

ПЛАНАРНЫЕ И ШТОКОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Штоковые ЛД

Shaft Linear - штоковые (цилиндрические) линейные двигатели (ЛД) в ЭИ станках



Первый завод ЭИ станок со штоковыми линейными двигателями - JMT0F-2000

Штоковые ЛД производятся рядом компаний. Например, японский JMC Nishitomo совместно с Nippon Pulse Company (NPC). Производство - с 2008 г. Другие изготовители штоковых ЛД: LinMot, PVA Systems, Orientalmotor, Parker, Anatek, Delta и т.д.

Помимо названия shaft linear motor (штоковые ЛД) такие двигатели известны как "трубчатые" и "цилиндрические".

Штоковые ЛД разрабатывались для машины пневмо-, гидро- и ШВП-приводов в роботах-манипуляторах, штабелерах, сборочных платформах, а также мед- и спецоборудовании. Промышленные электроэлектронные станки - первое известное применение штоковых ЛД в станках вообще.

Штоковые ЛД имеют бессердечниковые катушки и, как результат, недостаточную тягу. Тяжким ЛД можно оснащать лишь виллы в середине модели ЭИ вырезных станков. Для прошивных станков такие двигатели не пригодны - штоковый ЛД попросту не водит и не таскает тяжелый электрод!

Главное достоинство штоковых ЛД:

Штоковые ЛД легко встроить на место ШВП-привода в существующие устройства (станки).

Но это, по сути, единственное достоинство!

Главные недостатки:

- дефицит тяги (ЭИ катушки - бессердечниковые!);
- проблемы с теплоотводом (это отсутствует!);
- разновидные блоки магнитного якоря и динамическая асимметрия зазора (вектор тяги плывет хаотично от направления подачи!);
- длинные конструкции (шток крепится лишь на концах иллы и периодически требует перенастройки).



Из-за продольных волн и неравномерности параметров магнитов в их частой шток при движении "выскакивает тягу!"

Sodick

Разработка электронсеровых (ЭИ) станков с линейными двигателями (ЛД) с 1990 г.



Серийное производство стартовало в 1998 г.

До 2000 г. производились лишь электронсеровые прошивные станки с линейными двигателями (ЛД) только по оси Z. С 2000 г. появились электронсеровые (ЭИ) проволочно-вырезные станки с ЛД по осям XY и прошивные с ЛД по осям XYZ.

С 2001 г. станки оснащаются ЛД по всем осям:

ЭИ координато-прошивные - по осям XY и Z
ЭИ проволочно-вырезные - по осям XY и UV

Линейные двигатели Sodick - собственная разработка компании, а также и собственное производство Sodick - вплоть до редкоземельных Nd-Fe-B магнитов.

Линейные двигатели Sodick - это плоские панели постоянных магнитов и блок электромагнитных (ЭИ) катушек, между которыми постоянный зазор = 0,4 мм. Двигатели устанавливаются параллельно плоскости перемещений. Условно их можно назвать "плоско-параллельными", однако более распространен термин планарные линейные двигатели.

Главные достоинства планарных ЛД Sodick:

- большая мощность и тяга благодаря сердечниковым ЭИ катушкам;
- идеальный теплоотвод - блок электромагнитных катушек крепится всей плоскостью на массивные элементы конструкции с высокой теплопроводностью;
- неизменный постоянный зазор = 0,4 мм;
- высочайшая динамическая точность в течение всей эксплуатации (вектор тяги максимально совпадает с направлением подачи!);
- надежность и долговечность, подтвержденные двумя с лишним десятилетиями успешной эксплуатации, особо характерна конструкцией.

Недостаток:

планарный ЛД нельзя встроить в обычный станок "под ШВП"; такие ЛД создаются "индивидуально" для станков, которые, в свою очередь, разрабатываются под эти ЛД и соответствующие им нагрузки.



Штوكовый ЛД встраивается в стенок на место ШВП. Тонкой магнитный шток толщиной чуть больше пальца легко деформируется, возникают резонанснонаправленные боковые биения, фатально влияющие на точность станка. Причин "тупанья" по меньшей мере две:

- 1) продольные волны, вызываемые силами сжатия и растяжения, которые порождаются неоднородностью плотности магнитных полей ЛД;
- 2) отклонения параметров отдельных магнитов на штоке, а также неоднородность параметров разных частей одного магнита – двух одинаковых магнитов не бывает!

"Тансты" магнитного штока рождает переменные резонанснонаправленные боковые нагрузки на направляющие. Направляющие рассчитаны на вертикальные нагрузки, но быстро изнашиваются и терпят точность, если нагрузки боковые. Чтобы тонкой магнитный шток меньше гулял, изготовители штокных ЛД предпочитают крепить магнитный шток клеевыми вставками (I) в опоры на стенке.

Насильно клеит этот шток? Как часто приходится "перезаглаживать" шток уже в рабочем станке?

Опасность люфтовых люфтов и танстов штока возрастает многократно, когда частота тансов колебаний совпадает с собственной резонансной частотой конструкции...

В любом станке имеется множество резонансных областей, которые зависят от физических характеристик и от измененной температуры. Ситуаций предостаточно!

Штокные ЛД безосердечниковые и демонстрируют **хронический дефицит тяги**. Известно, что сердечниковая ЭМ катушка создает магнитное поле на порядок ($\approx \times 100$) сильнее, чем генерирует безосердечниковая. Правда, коэффициент использования магнитного поля в штокных ЛД несколько выше (благодаря кольцевым магнитам и трубчатой конструкции) – примерно в 2 раза. Но это лишь частично компенсирует потери от отсутствия сердечника. Именно из-за недостатка тяги штокные ЛД не ставят в precision станки и большие precision-вырезные. Дефицит тяги порождает проблемы с плавностью на малых приращениях, когда отрабатываются подачи с μ микроновой дискретностью. Здесь штокный ЛД ведет себя, как трагический рыцарь маломощный перегруженный грузовой!



Компания Sodick начала разработку линейных двигателей в начале 90-х в оборотной скорости. У катушки уже был печальный опыт "замыливания".

Разработчики перепроверили и испытали на станках множество схем ЛД. Тестировались и конструкции с кольцевыми магнитами, как в вращающихся штокосциндрических ЛД. Все было забраковано, и только планарная (плоско-параллельная) схема ЛД оказалась идеальной для станка. Но с одной оговоркой: под приводы с планарными линейными двигателями необходимо заново создавать весь станок. По сути,

линейный станок Sodick с планарным ЛД - единая мехатронная система.

Машина, создаваемая заново, - это большое закрытие, но... дешевле хорошо не бывает! Это подтверждает опыт других станкостроительных компаний: практически все станки с ЛД (не электронные) ведущих мировых производителей используют линейные ЛД - другой проверенной временем альтернативы нет!

Сила взаимного притяжения между панелью постоянных магнитов и блоком электромагнитных катушек примерно в 8 раз больше той тяги, которая создается при работе ЛД в направлении подачи. Однако, если станок изначально проектируется для установки такого ЛД, проблема решается сама собой: жесткость легких конструкций значительно выше той сил, которые возникают при работе ЛД, а нагрузки приходится на направляющие, которые на эти нагрузки как раз и рассчитаны. Нагрузки на направляющие - только вертикальные или в направлении, перпендикулярном плоскости ЛД. Боковые нагрузки при работе планарных ЛД отсутствуют. И это гарантирует сохранение первоначальной точности позиционирования по крайней мере на 15-20 лет.

В линейных станках Sodick используются сердечниковые ЛД. Магнитные сердечники усиливают магнитные поля и тягу на порядок. Безосердечниковые ЛД применяются лишь для высокопрецизионных станков, но по два и более на одну ось.