

Практические аспекты разработки модуля диагностики и контроля режущего инструмента в системе ЧПУ

Practical aspects of the development of the module diagnosis and monitoring of cutting tools in the CNC

Обоснована необходимость создания универсальной диагностической подсистемы, интегрированной в систему ЧПУ. Представлена реализация подсистемы, производящей контроль состояния режущего инструмента в реальном времени. Приведено решение по интеграции этой подсистемы в систему ЧПУ: реализации ее взаимодействия с ядром системы ЧПУ и интеграции в терминальную часть.

The necessity of a universal diagnostic subsystem integrated into the control system. Shows an implementation of this subsystem, producing cutting tool condition monitoring in real time. A solution for the integration of the subsystems in the control system: implementation of its interaction with the core of the control system and integration into the terminal portion.

Ключевые слова: диагностика режущего инструмента, контроль в реальном времени, система ЧПУ.

Keywords: diagnosis of cutting tools, real-time monitoring, numerical control system.

С глобальным ростом автоматизации производства, надежность и контроль технологических процессов становится одним из главных его аспектов. Опыт эксплуатации автоматизированных технологических систем показывает, что их надежность для современных быстрорастущих требований производства недостаточна. Простой из-за различных отказов каких-либо элементов технологической системы и поиск повреждений снижают эффективность производства. В связи с этим возникают задачи повышения надежности технологических систем путем диагностирования и прогнозирования возможных поломок и отказов. Одним из вариантов решения перечисленных задач является диагностирование состояния режущего инструмента в реальном времени.

Целью диагностирования является поддержание установленного уровня надежности, обеспечение требований безопасности и эффективности использования изделий. Диагностирование износа режущего инструмента позволяет исключить его поломку и уменьшить время на его замену, что приводит к увеличению производительности и повышает надежность работы систем. На станках с системами ЧПУ диагностирование режущего инструмента является актуальной проблемой, так как обработка происходит без участия человека. В связи с этим, одной из важнейших задач при разработке описываемой системы, является возможность ее интеграции в систему ЧПУ. При этом достигается возможность оперативного вмешательства в производственный процесс и проведения корректировки отклонений непосредственно при обработке путем передачи управляющих команд

в систему ЧПУ. Таким образом, использование систем диагностирования режущего инструмента в автоматизированном производстве позволяет:

- увеличить производительность и снизить себестоимость обработки за счет повышения надежности обработки на повышенных режимах резания, своевременной сменой некондиционного инструмента, способствовать уменьшению брака изделий и расхода инструмента;

- повысить надежность работы обрабатывающих систем за счет своевременной замены предельно изношенного или поломанного инструмента;

- повысить точность обработки благодаря вводу коррекции положения исполнительного органа станка на износ инструмента;

- предохранить основные механизмы и узлы станка от поломок и преждевременной потери точности.

На сегодняшний день существует множество диагностических систем, отвечающих за надежность и контроль процесса механической обработки изделий в автоматизированном производстве. В качестве основных можно выделить следующие системы: модульная система контроля инструмента и процесса резания Process Monitor System PROMOS [3], предоставляющая возможности мгновенного обнаружения столкновений, а также надежный контроль инструмента для всех процессов резания; интегрируемая в системы ЧПУ SINUMERIK 840D автономная система СТМ от ARTIS [4], служащая для контроля инструментов, станков и процессов; система Brankamp – интегрированный в СЧПУ контроль инструмента/поломка – износ – столкновение. Анализ выпепе-

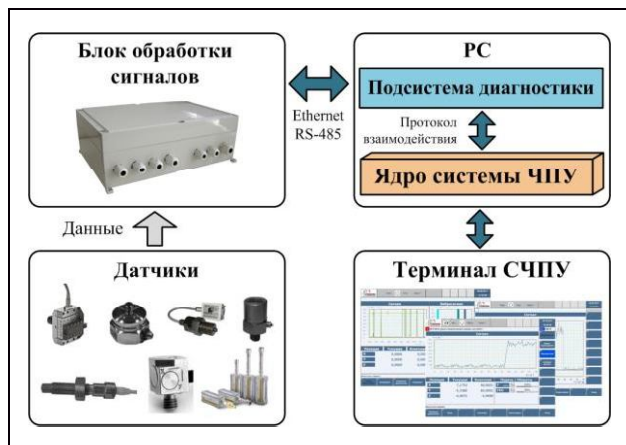


Рис. 1. Структура подсистемы диагностики, интегрированной в систему ЧПУ

речисленных систем (таблица 1) выявил следующие основные проблемы:

- в настоящее время практически отсутствуют решения, позволяющие осуществлять прогноз остаточной стойкости металлорежущего инструмента в реальном времени;
- разрабатываемые алгоритмы автоматизированной диагностики инструмента не поддерживают возможных гибкого изменения с учетом конкретной ситуации (без изменения и перекомпиляции всей системы);

Таким образом, наиболее перспективным направлением в развитии диагностических систем является разработка универсальной системы, работающей в реальном времени, способной производить как диагностирование, так и прогнозирование остаточной

стойкости режущего инструмента, и имеющая возможности интеграции в систему ЧПУ без изменения ядра системы.

Структура разрабатываемой подсистемы диагностики (рис.1) включает в себя внешние устройства, а также систему ЧПУ, в которую производится интеграция подсистемы, как в часть реального времени, так и в терминальную часть.

В разработанной подсистеме диагностики используется метод контроля состояния режущего инструмента, который основан на использовании датчиков для измерения различных параметров обработки, характеризующих состояние режущего инструмента. Таким образом, система контроля осуществляет диагностирование процессов и оборудования непосредственно при выполнении производственных операций. [5] На данный момент, в разрабатываемой подсистеме диагностики и контроля режущего инструмента реализована возможность работы с датчиками четырех типов:

- силовые датчики – используются для определения нагрузки на режущий инструмент в процессе обработки по трем осям;
- термодатчики – применяются для измерения температуры в зонах, близких к зонам резания, а также на основных узлах станка;
- датчики микроперемещений – определяют отклонения и перемещения основных узлов станка во время работы;
- вибродатчики – служат для определения уровня вибраций режущего инструмента и основных узлов станка.

Таблица 1. Анализ диагностических систем на рынке

Возможности	Диагностические системы			
	PROMETEC Promos	ARTIS Orantec	Brankamp	Система диагностики и контроля, разработанная в МГТУ «Станкин»
Графическая система отображения результатов диагностики	+	+	+	+
Интеграция с системами ЧПУ	Sinumerik 810D, 840D, Fanuc, Indramat	Sinumerik 810D	Sinumerik 810D, 840D	Sinumerik 840D/ AxiOMA Ctrl
Датчики	Силовые, мощности, АЭ, вибрационные	Силовые, мощности, АЭ, вибрационные	Силовые, мощности, АЭ, вибрационные	Силовые, микроперемещения, термодатчики, вибрационные
Диагностика инструмента	+	+	+	+
Прогнозирование состояния инструмента	-	-	-	+

Для реализации приема и первоначальной обработки данных, поступающих с датчиков, используется специально разработанный блок обработки сигналов (БОС), подключаемый к подсистеме диагностики по СОМ-порту. Данный блок представляет собой устройство с определенным набором входов для датчиков и плат расширения, которые производят сбор и обработку сигналов. БОС подключается к компьютеру, на котором установлено ядро системы ЧПУ и подсистема диагностики, по Ethernet или RS-485. Таким образом, обеспечивается необходимая скорость передачи данных и удобство взаимодействия между блоком обработки сигналов и подсистемой диагностики. Подсистема диагностики взаимодействует с блоком обработки сигналов, принимая от него данные с датчиков различных типов, установленных в зоне резания. [6]

Подсистема диагностики располагается на одном компьютере вместе с ядром системы ЧПУ и работает с ним в параллельном режиме. Для взаимодействия между подсистемой диагностики и ядром системы ЧПУ используется разработанный протокол обмена данными. Такое решение позволяет реализовать выполнение диагностических функций в реальном времени для обеспечения должного уровня реакции на происходящие с режущим инструментом процессы, что очень важно для современного высокотехнологичного производства. Также достигается независимость работы ядра системы ЧПУ от подсистемы диагностики, что позволяет обезопасить его от зависания или возможных проблем подсистемы диагностики.

Разработанный компонент (рис. 2) состоит из четырех основных модулей: менеджер компонентов, модуль ввода, диагностический модуль, модуль вывода. Такое решение обеспечивает независимость от используемых внешних устройств и алгоритмов, что делает разрабатываемую систему более универсальной.

Менеджер компонентов используется для процесса инициализации подсистемы, который включает в себя загрузку всех рабочих модулей из файлов библиотек при помощи менеджера компонентов. Модуль ввода реализует взаимодействие с внешними устройствами и производит первоначальную обработку поступающей информации. Также, данный модуль осуществляет передачу команд в блок обработки сигналов для получения от него данных. Для облегчения

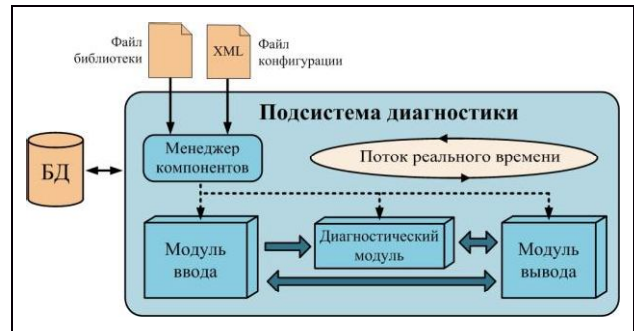


Рис. 2. Архитектурная модель подсистемы диагностики

взаимодействия модулей системы диагностики между собой, производится приведение данных, полученных из блока обработки сигналов, к внутреннему формату подсистемы (рис. 3).

После завершения процесса приведения данных к внутреннему формату, производится их передача в диагностический модуль подсистемы диагностики для дальнейшей обработки. Диагностический модуль позволяет обрабатывать принятую из модуля ввода информацию посредством заложенных в него алгоритмов. Алгоритмы обработки данных производят необходимые расчеты для определения текущего износа режущего инструмента, а также прогнозирования его состояния в будущем. В ходе работы диагностических алгоритмов осуществляется сравнение текущего значения полученных сигналов с некоторыми уставками – предельно допустимыми значениями, хранящимися в системе, либо рассчитанными по формулам. При превышении уровня предельно допустимого значения, производится команда на смену инструмента или его подналадку. Необходимые уровни уставки выбираются исходя из всех параметров обработки, а именно: показаний датчиков, инструмента, заготовки, режима резания. При обработке серии деталей возможно хранение в базе данных параметров обработки эталонной детали, а затем осуществлять сравнения текущего значения износа инструмента с эталонными данными. Таким образом, при обработке крупной партии однотипных деталей, необходимо осуществить экспериментальную обработку одной такой детали и затем выполнять сравнение принимаемой информации с опытными данными, хранящимися в БД. Итогом работы алгоритмов являя-



Рис. 3. Внутренний формат данных подсистемы диагностики

ется формирование управляющих команд для системы ЧПУ. Также, в алгоритмах обработки данных формируются пакеты данных для их графической визуализации в терминальной части системы ЧПУ. После завершения работы алгоритмов обработки данных, вся полученная информация записывается во внутреннюю структуру, и передается в модуль вывода, который, в свою очередь, взаимодействует непосредственно с ядром системы ЧПУ.

Модуль вывода реализовывает возможность, как передавать в ядро полученную от диагностического модуля информацию и команды, так и принимать данные и команды из ядра системы ЧПУ. Это требуется для возможности управления системой диагностики посредством терминала системы ЧПУ, а также для получения данных о текущей работе системы. Подсистема диагностики обладает возможностью передавать для исполнения в ядро системы ЧПУ следующие команды:

- коррекция величины подачи – для поддержания постоянства нагрузки на элементы упругой системы станка для стабилизации упругих деформаций и снижения риска поломки РИ;
- регулировка числа оборотов шпинделя – для поддержания скорости резания в оптимальном диапазоне для стабилизации качества получаемой поверхности, стойкости РИ и упрощения процедуры составления управляющих программ;
- коррекция позиции режущего инструмента – для повышения точности обработки за счет компенсации размерного износа РИ, тепловых и упругих деформаций, погрешностей изготовления станка, влияющих на точность перемещения рабочих органов;
- команда на смену инструмента – команда выполняется при достижении критического износа инструмента для обеспечения требуемого качества изделия и предотвращению аварийных ситуаций;
- команда на аварийную остановку процесса обработки – команда требуется для предотвращения повреждений механизмов станка и брака детали. [7]

Для интеграции подсистемы диагностики была выбрана отечественная система ЧПУ AxiOMA Ctrl, разрабатываемая в ФГБОУ ВПО МГТУ «Станкин». Основным преимуществом данной системы является ее открытая архитектура, т.к. открытость систем ЧПУ

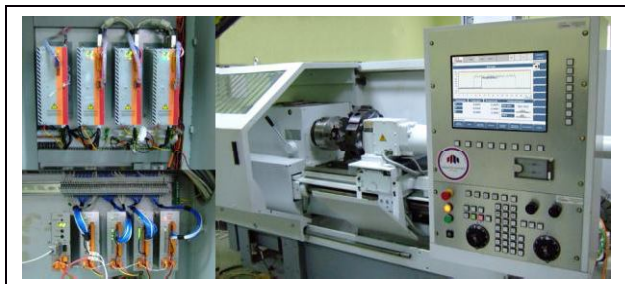


Рис. 4. Работа подсистемы диагностики, интегрированной в систему ЧПУ

типа PCNC предоставляет исключительно важные новые функциональные возможности: возможность конфигурирования системы у станкостроителя и конечного пользователя; возможность встраивания коммерческих программных пакетов; возможность непрерывной эволюции системы в условиях максимальной независимости от изменений базовой платформы; возможность доступа к информации о состояниях любого программного модуля системы, а также к диагностической информации аппаратуры, приводов и управляемого объекта в целом. [8] Также, важным аспектом системы ЧПУ является ее модульность, которая обеспечивает масштабируемость, конфигурируемость и многофункциональность системы. [9] Система ЧПУ AxiOMA Ctrl поддерживает вышеперечисленные концепции, поэтому она оптимально подходит для интеграции в нее подсистем, расширяющих ее функциональные возможности, таких, как разрабатываемая подсистема диагностики (рис. 4).

В терминальной части системы ЧПУ реализован отдельный режим диагностики (рис. 5), позволяющий производить визуализацию всего диагностического процесса оператору с помощью специализированных графических компонентов, а также производить управление работой подсистемы диагностики.

В данном режиме на экране оператора отображаются все необходимые диагностические параметры технологической системы, а именно:

- графики обработанных сигналов, поступивших с датчиков. С помощью M-клавиш реализована возможность выбора типа датчиков, с которых производится визуализация получаемых данных.
- координаты текущей и конечной позиции режущего инструмента;
- информация, включающая в себя текущую величину подачи (Feed) и ее коррекции, поступающую как со станочной панели оператора, так и коррекцию, рассчитанную подсистемой диагностики (Feed Extended Override).

В работе предложен новый подход к диагностированию и прогнозированию состояния режущего инструмента в реальном времени, позволяющий значительно снизить процент брака при обработке изделий на станках с ЧПУ, а также обеспечить требуемые точностные характеристики деталей. Решена задача по разработке и интеграции в систему ЧПУ подсистемы диагностики и контроля режущего инструмента, работающей в режиме реального времени. Разработанная подсистема позволяет обеспечить требуемые точностные характеристики изделия посредством диагностики состояния и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента в реальном времени. Таким образом, она позволяет вывести на более совершенный уровень системы автоматизированного производства за счет значительного повышения качества производимого товара, уменьшения затрат и ресурсов в связи с уменьшением риска поломки оборудования и брака заготовок. Интеграция дан-

ной подсистемы в систему ЧПУ AxiOMA Ctrl значительно расширяет ее функциональность и позволяет производить диагностику состояния режущего инструмента, прогнозирование его остаточной стойкости, коррекцию процесса обработки в реальном времени, а также визуализацию данных процессов оператору, что делает ее многофункциональной, конкурентоспособной и незаменимой на современном автоматизированном производстве.

Библиографический список

1. Григорьев С.Н. Развитие отечественного станкостроения - фундамент модернизации машиностроительного производства. // Автоматизация в промышленности. 2012. №5. с.4-7
2. Григорьев С.Н., Андреев А.Г., Мартинов Г.М. Перспективы развития кроссплатформенных компьютерных систем числового программного управления высокотехнологического оборудования // Автоматизация в промышленности, 2011. №5, с. 3-8.
3. <http://www.prometec.com/>
4. <http://www.artis-systems.com/>
5. Мартинова Л.И., Григорьев А.С., Соколов С.В. Диагностика и прогноз износа режущего инструмента в процессе обработки на станках с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2010. №5. С. 46-50.
6. Киселев С.А., Григорьев А.С., Герашошкин А.В., Пушков Р.Л. Прогнозирование стойкости инструмента при чистовой обработке // Вестник МГТУ "Станкин". 2008. №4. С. 23–32.
7. Григорьев А.С. Инструментарий системы ЧПУ для диагностики и прогнозирования износа режущего инструмента в реальном времени при токарной обработке // Вестник МГТУ "Станкин". 2012. №1. С. 74–79.
8. Мартинов Г. М., Трофимов Е.С. Модульная компоновка и построение прикладных приложений диагностики систем управления // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. №7. С. 44-50.
9. Мартинова Л.И., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л., Обухов А.И. Практические аспекты применения отечественной многофункциональной системы ЧПУ "АксиОМА Контроль" // Автоматизация в промышленности. 2012. №5. с.36-40.
10. Козак Н.В., Никишечкина Н.А., Никишечкин А.П. Нейросетевая подсистема адаптивного управления процессом резания для открытых систем ЧПУ типа PCNC // Вестник МГТУ "Станкин". 2009. №3(7). С. 100–105.

Никишечкин Петр Анатольевич, аспирант кафедры «Компьютерные Системы Управления» МГТУ «СТАНКИН»,
Tel: (499) 972-94-40, E-mail: petrnikishechkin@gmail.com

Nikishechkin Petr Anatolievich, postgraduate student, department of "Computer-architecture Control System" of MSTU "STANKIN",
Tel: (499) 972-94-40, E-mail: petrnikishechkin@gmail.com

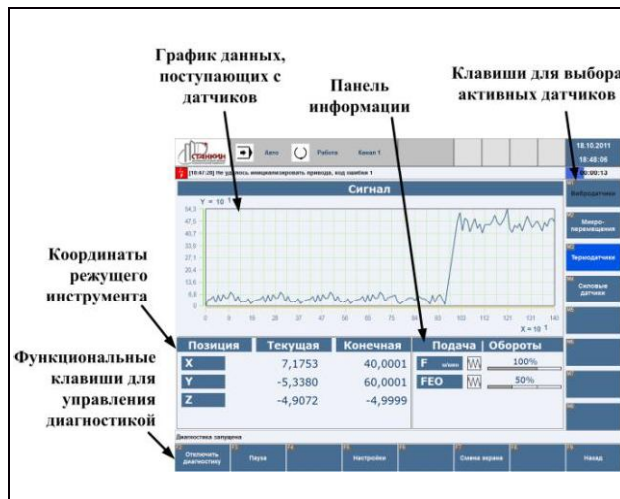


Рис. 5. Терминальная часть подсистемы диагностики

11. Мартинова Л.И., Мартинов Г.М. Организация межмодульного взаимодействия в распределенных системах ЧПУ. Модели и алгоритмы реализации // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. №11. С. 50-55.
12. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Григорьев А.С. Специфика разработки программного обеспечения для систем управления технологическим оборудованием в реальном времени // Спецвыпуск T-Comm, июль 2009. С.121-124.
13. Мартинов Г. М., Мартинова Л.И. Анализ систем ЧПУ, представленных на Международной выставке «Металлообработка-Технофорум-2009», их новизна и особенности // Автоматизация в промышленности. 2009. №12. С. 59-65.
14. Мартинов Г. М., Трофимов Е.С. Модульная компоновка и построение прикладных приложений диагностики систем управления // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. №7. С. 44-50.
15. Мартинов Г. М., Мартинова Л. И. - Современные тенденции в области числового программного управления станочными комплексами // СТИН. 2010. №7. С. 7-10.
16. Мартинов Г. М., Козак Н. В. Декомпозиция и синтез программных компонентов электроавтоматики // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. №12. С. 4-11.
17. Мартинов Г. М., Сосонкин В. Л. Перспективные технологии разработки математического обеспечения систем управления: использование регулярных выражений // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. №2. С. 40-46.