

**УДК 621.941**

## **ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОТОР-ШПИДЕЛЕЙ В ПРИВОДАХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**

Сергей Олегович Востриков

*Студент 4 курса,*

*кафедра «Металлорежущие станки»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.Г. Ягопольский,*

*старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»*

Приводы современных технологических машин (металлорежущих станков, кузнечно-прессового оборудования, прокатных станков, литейных машин и др.) – это сложные электронно-механические устройства для передачи движения от источника (электродвигателя) к рабочим органам станка.

Все большее применение в главных приводах металлорежущих станков имеют мотор-шпиндели. Применение мотор-шпинделей обуславливается их соответствием всем требованиям к шпинделям технологических машин: точности оборотов (1-2% от номинальных), биению шпинделя (менее 1 мкм) и высокой жесткости шпинделя. Шпиндель же является основной частью металлорежущего станка и существенно влияет на показатели точности и производительности - оценим использование мотор-шпинделей.

Мотор-шпиндель - это шпиндельный узел металлорежущего станка, в который встроен электродвигатель, а вал двигателя является шпинделем станка.

На рис.1 изображен общий вид мотор-шпинделя.

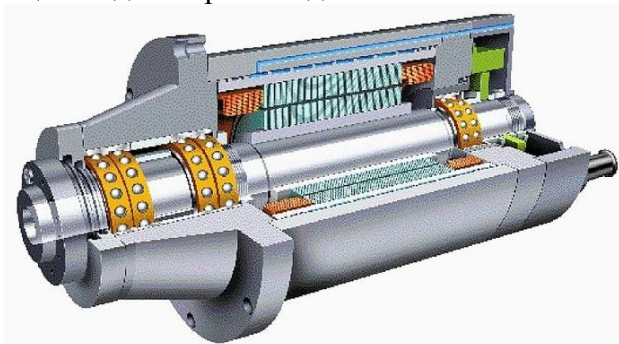


Рис.1 Вид современного мотор-шпинделя.

Широкое распространение мотор-шпиндели получили в прецизионных многоцелевых станках (фрезерно-расточных станках с ЧПУ, шлифовальных, токарных станках и др.). Электродвигатели применяются 2 типов: асинхронный и синхронный. Которые отличаются показателями мощности и частоты вращения.

На рис.2 изображена схема мотор-шпинделя.

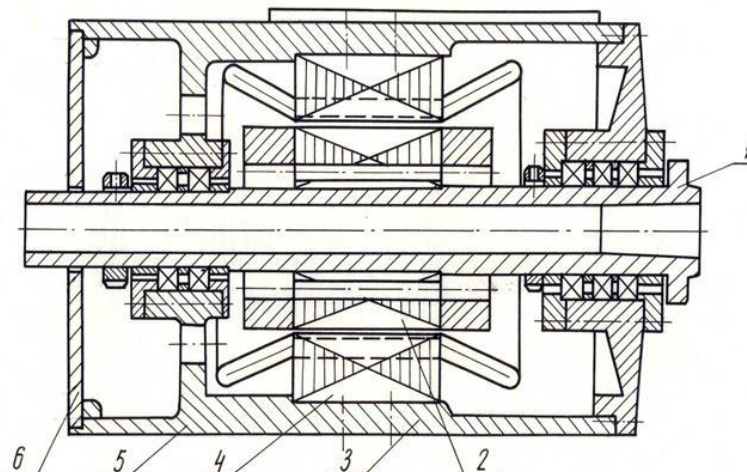


Рис. 2 Схема мотор-шпинделя:

1- шпиндель, 2- ротор, 3- корпус статора, 4- статор, 5- корпус, 6- задняя стенка.

Преимуществами мотор-шпинделей являются их малые габариты и вес, достигаемые специфической компоновкой двигателя и шпиндельного узла. Компоновкой достигается бесступенчатость регулирования частоты вращения, а также уменьшение размеров и веса шпиндельного узла за счет отсутствия коробки передач и других механизмов. Это же и позволяет сделать шпиндель почти бесшумным. В то же время такое устройство очень сложное и дорогое.

На рис.3 изображен типичный график мощности и момента мотор-шпинделя с асинхронным электродвигателем.

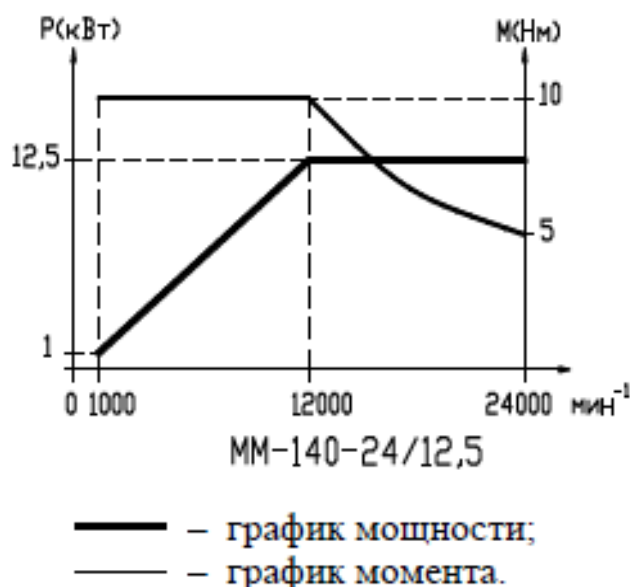


Рис.3 График мощности и момента мотор-шпинделя с асинхронным двигателем.

Основными узлами мотор-шпинделей являются высокоскоростные прецизионные подшипники, обеспечивающие высокую частоту вращения (до 80000 об/мин – у синхронного электродвигателя и до 24000 об/мин – у асинхронного) и динамическую грузоподъемность (до 20000 Н при  $d=50\text{мм}$ ). Но стоит учесть, что они также очень чувствительны к перегрузкам, следствием которых может стать преждевременный износ и даже разрушение шпиндельных опор. За счет новых технологий и применения новых материалов шариков подшипников (керамика) шпиндель может достигать высоких частот вращения (до 80000 об/мин). При этом опоры повышают виброустойчивость шпинделя, что часто сказывается на результатах работы

станка. При соблюдении всех требований по нагрузкам (в основном от сил резания), температурным (соблюдение температурного режима) и скоростным режимам (ограничение частоты вращения шпинделя) данные опоры позволяют доводить выработку подшипников до 40000ч.

Трудностями управления двигателями мотор-шпинделей является проблема векторного управления обмотками электродвигателей шпинделя, решаемая в системах ЧПУ - программированием систем векторного управления, смотреть рис.4.

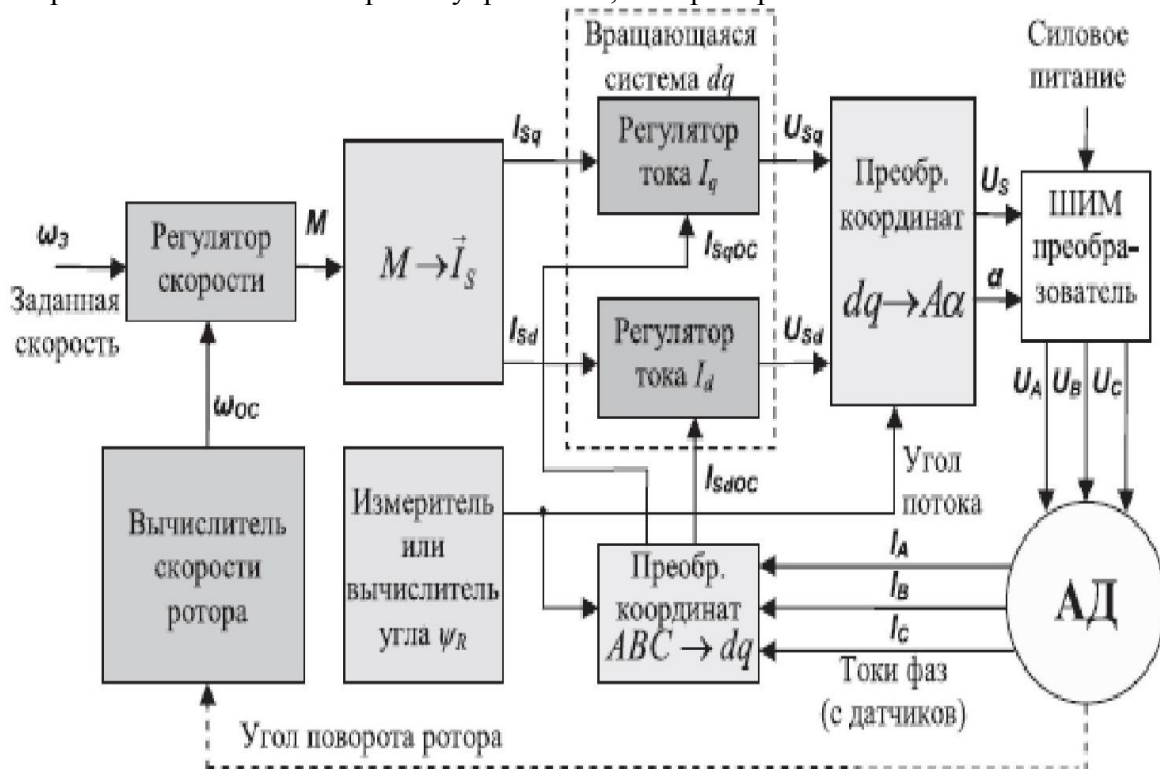


Рис.4 Упрощенная структура системы векторного регулирования.

Одними из главных проблем мотор-шпинделей является необходимость принудительного охлаждения и постоянного смазывания подшипниковых узлов. Охлаждение необходимо, потому что точность шпинделя зависит от температуры шпинделя и опор, на которые воздействует теплота от подшипников, теплота, выделяемая электродвигателем, и теплота от процессов трения и резания. Охлаждение осуществляется путем кондиционирования или путем водяного охлаждения водой или тосолом, смотреть рис.5.

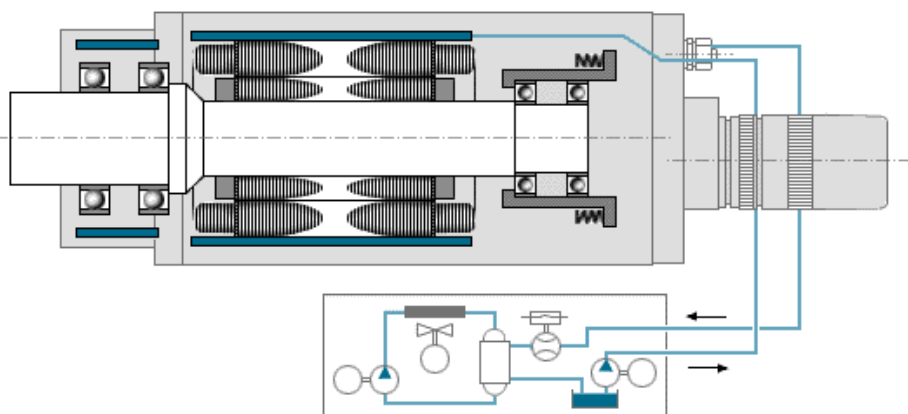


Рис.5 Система водяного охлаждения мотор-шпинделя.

Среди особенностей мотор-шпинделей выделяется сложность механического закрепления инструмента или детали с базированием по конусу HSK, обеспечивающем необходимое осевое центрирование и базирование по плоскости, которое позволяет уменьшить погрешность обработки от погрешности настройки инструмента. Для уменьшения биения и вибраций при высокоскоростной обработке необходимо использовать точный и дорогой инструмент, что также влияет на стоимость технологии.

Проведенная оценка позволяет сделать вывод о рациональности применения мотор-шпинделей в современных технологических машинах и развития этого типа приводов главного движения для все большего круга многоцелевых станков. В России пока малое внимание уделяется мотор-шпинделям, но в будущем скорее всего их использование и производство увеличится.

### Литература

1. Проектирование автоматизированных станков и комплексов: учебник в 2 т. / под ред. *П.М. Чернянского*. – 2-е изд., испр.-- М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
2. Металлорежущие системы машиностроительных производств: учебное пособие для вузов / под ред. *О.В. Таратынова*. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во МГИУ, 2006. — 488 с.
3. *Чернов Н.Н.*, Технологическое оборудование (металлорежущие станки): учебное пособие СПО – Ростов-на-Дону : Изд-во Феникс, 2009. –496 с.
4. *Королев Э. Г., Юденков Н. П., Арапов А. Н.* Мотор – шпиндели для станков с ЧПУ / Станки и инструмент. –1986. – № 2. – С. 8-9.