

УДК 621.9.06-025.13(076.5)(075.8)

Ш. Ф. Турумов, магистрант; Я. Мелибаев, магистрант
(Таш.ГТУ им. А. Каримова, г. Ташкент)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДУЛЯ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА

Приведены сведения об особенностях проектирования шпиндель-мотора и его программно-адаптивном управлении, рассмотрены вопросы обеспечения эффективной эксплуатации станка.

Технологические возможности многоцелевых станков в значительной степени определяются приводом главного движения и конструкцией шпиндельного узла. К возможным вариантам привода модуля главного движения современных многоцелевых станков относятся:

- регулируемый электродвигатель совместно с коробкой передач;
- шпиндель-мотор.

В случае применения первого варианта целесообразно использование коробки передач в виде переборного устройства, что позволяет исключать использование зубчатых передач при работе шпинделя в зоне повышенных частот вращения. В частности, по такому принципу построен модуль главного движения многоцелевого токарного станка мод. 160НТ. В качестве коробки передач в данном случае использована двухскоростная планетарная коробка передач наибольшая частота шпинделя составляет 6000 мин^{-1} . Наличие ременной передачи, в качестве последней в приводе, позволяет обеспечить высокую плавность вращения шпинделя.

В данном случае обеспечивается повышенный диапазон регулирования частот вращения шпинделя с постоянной мощностью. Невысокая стоимость привода обусловлена возможностью использования регулируемого электродвигателя постоянного тока.

Реализация второго варианта привода предусматривает применение статора и ротора регулируемого асинхронного электродвигателя, что обеспечивает получение более высоких частот вращения шпинделя, но при меньшем диапазоне регулирования с постоянной мощностью. Увеличение данного диапазона возможно за счет выбора электродвигателя с повышенной мощностью.

Ниже, в качестве примера, приведены сведения о разработанном модуле главного движения токарного станка с ЧПУ для изготовления группы деталей типа «кронштейн». На основе анализа технологических условий использования данного модуля определены основные технические характеристики: $n_{\text{мин}} = 90 \text{ мин}^{-1}$; $n_{\text{макс}} =$

9600 мин⁻¹; номинальная мощность $P_3 = 4,5$ кВт. В качестве аналога принят модуль станка мод.160НТ.

При разработке структуры модуля с учетом известных результатов исследований уточнены алгоритм управления модулем для выполнения требуемых переходов обработки на проектируемом станке:

- изменение ускорения и торможения в процессе пуска и торможения вращательного движения с учетом колебаний шпиндельного узла для сокращения времени переходных процессов и повышения производительности;
- изменение скорости вращения шпинделя и поддержание ее на определенном уровне с учетом оптимальной температуры резания для достижения повышенной стойкости и точности обработки.

С использованием классификации функциональных подсистем станочных модулей определены функциональные подсистемы разработанного модуля, обеспечивающие выполнение установленных алгоритмов управления переходами обработки.

Разработанный модуль отличается от соответствующего модуля станка-аналога наличием подсистем:

- УБ21, ТБ21-подсистем обеспечения управляемого ускорения и торможения с программно-адаптивным управлением, для реализации работы которых необходимы датчик ускорения и датчик колебаний;
- ИС24 – подсистемы изменения скорости резания в процессе обработки, для реализации работы которой необходимы датчик скорости и датчик температуры резания.

Структура модуля главного движения, представляющего собой шпиндель-мотор, показано на рисунке 1.

Для разработанного привода модуля главного движения в виде шпиндель-мотора по требуемой мощности соответствует электрическая часть асинхронного двигателя фирмы SIEMENS серии 1PH7 типа 103-2ND с мощностью $P_3 = 4,5$ кВт. В целях обеспечения повышенного диапазона регулирования с постоянной мощностью принята электрическая часть электродвигателя серии 1PH7 типа 107-2NF с основными характеристиками: $n_{э\max} = 12000$ мин⁻¹; $n_{э\ном} = 1000$ мин⁻¹; $P_{э1} = 9$ кВт.

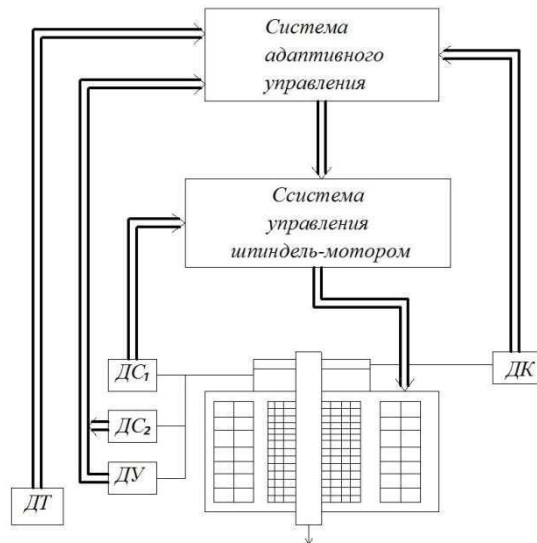


Рисунок 1 – Структура модуля главного движения

На рисунке 2 приведен условный график частот вращения шпиндель-мотора, выполняющего функции привода модуля главного движения. Показаны используемые частоты вращения ротора электродвигателя. Расчетная частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = n_{\text{мин}} \cdot R_n^{0.25}.$$

Она соответствует 289 мин^{-1} .

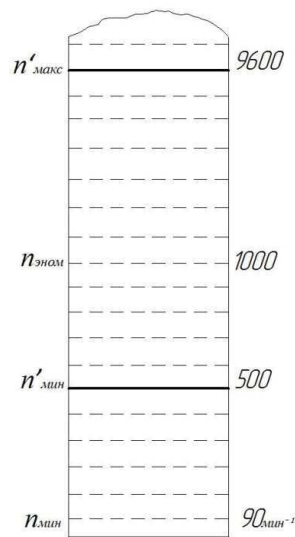


Рисунок 2 – График частот вращения вала шпиндель-мотора

При эксплуатации станка в диапазоне частот вращения шпинделя n_p - $n_{\text{эном}}$ коэффициент падения мощности k_1 обусловлен уменьшенным значением расчетной частоты вращения шпинделя по сравнению с номинальной частотой вращения вала электродвигателя:

$$k_1 = \frac{n_p}{n_{\text{ЭНОМ}}}$$

Для увеличения данного коэффициента принята электрическая часть приводного двигателя с повышенной мощностью

$$k_1 = \frac{n_p}{n_{\text{ЭНОМ}}} \cdot \frac{P_{\text{Э1}}}{P_{\text{Э}}}$$

В данном случае при $P_{\text{Э1}} = 9$ кВт, $k_1 = 0,58$.

Изменение мощности и крутящего момента на валу шпиндель-мотора в зависимости от частоты вращения показано на рисунке 3.

Для принятого двигателя диапазон регулирования с постоянной мощностью увеличивается соответственно степени повышения мощности.

При эксплуатации модуля станка в диапазоне частот вращения шпинделя n_p - $n_{\text{ЭНОМ}}$, которая характеризуется пониженной мощностью, необходимо уменьшение подачи, что приводит к снижению производительности обработки детали.

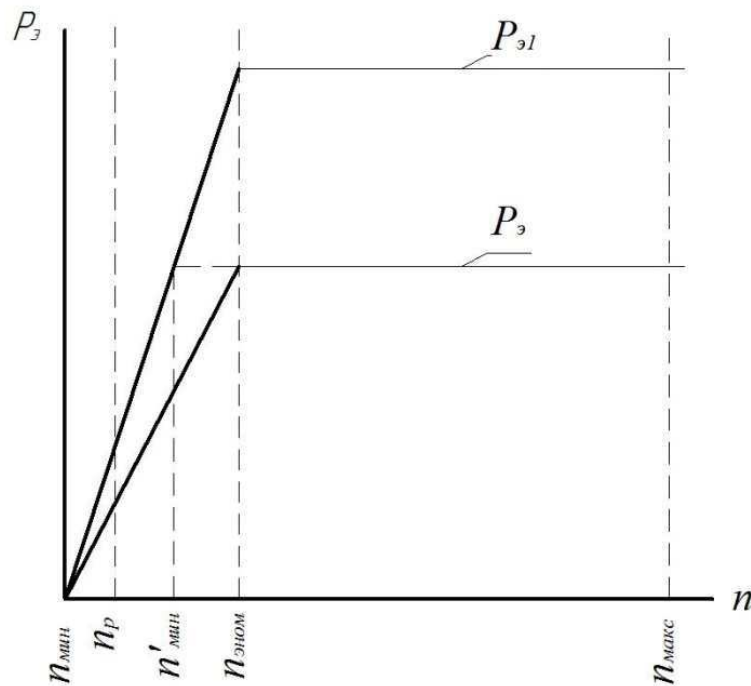


Рисунок 3 – Изменение мощности и крутящего момента на валу шпиндель-мотора в зависимости от частоты вращения

К преимуществам шпинделя с коробкой передач относятся:

- сравнительно низкая стоимость;
- повышенный диапазон частот вращения шпинделя с постоянной мощностью.

Недостатки данного привода:

- ограниченная скорость вращения шпинделя, что обусловлено применением механических соединений, ременной передачи;

- возникновение повышенных вибраций из-за зубчатых передач;

- повышенные габариты привода шпинделя.

Преимуществами шпиндель-мотора являются:

- отсутствие дополнительных устройств передачи крутящего момента, так как шпиндель объединен с двигателем;

- более компактное расположение и меньшие габариты привода;

- повышенные возможности обеспечения высокой частоты вращения шпинделя, что создает возможность расширения группы обрабатываемых деталей и применения высокоскоростной обработки.

К недостаткам шпиндель-мотора относятся:

- небольшая мощность и производительность при обработке деталей с частотой вращения шпинделя ниже номинальной.

- сравнительно большая стоимость.

В данном случае, благодаря адаптации к условиям обработки, достигается повышенная производительность, и точность обработки деталей за счет короткого времени пуска, торможения и оптимальной скорости резания.

Выводы: 1. В случае преимущественного использования станка для силового резания целесообразно использование модуля главного движения с регулируемым электродвигателем постоянного тока и с коробкой передач (переборным устройством).

2. Для высокоскоростной обработки деталей перспективным является применение модуля главного движения в виде шпиндель-мотора с основной эксплуатацией в режиме – с частотой вращения шпинделя, превышающей номинальную частоту, и с адаптацией к условиям работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлорежущие станки: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы» направления подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»; в 2-х т. / под ред. Бушуева В.В. – Москва: МАШИНОСТРОЕНИЕ. 2011. Т.1. – 608 с. Т.2. – 584с.

2. Каталог станков. ОАО НПО «Станкостроение», 2010 г.

3. Подсистема САПР «Шпиндель». МГТУ «Станкин», 2002 г.