

УДК 681.5

О.Н. Федонин, Д.И. Петрешин, А.В. Агеенко, В.А. Хандожко

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДОВ ПОДАЧ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕРИИ CSD

Предложен способ модернизации приводов подач токарных станков с ЧПУ. Проведен сравнительный анализ электропривода постоянного тока и вентильного электропривода. Предложена функциональная схема системы управления приводами подач токарно-револьверного станка с ЧПУ модели 1В340Ф30.

Ключевые слова: электродвигатель, электропривод постоянного тока, вентильный электропривод, токарный станок с ЧПУ, модернизация.

Анализ станочного парка предприятий Российской Федерации показывает, что большинство токарных станков с числовым программным управлением (ЧПУ) – это станки 80-х гг. выпуска, имеющие как физический, так и моральный износ, снижающий их точность. Кроме того, в процессе эксплуатации токарного станка с ЧПУ происходит изменение его состояния и, как результат, частичная потеря его точности [1, 6].

Если физический износ механической части можно устранить проведением капитального ремонта, включающего восстановление направляющих, замену деталей шпиндельного узла, ходовой части приводов и т.д., то моральный и физический износ систем управления можно устранить только модернизацией, включающей замену системы управления приводами подач [7].

В качестве системы управления приводами подач в токарных станках с ЧПУ использовался следящий электропривод на базе коллекторного двигателя постоянного тока (ДПТ). Например, на токарно-револьверном станке с ЧПУ модели 1В340Ф30 установлен следящий тиристорный электропривод типа ТНР [4]. В состав данного электропривода входят электродвигатель серии РЕ 4-К7712 и система управления этим электродвигателем типа ZSO, состоящая из тиристорного преобразователя, блока контактной аппаратуры управления, защиты и сигнализации, силового трансформатора, уравнивающих дросселей. Структурная схема электропривода представлена на рис. 1.

Техническая характеристика электродвигателя РЕ 4-К7712:

Номинальный момент, Н·м.....	10
Номинальный ток, А.....	15,7
Номинальное напряжение, В.....	133
Максимальный момент при заторможенном вале, Н·м.....	116,62
Максимальный динамический ток электродвигателя при скорости вращения, близкой к нулю, А.....	125
Номинальная частота вращения, об/мин.....	600
Максимальная частота вращения, об/мин.....	1500
Момент инерции, кг·м ²	0,0214
Масса двигателя, кг.....	27

Преобразователь выполнен по одноконтурной схеме с регулятором. Предусмотрены нелинейное токоограничение, ограничение максимальной величины тока якоря, защита от пропадания фаз силового питающего напряжения.

Высокомоментный ДПТ соединен с ходовым винтом через ременную передачу с передаточным отношением 1 и соединительную муфту. Шаг ходового винта привода продольных подач - 10 мм, а привода поперечных подач – 5 мм.

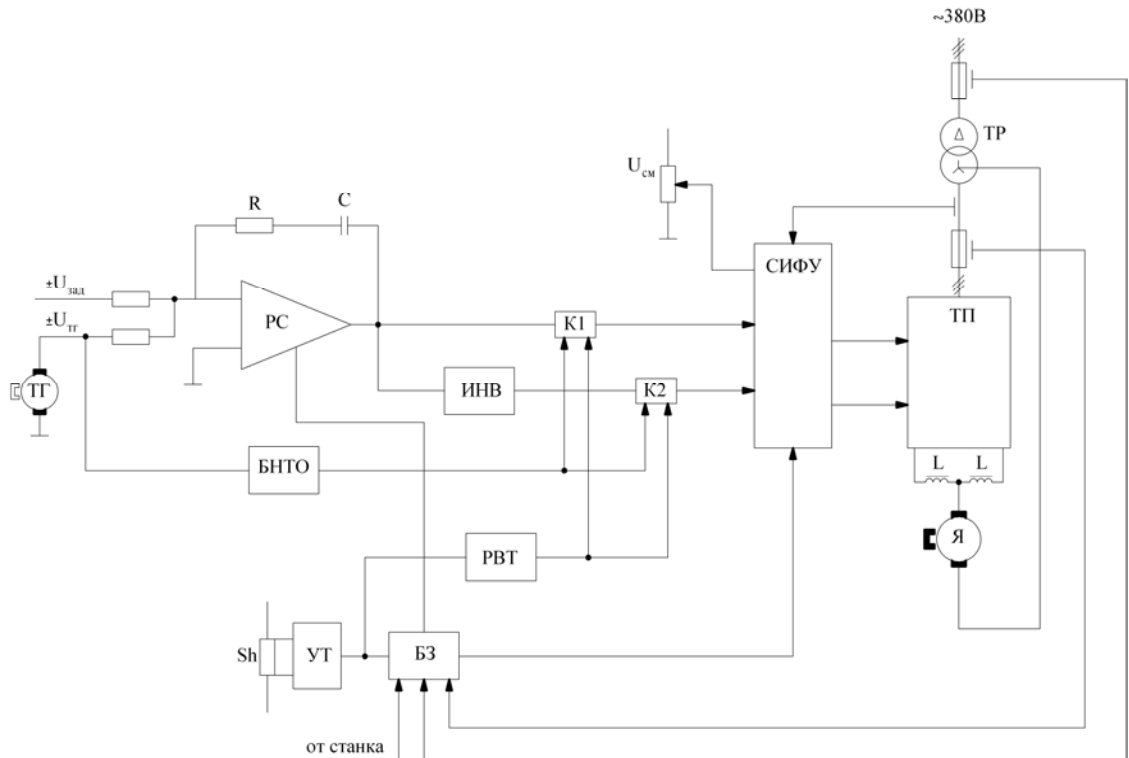


Рис. 1. Структурная схема следящего электропривода типа ТНР:
 РС - регулятор скорости; ИНВ - инвертор; К1, К2 - ключи; СИФУ - система импульсно-фазового управления; БНТО - блок нелинейного токоограничения; УТ - усилитель тока; Sh - шунт; РВТ - регулятор максимальной величины тока; БЗ - блок защиты; ТП - тиристорный преобразователь; ТР - силовой трансформатор; L - уравнильный дроссель; Я - электродвигатель; ТГ - тахогенератор

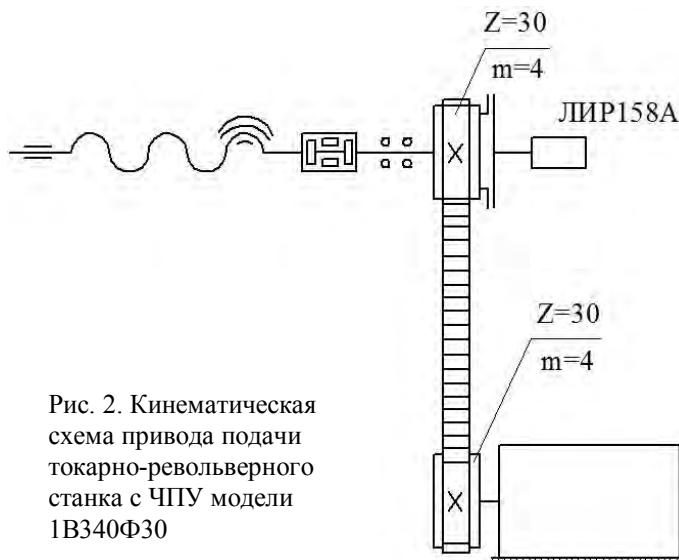


Рис. 2. Кинематическая схема привода подачи токарно-револьверного станка с ЧПУ модели 1В340Ф30

Движение от ходового винта передается на продольный и поперечный суппорты через шарико-винтовую передачу (ШВП) (рис. 2). С ШВП через муфту соединен датчик положения (ДП). В качестве ДП используется оптический инкрементный датчик ЛИР158А [5], преобразующий угловое перемещение винта в последовательность импульсов. Импульсы передаются в устройство ЧПУ модели NC201M.

Частота вращения якоря ДПТ с возбуждением от постоянных магнитов регулируется изменением напряжения питания. Для регулирования величины

напряжения питания изменяют длительность проводящего состояния тиристора путем изменения фазового угла открывания тиристора [2]. Эту задачу решает СИФУ (рис. 1).

Преимущество использования коллекторного ДПТ – создание высокого момента на валу электродвигателя. Также в качестве преимуществ необходимо отметить достаточно высокую жесткость электромеханической характеристики ДПТ (рис. 3) и, как следствие, достаточно высокую стабильность скорости.

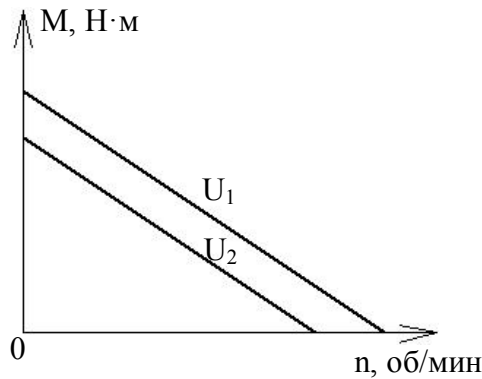


Рис. 3. Зависимость момента от частоты вращения ДПТ

возможно путем замены электроприводов на базе ДПТ следящими вентильными электроприводами.

В состав вентильного следящего электропривода входят преобразователь и вентильный электродвигатель (ВД). В ВД отсутствует механический коллектор, его функции выполняет полупроводниковый инвертор, а функцию щеток – датчик положения ротора. Функциональная схема ВД представлена на рис. 4.

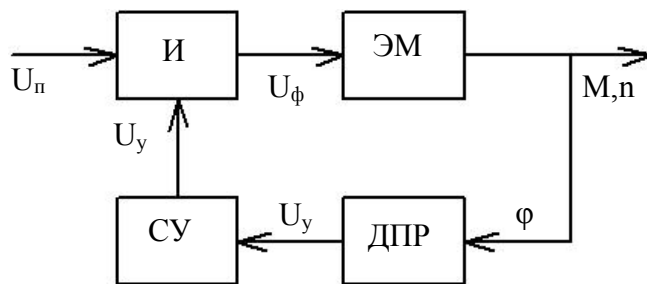


Рис. 4. Функциональная схема ВД:

И – инвертор; ЭМ – электромеханическая машина; СУ – система управления; ДПР – датчик положения ротора; U_n – питающее напряжение; U_ϕ – напряжение СИФУ; U_y – управляющее напряжение; M – момент на валу ВД; n – частота вращения вала ВД; ϕ – угол поворота вала ВД

К недостаткам коллекторного ДПТ относятся:

1. Нестабильность параметров двигателя, вызванная изменением состояния щеточно-коллекторного контакта.

2. Невысокая надежность и ресурс. В среднем 25% отказов у коллекторных ДПТ происходит из-за выхода из строя щеточно-коллекторного узла.

3. Возможность искрения на коллекторе [2].

Как видно, все недостатки использования ДПТ связаны с наличием коллектора.

Исключение указанных недостатков

возможно путем замены электроприводов на базе ДПТ следящими вентильными электроприводами.

В ВД ротор должен вращаться синхронно с вращающимся полем статора. Для вращения поля статора необходимо переключать фазные обмотки статора в такой последовательности, чтобы вектор потока статора вращался перед потоком ротора.

Чтобы знать, какую фазу нужно подключать к источнику питания, необходимо знать текущее положение полюсов ротора (вектора потока возбуждения) относительно осей фаз. Эта информация поступает с ДПР.

Информация с ДПР обрабатывается системой управления, и формируются сигналы управления ключами, которые и обеспечивают включение и отключение

ключей и соответствующих фаз в нужной последовательности.

Таким образом, при повороте ротора происходит переключение обмоток, вектор потока статора поворачивается на следующий шаг, и ротор продолжает вращаться синхронно с полем [2].

Силовые ключи могут быть выполнены на IGBT - транзисторах, которые представляют собой комбинацию биполярного и полевого транзисторов. В качестве ДПР может использоваться фотоэлектрический датчик [8].

Для управления переключением силовых ключей используется микропроцессорное управление на базе контроллера, имеющего управляющую программу.

Таким образом, ВД сохраняет все преимущества коллекторного ДПТ, в том числе характеристики (рис. 3), и устраняет его недостатки.

В связи с этим в условиях кафедры «Автоматизированные технологические системы» Брянского государственного технического университета была проведена модернизация

приводов подач токарно-револьверного станка с ЧПУ модели 1В340Ф30. Вместо следящих тиристорных электроприводов ТНР были установлены следящие вентильные электроприводы CSD-DH16-165NYS-L-20-16,0, имеющие следующие основные параметры:

Вид преобразователя.....	Транзисторный
Обратная связь	По скорости, по положению
Направление движения.....	Реверсивный
Диапазон регулирования скорости	От 1000 до 10000 включительно
Датчик обратной связи.....	Комбинированный инкрементный оптоэнкодер
Период оборота:	
ДПР.....	3Р
датчика скорости.....	3000 имп/об
Вход управления.....	Аналоговый, цифровой
Связь с персональным компьютером.....	Интерфейс RS-232

В состав электропривода входит вентильный электродвигатель серии NYS. Техническая характеристика электродвигателя 165NYS-L-20-16:

Номинальный момент, Н·м.....	18,9
Номинальный ток, А.....	8
Напряжение питания привода, В.....	380
Максимальный момент, Н·м.....	84
Максимальный ток, А.....	40
Номинальная частота вращения, об/мин.....	2000
Номинальная мощность, кВт.....	4
Момент инерции, кг·м ²	0,00524
Масса двигателя, кг.....	18

Следящий вентильный электропривод может обеспечивать работу в трех режимах: контроль по положению, контроль по скорости и контроль по току (моменту). Функциональная схема электропривода приведена на рис. 5. Регулирование по положению возможно с помощью инкрементного оптоэнкодера, установленного на валу ротора электродвигателя. Оптоэнкодер может выполнять функции как ДПР, так и датчика угловых перемещений. При этом оптоэнкодер преобразует измеряемое перемещение в последовательность электрических сигналов, которая несёт в себе информацию о величине и направлении перемещения.

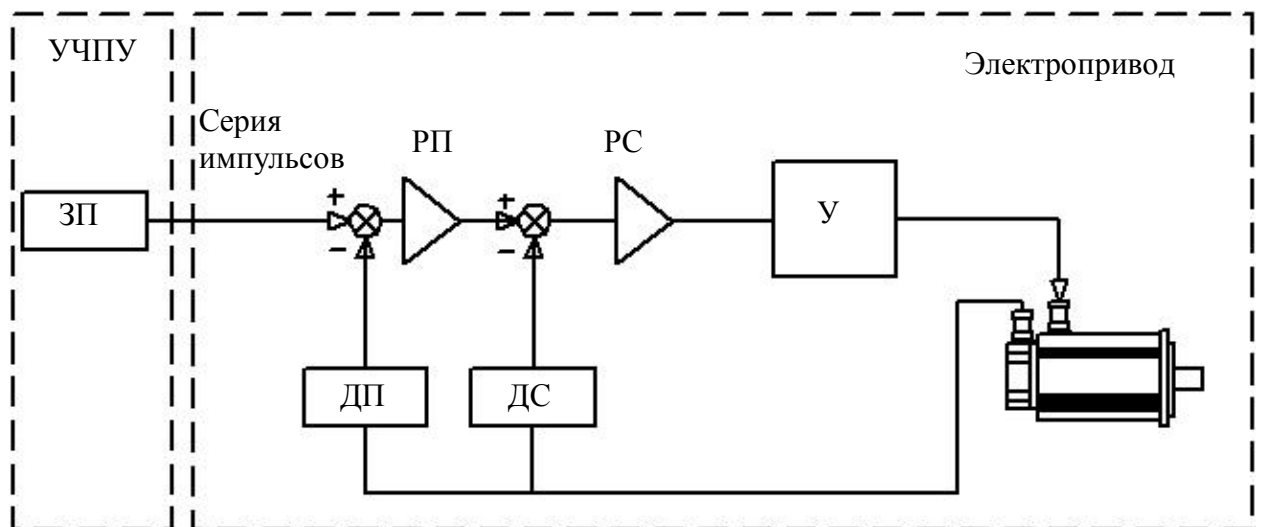


Рис. 5. Функциональная схема электропривода в режиме контроля по положению:
 ЗП – задание позиции; РП – регулятор позиции; РС – регулятор скорости; У – усилитель; ДС – датчик скорости; ДП – датчик положения

Данную схему целесообразно применять, когда электродвигатель устанавливается непосредственно на ходовом винте ШВП (рис. 6). Если электродвигатель устанавливается в соответствии с рис. 2, то такая схема (рис. 5) дает дополнительную погрешность, вносимую ременной передачей. Эта погрешность непосредственно скажется на точности позиционирования приводов подачи станка.



Рис. 6. Размещение электродвигателя на ходовом винте ШВП: М – электродвигатель; ДП – датчик положения

Так как кинематическая схема станка 1В340Ф30 соответствует рис. 2, то в данном случае целесообразно применять функциональную схему системы управления приводами подачи станка, показанную на рис. 7.

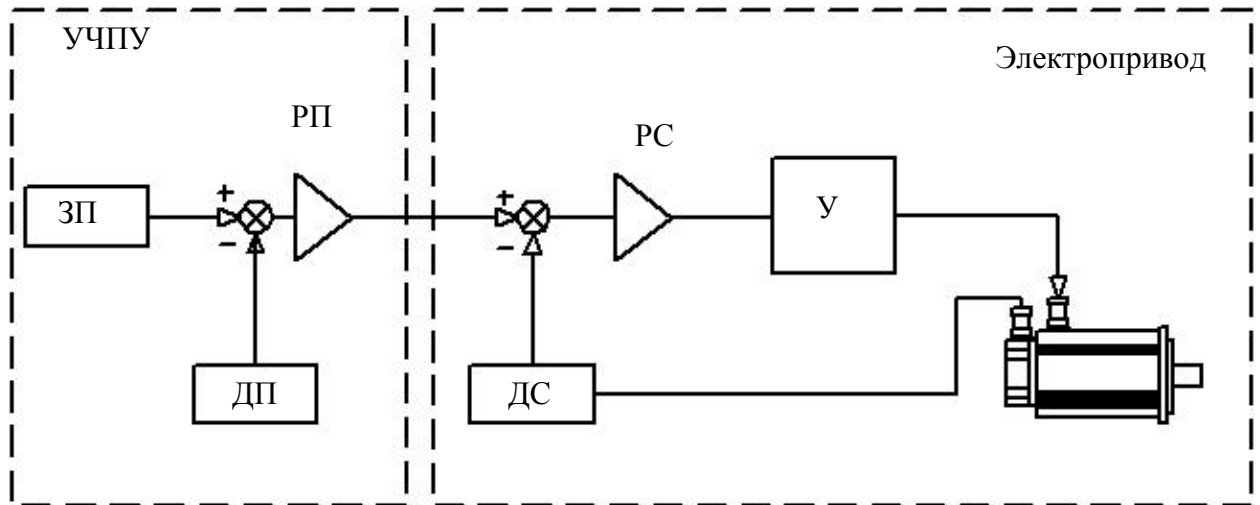


Рис. 7. Функциональная схема электропривода в режиме контроля по скорости

В этом случае скорость регулируется с помощью электропривода, а положение привода - с помощью устройства числового программного управления (УЧПУ). Положение винта ШВП контролируется с помощью фотоэлектрического датчика, установленного на винте посредством соединительной муфты.



Рис. 8. Модернизированная система управления приводами подачи станка с ЧПУ модели 1В340Ф30

На рис. 8 представлена система управления приводами подачи токарно-револьверного станка с ЧПУ модели 1В340Ф30.

В качестве магнитного материала ротора ВД используется высоконасыщенный сплав NdFeB. Применение данного материала позволяет значительно повысить магнитную проницаемость воздушных зазоров и получить оптимальные скоростные характеристики. Всё это позволяет уменьшить габариты двигателя, понизить его массу и повысить соотношение мощность - масса. Так, условно для коллекторного ДПТ на 1 кг массы двигателя приходится 0,06 кВт мощности, а для ВД – 0,22 кВт мощности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеенко, А.В. Методика настройки параметров УЧПУ токарных станков для обеспечения заданной точности контура детали / А.В. Агеенко // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. - Орел: ГУ-УНПК, 2011. - №5. - С.67-73.
2. Гульков, Г.И. Системы автоматизированного управления электроприводами: учеб. пособие / Г.И. Гульков, Ю.Н. Петренко, Е.П. Раткевич, О.Л. Симоненкова. – Минск: Новое знание, 2004. – 384 с.
3. Техническая документация на станок 1В340Ф30.
4. Тиристорные приводные системы с сервомеханизмами серии TNP/C, управляющие устройства (командоаппараты) для станков серии ZSO/C. Эксплуатационно-техническая документация.– Польша: Bielsko-Biata, 1984. – Ч.2. - 45 с.
5. Федонин, О.Н. Модернизация металлообрабатывающих станков, применяемых в условиях автоматизированного производства / О.Н. Федонин, Д.И. Петрешин, В.А. Хандожко, А.В. Агеенко // *Вестн. Брян. гос. техн. ун-та*. - 2009.- №3.- С.57-59.
6. Федонин, О.Н. Повышение точности токарных станков с ЧПУ / О.Н. Федонин, Д.И. Петрешин, В.А. Хандожко, А.В. Агеенко // *Наукоемкие технологии в машиностроении*. – М.: Машиностроение, 2012.- №5 .- С.36-43.
7. Федонин, О.Н. Учет погрешностей системы управления в балансе точности токарного станка с ЧПУ / О.Н. Федонин, Д.И. Петрешин, А.В. Хандожко, А.В. Агеенко // *Вестн. Брян. гос. техн. ун-та*. - 2013.- №3.- С.55-57.
8. Электроприводы серии CSD-DH-NYS. Руководство по эксплуатации. – СПб.: Балт-Систем, 2013. - 60 с.

Материал поступил в редколлегию 11.11.14.