (фрезы, пилы, диски, сверла).**

Для примера приведен вариант замены двигателя постоянного тока на бумагорезательном станке.

Фактор	Привод постоянного тока	Частотный привод
Цена оборудования	2,5 кВт 1000 об/мин 2ПБ160М – 60 000 р. + блок управления	Преобразователь частоты 5 кВт. + двигатель 3,0 кВт 1000 об/мин 4AM112MA6 – 30 000 р.
Периодичность планового ремонта	2 раза в год	1 раз в год
Средняя стоимость годового обслуживания	10 000 р.	2 000 р.
Средняя стоимость капитального ремонта двигателя	48 000 р.	4 000 р.
Гарантийный срок	1 год (после ремонта)	3 года (после установки)
КПД системы (включая преобразователь и выпрямитель)	75%	80%
Стоимость модернизации (без учета материалов)	---	25 000 р.

(Практический пример и числовые данные взяты из Интернета.)

Как видно из таблицы, установка частотного преобразователя окупается для заказчика за 2 года.

Стоимость асинхронного электродвигателя в несколько раз меньше стоимости двигателя постоянного тока. Асинхронные электродвигатели просты в обслуживании, надежны в эксплуатации и весьма долговечны (до 10 лет и более).

С использованием частотного преобразователя плавный программируемый пуск начинается с пониженной частоты, возрастающей по мере разгона, это очень похоже на реостатный пуск двигателя постоянного тока, ток ограничивается частотным инвертором, его максимальное пусковое значение снижается.

При этом снимаются все ограничения по количеству пусков в час или за сутки работы двигателя.

Для асинхронных двигателей общепромышленного применения разработаны и серийно изготавливаются стандартные редукторы различного типа (цилиндрические, червячные, планетарные).

Все стандартные редукторы могут применяться и для регулируемых асинхронных двигателей.

Замена двигателей постоянного тока на регулируемые асинхронные двигатели может производиться при модернизации устаревшего оборудования и при проектировании нового технологического оборудования.

Область применения регулируемого асинхронного привода весьма широка. Этот привод можно успешно применять, например, в деревообрабатывающем оборудовании, в металлорежущем, в промышленных пылесосах, компрессорах, насосах для перекачки жидкостей, в поломоечных машинах, в электроштабелерах, электропогрузчиках и электротележках в качестве тяговых или исполнительных двигателей (работа с автономными аккумуляторами).

Диапазон номинальных рабочих напряжений асинхронных регулируемых двигателей – 40...400 В. Охлаждение – воздушное (собственное или внешнее). Двигатели имеют защиту от перегрева обмоток.

Для этого рабочего диапазона номинальных напряжений выпускаются серийные частотные преобразователи, например, фирмой «Семикрон» (Германия).

#### Контакты:

ООО «Завод НОДВИГ»  
Республика Беларусь  
г. Полоцк, ул Комарова, 17  
тел./факс +375 214 482393  
E-mail: [nodvig@mail.ru](mailto:nodvig@mail.ru)  
Сайт: [www.nodvig.com](http://www.nodvig.com)

Разработчик: Михалев А. И.  
E-mail: [orion\\_mai@inbox.ru](mailto:orion_mai@inbox.ru)  
(консультации по применению)