

УДК 62-799

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ШТАТНЫХ МОНИТОРИНГОВЫХ СИСТЕМ СТАНКОВ С ЧПУ

© 2018 О.С. Сурков, А.И. Кондратьев, Д.Г. Федоров, К.В. Якуняшин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 23.05.2018

В предлагаемой статье представлен анализ возможностей штатных систем мониторинга и управления станком с ЧПУ и их использования в целях уменьшения суммарной погрешности обработки на примере системы популярного производителя. Представлены схемы управления цифровой осью/шпинделем, контроллера оборотов ротора шагового двигателя и контроллера положения.

Ключевые слова: фрезерование, блок-диаграмма, станок, погрешности обработки, система управления станка, точность обработки.

ВВЕДЕНИЕ

Тенденции развития современного производства таковы, что на смену устаревшим универсальным станкам приходят новейшие машины с числовым программным управлением (ЧПУ). Эти станки позволяют решать широкий круг задач и ускорять производственные процессы, открывая тем самым новые производственные возможности. Однако станки с ЧПУ являются дорогостоящими машинами со сложным внутренним устройством, что затрудняет их эксплуатацию и обслуживание. С целью предупреждения поломок и сокращения затрат на обслуживание все большую и большую актуальность приобретает мониторинг работы станков. Практически все современные станки с ЧПУ оснащены штатными системами мониторинга такими как например контроль столкновений или контроль температуры шпинделя. Стоит так же добавить, что мониторинг не предотвращает самой поломки, а лишь предупреждает о том, что в производственной среде начались изменения, которые в будущем могут привести к поломке. Заранее полученные данные о состоянии отдельных узлов станка могут свидетельствовать о проблемах оборудования, износе элементов станка, а так же могут помочь составить расписание обслуживания.

Сурков Олег Станиславович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологий производства двигателей. E-mail: ossvbm@mail.ru

Кондратьев Александр Игоревич, инженер Института инновационных производственных технологий. E-mail: itcssau@mail.ru

Федоров Дмитрий Геннадьевич, аспирант кафедры технологий производства двигателей. E-mail: dmitriy.fedorov@ssau.ru

Якуняшин Константин Владимирович, магистрант кафедры технологий производства двигателей. E-mail: rutbergh@inbox.ru

Сложное устройство станка предполагает так же множество погрешностей перемещений, которые отслеживаются системой мониторинга. Суммарные погрешности имеют комплексный вид и представляют собой функцию множества переменных. Снятие параметров с датчиков при возникновении той или иной погрешности и сравнение этих показателей с референсными значениями могут служить исходными данными для разработки мер по уменьшению суммарной погрешности. В современной литературе ограничен круг работ посвященных непосредственно мониторингу формирования погрешностей. Множество из имеющихся англоязычных работ посвящены вопросам прогнозирования и измерения износа инструмента с помощью различных методов [4, 5, 6, 7]. В этих работах авторы предлагают снимать показания мощности шпинделя для прогнозирования износа инструмента, как например исследователи Алонсо Ф.Х. и Сольгадо Д.Р. [7]. Так же множество работ изучают вибрационное влияние на процесс резания [3, 8] в исследовании [8] приведена серия экспериментов при токарной обработке и измерения вибрации в процессе работы, тем самым авторы надеются прогнозировать поломки станка. Измерение вибраций так же позволяет произвести математическое моделирование с целью последующего предсказания шероховатости обработанной поверхности, как это приведено в работах [2, 6]. В процессе анализа литературных источников, авторами данной статьи не было найдено исследований, посвященных снижению суммарной погрешности обработки с помощью штатной мониторинговой системы.

В процессе работы станок испытывает различные механические, температурные и другие воздействия. Вследствие данных обстоятельств, при перемещении рабочих органов станка могут возникать погрешности перемещения, вы-

званные такими факторами как нагрев шарико-винтовой пары (ШВП), износ направляющих или в период приработки станка.

Целью данной работы является анализ современных систем управления станком с ЧПУ, а именно систем мониторинга, для принятия мер по уменьшению суммарной погрешности обработки.

Первым этапом была создана блок-схема возникновения погрешностей обработки (рис. 1).

При рассмотрении данной схемы, видно, что на суммарную погрешность станка влияет множество погрешностей в различных узлах станка. Так, как схема управления осями идентична по каждому из направлений ограничимся анализом блока управления приводом оси X. Опишем блок-диаграмму системы управления цифровой осью (рис. 2).

Сигнал, задающий номинальное значение положения рабочего органа станка поступает в контроллер положения, который в свою очередь задает номинальное значение оборотов

сервопривода в соответствии с упреждением по скорости подачи. Далее сигнал приходит блок цифрового контроля оборотов шагового двигателя (ШД) и в соответствии с упреждением по ускорению подачи рассчитывается номинальное значение тока, который нужно подать на ШД. Информация о величине этого тока подается на контроллер тока, подает управляющий сигнал на силовую станцию. После подачи тока силовой станцией фактическое значение этого тока сравнивается с номинальным значением по каналу обратной связи и производится его корректировка в случае расхождения значений. Далее сигнал следует непосредственно на двигатель подачи, где он преобразуется в механическое вращение. Датчик угловых перемещений измеряет фактическое вращение ротора шагового двигателя. Далее по каналу обратной связи происходит сравнение значения оборотов ротора шагового двигателя с номинальным значением и в случае необходимости происходит корректировка. Датчик линейных перемещений фиксирует фактическое положение каретки

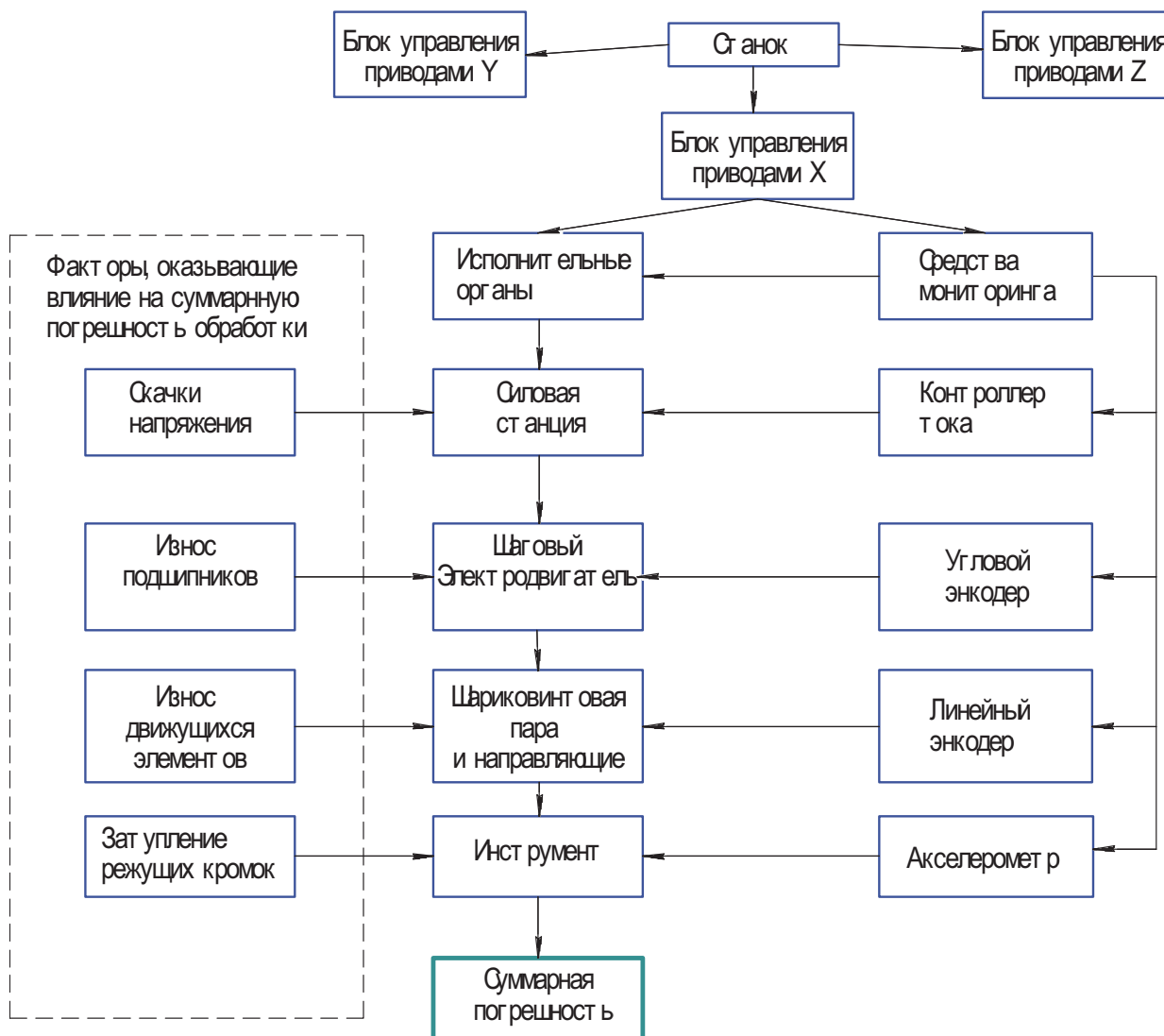


Рис. 1. Блок-схема возникновения погрешностей

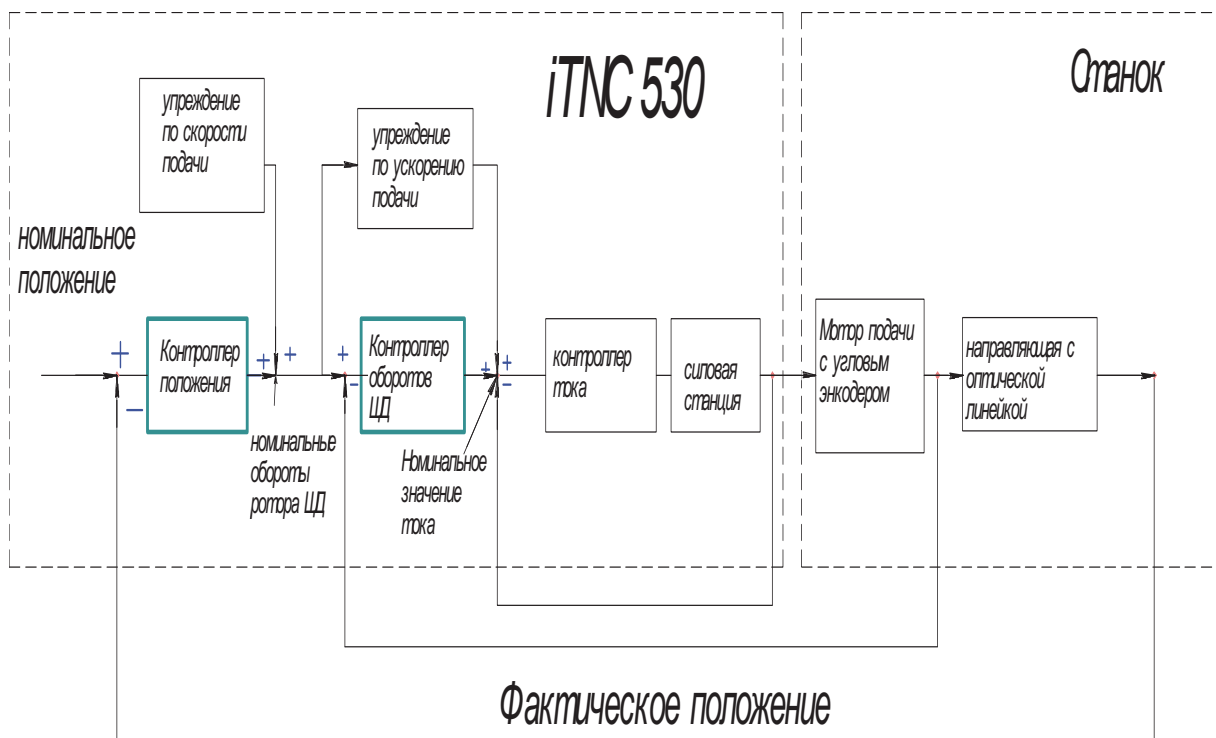


Рис. 2. Общая блок-диаграмма управления цифровой осью

станка при ее перемещении и сравнивает его, по каналу обратной связи, с номинальным положением рабочего органа. Из этой схемы следует вывод, что система ЧПУ сама производит мониторинг режимов работы и вносит коррективы по мере необходимости.

Для более полного понимания работы схемы, представленной на рис. 2, рассмотрим отдельные блоки этой схемы.

Контроль позиционирования осуществляется при помощи контролера положения (рисунок 3). Проведем анализ блок диаграммы контролера положения. Номинальное положение корректируется коэффициентом k_v с ошибкой рассогласования (для цифровых осей) или же корректируется интегральным коэффициентом корректировки смещения (аналоговые оси). Та-

ким образом производится расчет номинальной скорости перемещения.

Проведем анализ блок-диаграммы контроллера оборотов ротора шагового двигателя (рис. 4).

Согласно схеме исходными данными служат номинальные обороты ШД. Данные обороты измеряются контроллером оборотов, управляющими параметрами которого в свою очередь являются: пропорциональный коэффициент регулятора скорости вращения вала (Ввод: от 0 до 1 000 000), дифференциальный коэффициент скорости вращения вала (значения от 0 до 1.00000 Ас) и интегральный коэффициент скорости вращения вала (Ввод: от 0 до 100 000 000). Таким образом, система рассчитывает номинальное значение тока, подаваемого на шаговый дви-

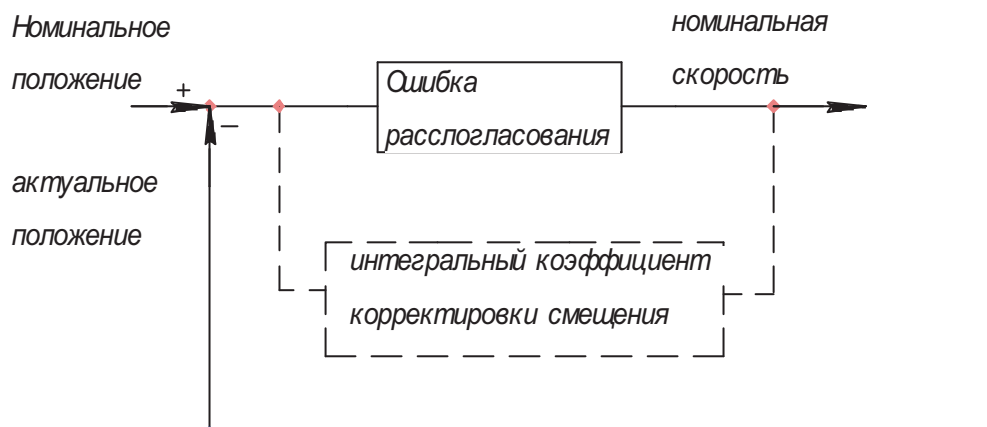


Рис. 3. Контроллер положения

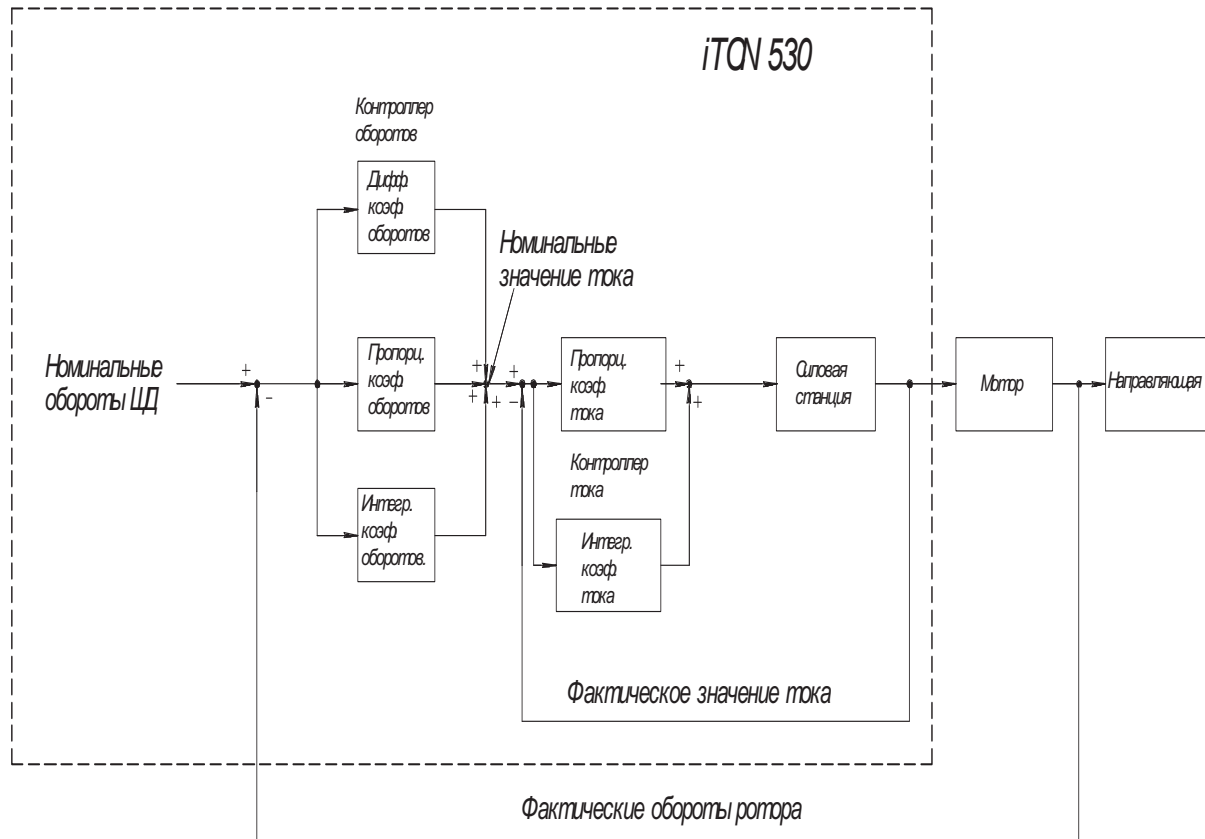


Рис. 4. Блок-диаграмма контроллера оборотов ротора шагового двигателя

гатель. Номинальное значение тока проходит через контроллер тока, управляющими параметрами которого являются: пропорциональный коэффициент регулятора тока (Ввод: от 0,00 до 9999.99 ВА) и интегральный коэффициент регулятора тока (Ввод: от 0,00 до 9999.99 В/Ас). Далее сигнал следует на силовую станцию станка, и по каналу обратной связи сравнивается с номинальным значением. После чего сигнал следует на двигатель подачи и на каретку станка.

Анализируя приведенные выше схемы, можно перейти непосредственно к выбору параметров, которые могут использоваться для корректировки суммарной погрешности с помощью внутренних систем мониторинга.

Для уменьшения суммарной погрешности перемещения, предлагается подвергнуть мониторингу следующие сигналы:

- 1) Номинальное и фактическое положение инструмента;
- 2) Номинальные и фактические значения оборотов ротора ШД;
- 3) Номинальные и расчётные значения скорости перемещения рабочего органа.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа литературных источников и исследований авторов можно заключить, что работ посвященных мониторингу состояния

станка с помощью штатных систем мониторинга явно недостаточно.

2. Проведено исследование штатных систем мониторинга современных станков с ЧПУ.

3. Были выявлены наиболее информативные, с точки зрения автора, сигналы позволяющие минимизировать составляющие суммарной погрешности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бровкова М.Б. Обоснование и реализация динамического мониторинга сложного технологического оборудования в многоименклатурном автоматизированном производстве: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Саратов, 2007. С.35.
2. Abouelatta O.B., Madl J. Surface roughness prediction based on cutting parameter and tool vibration in turning operation // Journal of material processing technology. 2001. 118. Pages 269-277.
3. Alonso F.J., Salgado D.R. Analysis of the structure of vibration signals for tool wear detection // Mechanical Systems and Signal Processing. Volume 22. Issue 3. April 2008. Pages 735-748.
4. Jain A.K., Lad B.K. A novel integrated tool condition monitoring system // Journal of Intelligent Manufacturing. 2 June 2017. Pages 1-14.
5. NitinAmbhorea, DineshKambleb, SatishChinchanikara, Vishal Wayala. Tool condition monitoring system: A review // Materials Today: Proceedings 2. 2015 Pages. 3419 – 3428
6. Rao K.V., Murthy B.S.N., Rao N.M. Cutting tool

- condition monitoring by analyzing surface roughness, work piece vibration and volume of metal removed for AISI 1040 steel in boring // Measurement 2013. 46. Pages 4075–4084.
7. *Salgado D.R., Alonso F.J.* An approach based on current and sound signals for in-process tool wear monitoring // International Journal of Machine Tools & Manufacture. Volume 47. Issue 4. August 2007. Pages 2140–2152.
8. *Tatar K., Gren P.* Measurement of milling tool vibrations during cutting using laser vibrometry // International Journal of Machine Tools and Manufacture. Volume 48. Issue 3-4. March 2008. Pages 380-387.

MODERN CAPABILITIES OF THE STANDARD MONITORING SYSTEMS OF CNC MACHINES

© 2018 O.S. Surkov, A.I. Kondratiev, D.G. Fedorov, K.V. Yakunyashin

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

The proposed article presents an analysis of the capabilities of standard CNC machine monitoring and control systems and their use in order to reduce the overall processing error by the example of a popular manufacturer system. Schemes for controlling the digital axis / spindle, the rotor speed controller of the stepper motor and the position controller are presented.

Keywords: milling, block diagram, machine, processing error, machine control system, processing accuracy.

Oleg Surkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Engine Production Technologies Department.

E-mail: ossvbm@mail.ru

Alexander Kondratev, Engineer of the Institute of Innovative Production Technologies. E-mail: itcssau@mail.ru

Dmitry Fedorov, Postgraduate Student at the Engine Production Technologies Department.

E-mail: dmitriy.fedorov@ssau.ru

Konstantin Yakunyashin, Student at the Engine Production Technologies Department. E-mail: rutbergh@inbox.ru