



СТАРОДУБОВ
Виктор Семенович
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

STARODUBOV
Viktor Semenovich
(Moscow, Russian
Federation, Bauman Moscow
State Technical University)

Мехатронные приводы в металлорежущих станках с ЧПУ

В.С. Стародубов

Рассмотрены новые типы приводов рабочих органов металлорежущих станков с ЧПУ, изготовленные с применением прямых мехатронных приводов (мотор-шпинделей, плоско-параллельных и штоковых линейных электродвигателей, встраиваемых высокомоментных поворотных электродвигателей для двухосевых наклонно-поворотных столов). На основе анализа развития существующих приводов главного движения и подачи рабочих органов металлорежущих станков показано постепенное сокращение их кинематических цепей и упрощение конструкции при развитии и применении более совершенных приводных электродвигателей. Приведены принципы работы мехатронных приводов, основные характеристики, возможные варианты их применения, получаемые преимущества, а также существующие трудности для их более широкого внедрения в металлорежущих станках с ЧПУ. Показано, что дальнейшее совершенствование конструкций данных приводов, улучшение технических характеристик позволит расширить область их применения, упростит кинематику и конструкцию металлорежущих станков с ЧПУ благодаря встраиванию приводных электродвигателей непосредственно в рабочие органы станка.

Ключевые слова: металлорежущие станки с ЧПУ, прямой мехатронный привод, мотор-шпиндель, штоковый линейный электродвигатель, двухосевой поворотный стол.

Mechatronic drives in CNC machine tools

V.S. Starodubov

New types of actuators for CNC machine tools are considered. The actuators are constructed using direct mechatronic drives such as motor-spindles, plane-parallel and rod-end linear motors, and high-torque rotary motors built in inclined two-axes rotary tables. The analysis of the development of existing main and driven element motion drives of machine tools shows a progressive reduction of their kinematic chains and simplification of their designs if more advanced electric drive motors are developed and applied. The principles of operation of these mechatronic drives are presented along with their main characteristics, possible applications, gained benefits, and limitations for their wider use in CNC machine tools. It is shown that improving the structure and performance of these drives will expand the field of their application and simplify the kinematics and design of CNC machine tools due to embedding the drive motors directly in the driven elements of machines. Manufacturing and application of mechatronic drives in the form of ready-made unified modules (motor-spindles, plane-parallel linear and rod-end motors, rotary and inclined rotary tables with built-in motors) produced by specialized companies will allow machine-tool companies

to reduce the design and manufacturing time, increase the accuracy and reliability, and reduce the cost of machine tools.

Keywords: CNC machine tools, direct mechatronic drive, motor-spindle, rod-end linear motor, two-axes rotary table.

Рассмотрение принципа работы любого металлорежущего станка показывает, что в общем случае он имеет два вида рабочих органов:

1) привод главного движения, обеспечивающий вращение шпинделя станка в заданном диапазоне частот при установке в нем обрабатываемой заготовки (токарные станки) или оправки с режущим инструментом (сверлильные, фрезерные, расточные станки);

2) приводы рабочих органов станка (суппорты, шпиндельные бабки, столы, салазки), обеспечивающие их линейные или круговые перемещения, несущие приспособления с обрабатываемыми заготовками или режущие инструменты (в токарных станках).

Наряду с рабочими органами на станке имеются различные вспомогательные механизмы, осуществляющие зажим заготовок, оправок с режущими инструментами, поворот и фиксацию револьверных головок, подачу СОЖ в зону обработки, удаление стружки, механизмы для различных переключений и др.

На первом этапе механообработки заготовок приводы главного движения и подач на металлорежущих станках осуществлялись вручную.

На втором этапе развития и применения металлорежущих станков стали использовать единый механический привод (от паровой машины или дизеля) для всех станков, установленных в цеху. В этом случае приводы на каждый станок осуществлялись от единого вала, установленного на всю длину цеха, со шкивами, от которых через ременные передачи вращения передавались на каждый станок.

Революционным был третий этап, когда был разработан электромеханический привод с установкой на каждом станке индивидуальных приводных электродвигателей.

Первоначально приводные электродвигатели (ЭД) были нерегулируемые, поэтому для по-

лучения необходимых частот вращения шпинделя и различных рабочих подач данные приводы применялись соответственно с коробками скоростей и коробками подач. При этом оба привода осуществлялись от единого приводного ЭД (рис. 1, а).

Позднее для каждого привода стали применять отдельные приводные ЭД (рис. 1, б). Для получения требуемых частот вращения шпинделя на станках использовались 3- и 4-ступенчатые коробки скоростей в комбинации с гитарой сменных зубчатых колес. Аналогично решалась задача получения разных величин рабочих подач путем применения коробок подач.

Разработка и широкое применения металлорежущих станков с числовым программным управлением (ЧПУ) обусловили применение в приводах главного движения и подач регулируемых ЭД для обеспечения как более широкого диапазона частот вращения и рабочих подач, так и большего количества их конкретных значений внутри этих диапазонов (в том числе с бесступенчатым регулированием приводов подач).

Использование регулируемого ЭД позволило в приводе главного движения применять только 2-ступенчатую коробку скоростей (рис. 1, в) для двух диапазонов частот вращения. Необходимые частоты вращения шпинделя внутри этих диапазонов обеспечивает соответствующая схема управления ЭД. Позднее стали применять привод главного движения вообще без коробки скоростей с передачей вращения от ЭД на шпиндель через зубчатую или ременную передачу (рис. 1, г).

В приводах подач применение регулируемых ЭД позволило также исключить коробки подач, соединять ЭД через муфту непосредственно с ходовым винтом привода подачи с получением в широком диапазоне бесступенчато регулируемых рабочих подач (рис. 1, в). Для уменьшения габаритных размеров станка в некоторых случаях передача вращения от ЭД на ходовой винт может производиться через зубчатую ременную передачу (см. рис. 1, г).

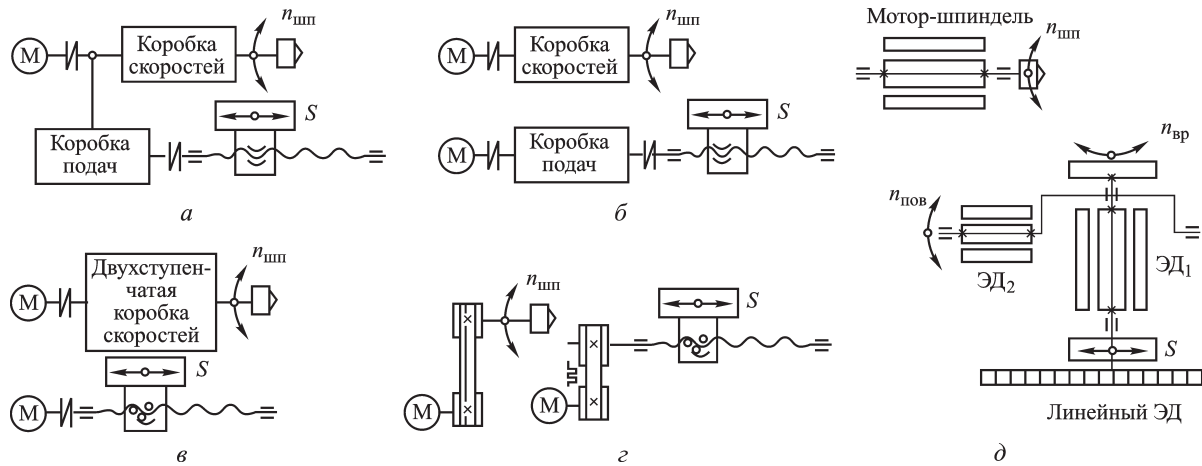


Рис. 1. Варианты построения приводов главного движения и подачи:

a — от единого нерегулируемого ЭД; *б* — от отдельных нерегулируемых ЭД; *в*, *г* — от отдельных регулируемых ЭД; *д* — с мехатронным приводом (мотор-шпинделя, наклонно-поворотного стола со встроенными высокомоментными ЭД₁ и ЭД₂ и плоскими линейными ЭД)

По мере усовершенствования станков упростился также привод поворотных столов, он стал осуществляться от регулируемых ЭД через прецизионную червячную передачу.

Как следует из сказанного выше, основные изменения, происходящие в приводах рабочих органов металлорежущих станков, связаны с постепенным приближением приводных ЭД к рабочим органам станка. При этом переход к следующему этапу развития приводов всегда был связан с новыми научными и практическими разработками, появлением новых конструктивных решений, либо совершенствованием существующих. В конечном итоге повсеместное распространение получили кинематические схемы и конструкции, прошедшие проверку временем длительной эксплуатации и доказавшие свою экономическую эффективность.

Характерным примером такой эволюции является привод подачи в металлорежущих станках с ЧПУ на основе применения регулируемых ЭД с передачей ходовой винт-гайка с трением качения (шариковой винтовой парой — ШВП). Первоначально этот привод считался очень сложным и дорогим (особенно изготовление элементов ШВП) и использовался ограниченно в отдельных металлорежущих станках с ЧПУ.

В настоящее время сложно представить современный металлорежущий станок с ЧПУ, в котором бы не применялись данные приводы

подачи. Производство всех элементов таких приводов уже достаточно хорошо отработано, технологии изготовления элементов ШВП оптимизированы и поэтому их стоимость стала вполне конкурентоспособной. Появилось много специализированных фирм, выпускающих разнообразные унифицированные конструкции ШВП в виде готовых модулей для использования в приводах подачи металлорежущих станков разного назначения.

Как следует из структурных схем построения приводов главного движения и подачи (линейных и круговых) современных металлорежущих станков с ЧПУ значительно упростилась кинематическая структура их построения и конструктивное исполнение (см. рис. 1).

Следующим этапом в развитии приводов для металлорежущих станков с ЧПУ стало развитие мехатроники, создание и начало применения мехатронных приводов рабочих органов станка [1, 2]. Главным преимуществом использования данных приводов является исключение многоступенчатого преобразования энергии и информации, упрощение кинематических цепей и конструкции в целом, повышение точности, улучшение динамических характеристик, компактность этих приводов [3].

Были разработаны и нашли применение в приводах главного движения мотор-шпиндели, в которых ЭД устанавливается непосредственно на шпинделе станка (см. рис. 1, д). Для

приводов подач были разработаны различные типы линейных ЭД, которые позволили исключить из применяемых приводов подач ШВП. Разработка и использование встраиваемых поворотных ЭД₁ и ЭД₂ позволило исключить из применяемых ранее приводов поворотных столов прецизионные червячные передачи и упростить конструкцию данных приводов (рис. 1, д).

Мехатронный узел мотор-шпиндель получает все более широкое применение особенно в приводах главного движения металлорежущих станков с ЧПУ для высокоскоростной обработки заготовок (при частотах вращения шпинделя более 10 000 мин⁻¹) [4].

Ряд фирм производит встраиваемые ЭД для мотор-шпинделей в виде отдельных компонентов — пустотелого ротора с постоянными магнитами из редкоземельных металлов, который термически напрессовывается на цилиндрическую часть шпинделя, и статора с сердечниками и обмотками, установленного в охлаждающую рубашку. К нему добавляются измерительные преобразователи для измерения частоты вращения, управления вращением шпинделя по координате *C* (на токарных станках с ЧПУ), ориентированного останова шпин-

деля при автоматической смене оправок с режущим инструментом, измерения температуры нагрева. Например, фирма Siemens (ФРГ) производит компактные синхронные ЭД для встраивания в приводы главного движения серии 1FE1 с водяным охлаждением в виде монтажного комплекса статора и ротора. Максимальная частота вращения шпинделя составляет 40 000 мин⁻¹ с крутящим моментом до 820 Н·м. Выпускаются эти ЭД в высокоскоростном и высокомоментном исполнениях [5].

В настоящее время многие специализированные фирмы уже изготавливают мотор-шпиндели в виде унифицированных модулей, готовых для установки в шпиндельной бабке станка.

В качестве примера на рис. 2 показана конструкция мотор-шпинделя мод. HF 230.4 A20K фирмы IBAG (Швейцария) [5].

В мотор-шпинделях применяются как асинхронные, так и синхронные ЭД. В качестве опор шпинделя чаще всего используются высокоточные радиально-упорные шарикоподшипники с керамическими шариками. При необходимости обеспечения требований высокой нагрузочной способности применяются роликовые под-

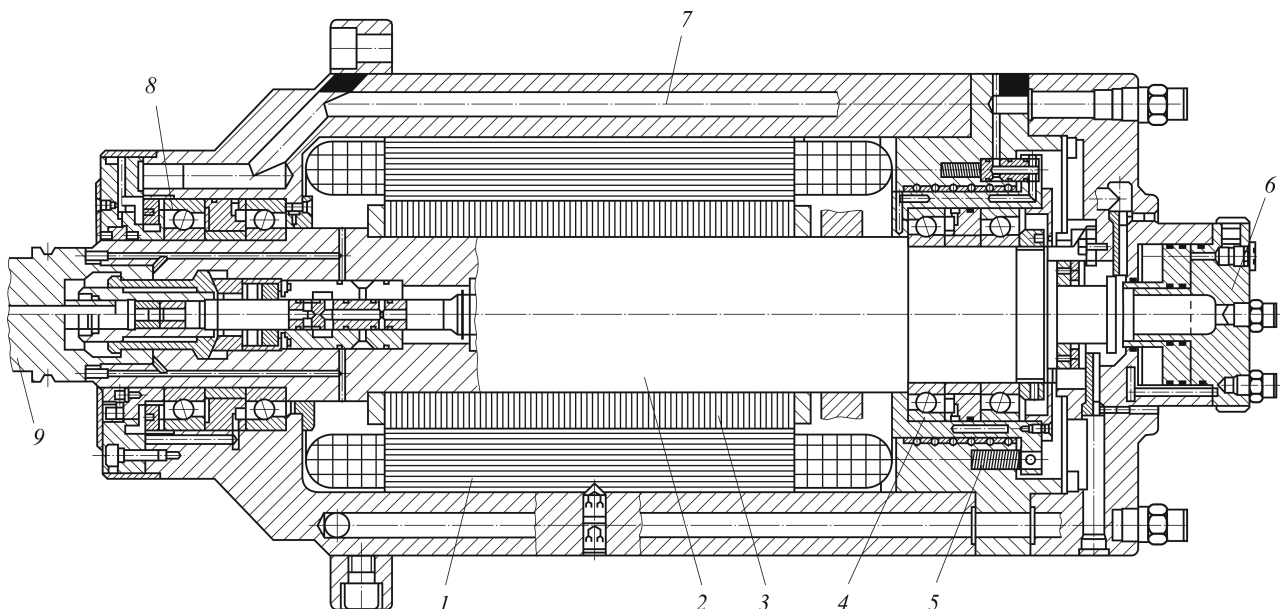


Рис. 2. Конструкция мотор-шпинделя фирмы IBAG (Швейцария):

- 1 — статор; 2 — шпиндель; 3 — ротор; 4 — задняя опора шпинделя; 5 — пружины для создания предварительного натяга в подшипниках задней опоры; 6 — гидроцилиндр с поршнем разжима оправки с режущим инструментом; 7 — каналы системы охлаждения мотор-шпинделя; 8 — передняя опора шпинделя; 9 — оправка с режущим инструментом

шипники, но они не обеспечивают высокие частоты вращения.

Важным для опор высокоскоростных мотор-шпинделей является их смазка. Для подшипников таких опор наиболее эффективна воздушно-маслянная смазка. В этом случае точно рассчитанное количество масла и воздуха подаются под давлением в специальный механический смеситель, откуда воздушно-маслянная смесь по трубкам поступает к подшипникам шпинделя.

Мотор-шпинделям необходима система эффективного охлаждения из-за повышенного выделения теплоты в статоре и в опорах шпинделя. Поэтому в них применяется принудительное охлаждения водой, подаваемой по каналам на минимальном расстоянии от обмоток статора и опор подшипников.

Поскольку мотор-шпиндели работают на высоких частотах, в них для более точной и надежной установки и крепления режущих инструментов в шпинделе станка используются оправки с укороченным конусным хвостовиком (типа HSK). Данные оправки базируются в конусном отверстии шпинделя одновременно по конусу и по плоскости за счет осевой податливости конической поверхности оправки и высокой точности ее изготовления.

Мехатронные узлы для приводов подач (линейные ЭД) выпускаются в трех вариантах:

- 1) плоские (или плоско-параллельные) линейные ЭД;
- 2) штоковые (трубчатые или цилиндрические) линейные ЭД;
- 3) U-образные (пазовые) линейные ЭД.

В настоящее время все более широкое применение в приводах подач металлорежущих станков с ЧПУ находят плоские линейные ЭД, которые обеспечивают необходимые усилия рабочих подач.

В качестве примера на рис. 3 показана схема плоского линейного трехфазного синхронного ЭД фирмы Siemens (ФРГ), выпускающей две модели плоских линейных ЭД мод. 1FN1 и мод. 1FN3. Данные ЭД состоят из первичной 2 подвижной части — статора в виде сердечников с обмотками и вторичной 4 неподвижной час-

ти — ротора с установленными на нем с определенным шагом постоянных магнитов с чередующейся полярностью из сплавов редкоземельных металлов, обладающих высокой коэрцитивной силой. Для снижения колебаний усилий при перемещении рабочего органа постоянные магниты устанавливаются под небольшим углом к направлению перемещения. Зубцы на сердечниках статора также имеют определенный шаг.

При подаче напряжения на обмотки статора в сердечниках возникает магнитное поле, которое взаимодействует с магнитами ротора, в результате чего создается движущая сила на рабочий орган станка.

Подвижная первичная часть таких ЭД имеет фиксированные размеры (см. рис. 3), а вторичная часть состоит из отдельных неподвижных блоков в зависимости от требуемой величины перемещения рабочего органа станка. Благодаря тому, что первичная часть заключена в цельнометаллический кожух из коррозионно-стойкой стали обеспечивается высокая механическая жесткость и хорошая защита от попадания загрязнений.

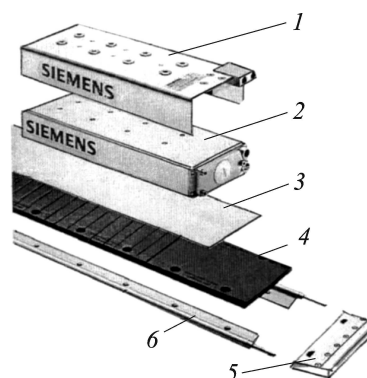


Рис. 3. Схема плоского линейного ЭД фирмы Siemens (ФРГ):

- 1 — особо точный радиатор системы охлаждения;
 2 — первичная часть (статор); 3 — кожух вторичной части; 4 — вторичная часть (ротор с постоянными магнитами); 5 — фланец вторичной части;
 6 — охлаждающий контур

По данным фирмы линейные ЭД мод. 1FN1 обеспечивают скорость до 240 м/мин, максимальное ускорение 20g и максимальное усилие до 15 000 Н; а линейные ЭД мод. 1FN3 —

скорость до 830 м/мин, максимальное ускорение 32g и максимальное усилие 20 000 Н [5].

Следует отметить, что при использовании соответствующих измерительных систем обратной связи с линейными измерительными преобразователями, а также соответствующих температурных условий, приводы с этими ЭД обеспечивают точность перемещения рабочих органов в диапазоне нанометров.

При необходимости получения очень большого тягового усилия можно поставить параллельно два линейных ЭД. При использовании приводов с наклонной осью или вертикально, лучше всего применять специальные противовесы, например, пневматические противовесы.

Приводы подач с линейными ЭД по сравнению с существующими имеют предельно простую конструкцию с бесконтактной передачей усилия, обеспечивают высокие скорости перемещений, прямой привод без каких-либо кинематических цепей преобразования вращательного движения в линейное, без люфтов, зоны нечувствительности. Такие приводы характеризуются также высокой надежностью и долговечностью работы. Их легче изготовить и ремонтировать, проводить техническое обслуживание.

Несмотря на указанные преимущества приводы подач с линейными ЭД по сравнению с существующими приводами подач (ЭД + муфта + ШВП) имеют ряд недостатков, задерживающих пока их широкое применение в современных станках с ЧПУ:

- наличие сил притяжения между первичной и вторичной частями ЭД, которые больше сил, образующихся в направлении подачи рабочего органа. Это приводит к дополнительной нагрузке на направляющие рабочих органов станка, что необходимо учитывать при выборе типа направляющих. Иногда это используется для создания предварительного натяга в направляющих;

- повышенное тепловыделение в обмотках статора, что требует обязательное охлаждение таких ЭД;

- намагничивание узлов станка;

- относительная трудоемкость при их монтаже на станке (необходим постоянный воз-

душный зазор между первичной и вторичной частями ЭД);

- малоэффективное использование возбуждаемого магнитного поля (например, по сравнению со штоковыми линейными ЭД).

Монтаж данных ЭД должен осуществляться на ровной, механически обработанной поверхности рабочего органа и станины, имеющих высокую жесткость с учетом получения зазора между ротором и статором на всей протяженности хода рабочего органа станка в пределах необходимого допуска.

Несмотря на указанные недостатки, плоские линейные ЭД в настоящее время выпускают многие зарубежные фирмы. Они находят все более широкое применение в металлорежущих станках с ЧПУ.

Схема построения штоковых (трубчатых или цилиндрических) линейных ЭД показана на рис. 4 [6]. В роторе в виде штока (стальной трубки) 1 помещены кольцевые постоянные магниты. Трубка охватывается статором 2, в котором размещены только обмотки (сердечники отсутствуют).

Такая схема построения штоковых линейных ЭД по сравнению с плоскими линейными ЭД имеет как ряд преимуществ, так и определенные недостатки [5, 6]. В частности эти ЭД характеризуются меньшим тепловыделением и более эффективным отводом теплоты (рис. 4, б). В них более эффективно используется магнитный поток постоянных магнитов (рис. 4, в). Их легче встраивать в привод подачи станка (по аналогии с приводом с ШВП).

Главным недостатком данных ЭД является гораздо меньшее создаваемое усилие подачи

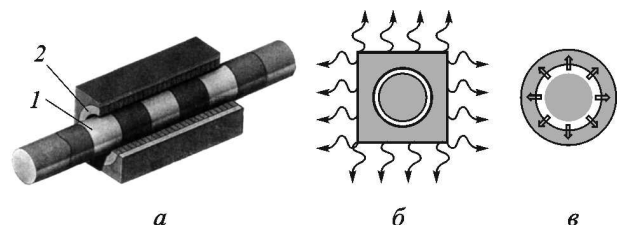


Рис. 4. Схема построения штоковых линейных ЭД:

а — конструктивная (1 — шток с постоянными магнитами; 2 — обмотки статора); б — отвода теплоты нагрева; в — распределения магнитного потока ротора

рабочего органа (из-за отсутствия сердечников в статоре). Эти ЭД имеют относительно тонкий шток с постоянными магнитами, который может деформироваться. В результате возникают разнонаправленные боковые биения, влияющие на точность перемещения рабочего органа станка. Чтобы тонкий магнитный шток меньше «гулял» рекомендуется его устанавливать в приводе станка с натягом, что вызывает также определенные проблемы. Штоковые линейные ЭД успешно применяются в различном технологическом оборудовании, где требуются небольшие усилия подачи рабочих органов (например, в электроэрозионных станках с ЧПУ и др.).

Важными узлами в многоцелевых станках с ЧПУ с горизонтальной и вертикальной компоновкой шпинделя являются поворотные и поворотно-наклонные столы для дополнительного получения к трем линейным координатным перемещениям рабочих органов еще двух круговых, что позволяет изготавливать на таких станках очень сложные детали. Варианты столов в виде готовых модулей для применения на конкретных станках с ЧПУ выпускает ряд специализированных фирм. Однако в большинстве конструкций данных поворотных и наклонно-поворотных столов в качестве привода используются регулируемые ЭД в основном в комплекте с прецизионными червячными передачами. В других механизмах для получения поворотных и вращательных движений применяются также зубчатые передачи, редукторы, ременные передачи.

С появлением встраиваемых высокомоментных поворотных ЭД стало возможным исключить из указанных приводов дорогостоящие прецизионные червячные передачи, а также зубчатые передачи, редукторы и ременные передачи. Поворот и наклон стола с заготовкой можно осуществлять непосредственно встроенными высокомоментными поворотными ЭД (см. рис. 1, д), которые в этом случае являются непосредственной конструктивной частью столов (рис. 5, а). В настоящее время ряд специализированных фирм уже выпускает такие ЭД.

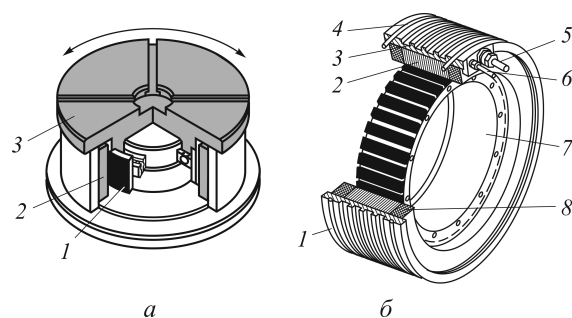


Рис. 5. Варианты выполнения поворотных и вращательных движений:

а — схема поворотного стола со встроенным высокомоментным ЭД (1 — ротор; 2 — статор; 3 — поворотный стол); б — конструктивная схема встраиваемого высокомоментного ЭД фирмы Siemens (1 — статор; 2 — наборный сердечник статора; 3 — каналы для охлаждения; 4 — уплотнение; 5 — силовой кабель; 6 — кабель подключения ИП измерения температуры нагрева; 7 — ротор с постоянными магнитами; 8 — обмотки статора)

В качестве примера на рис. 5, б показана конструктивная схема встраиваемого высокомоментного ЭД фирмы Siemens, предлагающей ряд ЭД мод. 1FW6 с диаметром статора от 230 до 730 мм при соответствующих диаметрах ротора от 140 до 524 мм. Это трехфазные синхронные ЭД с водяным охлаждением поставляются как монтажные элементы. Для полного модуля привода дополнительно необходимы подшипник и измерительный преобразователь для измерения угловых перемещений. Для установки в конструкцию стола статор и ротор с обеих сторон имеют фланцы с центровочными поверхностями и резьбовые отверстия.

Построение приводов на основе данных ЭД позволяет упростить конструкцию наклонно-поворотных столов, обеспечить более высокую точность и надежность их работы, получить более высокие динамические характеристики.

Использование мехатронных приводов в металлорежущих станках с ЧПУ находится пока на начальной стадии из-за целого ряда проблем, связанных с разнообразием их конструкций, способов изготовления и эксплуатации. Другими словами, начало их активного применения является характерным этапом, который проходят все инновации. Однако, учи-

таявая их большие преимущества, применение таких приводов в металлорежущих станках с ЧПУ с каждым годом будет расширяться.

Литература

- [1] Подураев Ю.В., Кулешов В.С. Принципы построения и современные тенденции развития мехатронных систем. *Мехатроника*, № 1, 2000, с. 5–10.
- [2] Neugebauer R., Denkena B., Wegener K. Mechatronic Systems for Machine Tools. *CIRP Annals — Manufacturing Technology*, 2007, vol. 56, no. 2, pp. 657–680.
- [3] Подураев Ю.В. От механики к мехатронике: ведущая тенденция развития современных производственных машин. *Приводная техника*, 2003, № 4, с. 16–20.
- [4] Abele E., Altintas Y., Brecher C. Machine tool spindle units. *CIRP Annals — Manufacturing Technology*, 2010, vol. 59, no. 59, pp. 781–802.
- [5] *Каталоги фирм: Siemens (ФРГ), Sodick (Япония), Etel (Швейцария), Bosch Rexroth (ФРГ), Fanuc (Япония), IBAG (Швейцария), Zollern (ФРГ), Fischer (Швейцария), Hiwin (Тайвань), Mitsubishi Electric (Япония), GMN (ФРГ), INA Drives * Mechatronics (ФРГ), JMC Hillstone (Япония).*
- [6] Захаров С., Зенкевич Ю. Цилиндрический линейный двигатель — очередной этап эволюции электроэрозионных станков. *Металлообработка*, 2012, № 4, с. 60–64.

References

- [1] Poduraev Iu.V., Kuleshov V.S. Printsipy postroeniia i sovremennye tendentsii razvitiia mekhatronnykh system

[Principles and current trends of mechatronic systems]. *Mekhatronika* [Mechatronics]. 2000, no. 1, pp. 5–10.

[2] Neugebauer R., Denkena B., Wegener K. Mechatronic Systems for Machine Tools. *CIRP Annals — Manufacturing Technology*, 2007, vol. 56, no. 2, pp. 657–680.

[3] Poduraev Iu.V. Ot mekhaniki k mekhatronike: vedushchaia tendentsiia razvitiia sovremennykh proizvodstvennykh mashin [From mechanics to mechatronics: leading the development trend of modern production machines]. *Privodnaia tekhnika* [Drive Technology]. 2003, no. 4, pp. 16–20.

[4] Abele E., Altintas Y., Brecher C. Machine tool spindle units. *CIRP Annals — Manufacturing Technology*, 2010, vol. 59, no. 2, pp. 781–802.

[5] *Katalogi firm: Siemens (FRG), Sodick (Iaponiia), Etel (Shveitsariia), Bosch Rexroth (FRG), Fanuc (Iaponiia), IBAG (Shveitsariia), Zollern (FRG), Fischer (Shveitsariia), Hiwin (Taiwan), Mitsubishi Electric (Iaponiia), GMN (FRG), INA Drives * Mechatronics (FRG), JMC Hillstone (Iaponiia)* [Catalogues Companies: Siemens (Germany), Sodick (Japan), Etel (Switzerland), Bosch Rexroth (Germany), Fanuc (Japan), IBAG (Switzerland), Zollern (FRG), Fischer (Switzerland), Hiwin (Taiwan), Mitsubishi Electric (Japan), GMN (FRG), INA Drives * Mechatronics (FRG), JMC Hillstone (Japan)].

[6] Zakharov S., Zenkevich Iu. Tsilindricheskii lineinyi dvigatel — ocherednoi etap evoliutsii elektroerozionnykh stankov [Cylindrical linear motor — the next stage of evolution of EDM machines]. *Metalloobrabotka* [Metalworking]. 2012, no. 4, pp. 60–64.

Статья поступила в редакцию 23.12.2013

Информация об авторе

СТАРОДУБОВ Виктор Семенович (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: utencov@bmstu.ru).

Information about the author

STARODUBOV Viktor Semenovich (Moscow) — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of «Metal-Cutting Machines» Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation, e-mail: utencov@bmstu.ru).



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана вышла в свет монография «Межфирменное взаимодействие высокотехнологичных предприятий», авторов А.Г. Гудкова, Е.Н. Горлачевой.

Рассмотрены актуальные проблемы механизма межфирменного взаимодействия высокотехнологичных предприятий при осуществлении инновационной деятельности. Представлены основные формы межфирменного взаимодействия, предложена организационно-экономическая модель управления, определены показатели оценки эффективности взаимодействующих предприятий и рассмотрен трансфер технологий. Определена стоимость на основе модели Блэка-Шоулза. Приведены примеры практической реализации механизма межфирменного взаимодействия высокотехнологичных предприятий.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;

press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru