**Система управления сервоприводами фрезерного станка**

***Чжан Хаоди***

*Студент (магистр)*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*Институт русского языка и культуры, Москва, Россия*

*E-mail: [zhanghaodi8979@gmail.com](mailto:zhanghaodi8979@gmail.com)*

В глобальном масштабе машиностроительная отрасль переживает стремительный рост, и в ближайшее десятилетие требования к производственному сектору станут еще более строгими. Этот тренд обусловлен стремлением к балансу между точностью, функциональностью и скоростью производства, а также вызовами, связанными с ростом затрат на рабочую силу и большим спросом на недорогие товары массового производства. Поэтому расширение автоматизации в области приводных механизмов стало первоочередной задачей.

Для решения этих вызовов был предложен ряд мер, направленных на повышение уровня автоматизации в сфере машиностроения, обеспечивая тем самым высокую производительность и качество современного металлообрабатывающего оборудования. В основе данного исследования лежит развитие технологий управления фрезерными станками на базе микропроцессоров, способствующее переходу традиционных фрезерных станков на микропроцессорное и числовое программное управление (ЧПУ) [2, 3]. Этот переход не только снижает зависимость от традиционной рабочей силы, но и повышает производственную эффективность, ускоряя экономическое развитие в целом. Кроме того, была оптимизирована чувствительность стандартного оборудования с разомкнутым контуром к инерции и нагрузочным помехам, предотвращая накопление неточностей обработки. Также предполагается внедрение передовых систем управления, которые позволят традиционному производству постоянно повышать точность, снижать ошибки и минимизировать контакт работников с оборудованием в сложных эксплуатационных условиях, что уменьшит вероятность возникновения профессиональных заболеваний и исключит потенциальные риски работы оборудования.

На первом этапе была разработана автоматизированная система управления электроприводом фрезерного станка [1, 5], которая в реальном времени корректирует траекторию движения XPR, UPR и ZPR координат, учитывая заданную рабочую траекторию, а также предельные скорости движения рабочего стола и заготовки. Прямое управление приводом гарантирует, что фактические отклонения по осям x, y, z всегда остаются в пределах заданной точности. Поскольку движение должно быть воспроизведено с высокой точностью, система функционирует на основе методов обратной связи. В процессе управления измеряются фактические значения смещения по осям x, y, z, которые затем сравниваются с целевыми параметрами, формируя сигнал ошибки, после чего, согласно заранее заданным правилам, генерируется управляющий сигнал, усиливается и передается на двигатель для выполнения движения.

Для обеспечения высококачественного контроля система оснащена датчиками, отслеживающими точность движения, а также коррекционными устройствами, управляемыми сигналами с датчиков. Простая схема последовательной коррекции является сложной в реализации и подвержена влиянию изменений характеристик обрабатываемых объектов. С учетом этих особенностей было предложено более оптимальное решение: внедрение параллельного коррекционного элемента в локальный контур обратной связи, который автоматически регулируется в зависимости от скорости двигателя и момента инерции нагрузки. Момент инерции изменяется в зависимости от массы заготовки: при отсутствии заготовки он минимален, а при максимальном весе детали достигает пикового значения.

На следующем этапе была реализована высокофункциональная система управления электроприводом вертикального фрезерного станка на основе микропроцессора. Эта система включает модуль вычисления координат и временного регулирования, а также три замкнутых контура управления. В каждом контуре управления имеются датчики движения и скорости, а также используются ШИМ-преобразователи, мощные двигатели постоянного тока и ходовые винты, дополненные параллельным коррекционным устройством. Микроконтроллер отвечает за генерацию динамических координат и управление коррекционным механизмом. Он получает входные сигналы от высокоуровневого контроллера и точно регулирует работу двигателя, обеспечивая автоматизированное и высокоточное движение, а также наделяя фрезерный станок способностью к анализу ошибок и самокоррекции, аналогично человеческому восприятию, что дает большие преимущества в работе.

В области программного управления были внедрены адаптивные алгоритмы, которые позволяют системе в реальном времени анализировать данные о вибрациях и корректировать параметры движения, обеспечивая точную компенсацию ошибок. Интеграция технологий искусственного интеллекта позволяет системе обучаться, прогнозировать вибрационные модели в различных условиях обработки и автоматически вносить коррективы, повышая производительность оборудования и качество обработки.

В перспективе ожидается, что данное исследование в сочетании с более продвинутыми технологиями искусственного интеллекта [4] позволит уменьшить зависимость от программистов. Фрезерные станки смогут автоматически анализировать модели, созданные в SolidWorks, сопоставлять их с механическим состоянием оборудования и требованиями к допускам, формируя отчеты о производственной целесообразности. Кроме того, система сможет самостоятельно генерировать управляющие программы, выполнять технологические задачи, автоматизировать загрузку и выгрузку деталей, а также организовывать автоматизированную укладку изделий с помощью магнитно-рельсовых транспортных систем, что значительно повысит уровень интеллектуализации промышленного производства.

**Литература**

1. Вертикально-фрезерный станок 65A60F1 с крестовым столом и УЦИ [Электронный ресурс]. — URL: https://stanki-katalog.ru/sprav\_65a60f1.htm (дата обращения: 08.03.2025).

2. Кулебякин А. А., Легенкин Ю. А. Аппаратные и программные средства систем ЧПУ: учебное пособие. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2010. – 114 с. ISBN 5-230-20592-Х

3. МирошинД. Г. Технология работы на станках с ЧПУ: учебное пособие для среднего профессионального образования. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. ‒ 194 с.

4. Применение искусственного интеллекта в обработке на станках с ЧПУ [Электронный ресурс]. — URL: https://capablemachining.com/ru/Блог/применение-искусственного-интеллекта-в-обработке-на-станках-с-ЧПУ/ (дата обращения: 08.03.2025).

5. Станки с ЧПУ: особенности и разновидности [Электронный ресурс]. — URL: https://tochmeh.ru/info/chpu2.php (дата обращения: 08.03.2025).