

КОМПЛЕКТНЫЕ ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕРИИ IntNC

Е.В. Красильникьянц, В.А. Иванков, Г.А. Булдукян, В.В. Ельниковский,
А.Н. Дербенев, А.А. Варков (НТЦ "ИНЭЛСИ")

Определена актуальность создания и развития современной отечественной цифровой системы ЧПУ. Предложены основные принципы ее построения. Представлены функциональные возможности и технические характеристики СЧПУ серии IntNC. Показаны аппаратные и программные особенности ее реализации.

Ключевые слова: система ЧПУ, металлорежущий станок, цифровое управление, открытая архитектура, контроллер движения, асинхронный электропривод, точность.

Основной задачей отечественной станкостроительной промышленности является создание металлорежущих станков, отвечающих возрастающим техническим требованиям и современным направлениям развития металлообработки. С учетом современных тенденций, ориентированных на создание обрабатывающих центров, гексаподов, гибких производственных модулей и систем на их основе, актуальной становится задача оснащения такого оборудования развитыми системами управления, среди которых наиболее важное место занимает система числового программного управления (СЧПУ). Современная СЧПУ должна быть ориентирована на решение задач как технического перевооружения и модернизации существующего станочного парка промышленных предприятий, так и создания нового перспективного оборудования для предприятий машиностроительной, авиакосмической, автомобильной, судостроительной, энергетической отраслей промышленности.

Архитектурное построение существующих отечественных СЧПУ в основном повторяет решения зарубежных образцов 80-90 гг. XX века. Вычислительное ядро базируется на компьютерных процессорах Intel Pentium или им подобных, быстрдействие которых часто оказывается недостаточным при высокоскоростной контурной обработке. При этом ПО основано на 16-разрядной сетке, совместимой в основном с ОС MS DOS, что не отвечает требованиям современного пользовательского интерфейса. В большинстве случаев используется аналоговый вариант управления приводами, что также ограничивает их точностные характеристики. В результате существующие отечественные СЧПУ оказываются малоэффективными в условиях расширения требований к повышению производительности, точности и скорости обработки. Зачастую они не могут быть рассмотрены в качестве инструментальных средств для реализации прогрессивных технологий, отвечающих современным тенденциям развития металлообрабатывающей промышленности.

К достоинствам СЧПУ ведущих зарубежных производителей следует отнести комплектность постав-

ки, наличие цифровых вариантов исполнения, современную архитектуру, развитый набор аппаратного и программного обеспечения. Недостатками таких систем являются высокая стоимость, долгие сроки поставки и ремонта, а также ряд функциональных ограничений при поставке на экспорт. Кроме того, использование импортных СЧПУ в отечественном производстве негативно сказывается на технологической и экономической независимости такой важной промышленной отрасли, как машиностроение.

Таким образом, актуальной задачей является создание отечественной современной надежной и высокопроизводительной цифровой СЧПУ. При этом решение поставленной цели должно выполняться в составе более общей задачи создания системы управления электрооборудования металлорежущего станка (СУЭО МС).

Необходимо выделить пять основных задач, решаемых современной СУЭО МС [1]:

- вычисление траектории движения;
- управление перемещением (электропривод);
- выполнение логических функций (электроавтоматика);
- формирование пользовательского интерфейса (терминал);
- обеспечение функций диагностики и отладки (диагностика).

Очевидно, что только комплексная реализация согласованного выполнения указанных задач СУЭО обуславливает его высокоэффективную работу и достижение растущих требований металлообработки.

Металлообрабатывающие станки и обрабатывающие центры относятся к категории мехатронных систем, в которых необходимо согласованное управление многокоординатным движением. На основе расширяющихся функциональных требований, выдвигаемых к системам управления электрооборудованием такими промышленными комплексами, при разработке СУЭО МС рационально использовать общие принципы построения систем управления движением (СУД) технологических объектов с учетом особенностей металлорежущего оборудования [2].

*Следуй своей дорогой,
и пусть люди говорят что угодно.*

Данте Алигьери

К отличительным особенностям таких систем можно отнести требования высокого быстродействия и точности производимых вычислений, широкий спектр функциональных возможностей, специфичный набор измерительных и исполнительных устройств, развитый состав системного и прикладного ПО. Дополнительные требования накладывает ряд объектов, характеризующихся взаимосвязанностью звеньев, многомерностью, неоднородностью свойств, нелинейностью и т.п. К ним могут быть отнесены манипуляционные роботы, металлообрабатывающие станки, поворотные платформы, упаковочные линии, испытательные стенды и т.п. Анализ вариантов исполнения систем управления такими объектами показал многообразие применяемых архитектурных решений.

При проектировании СУД предпринимались попытки использования ПЛК. Однако для построения систем управления движением ресурсов ПЛК, как правило, оказывается недостаточно. Это связано с тем, что ПЛК традиционно создавались для решения задач управления автоматизированными ТП и значение термина "реальное время" применительно к ним определяется быстродействием механических, гидравлических или пневматических элементов. Для решения задач, требующих высокой точности, быстрого действия, координирующего управления применяются, как правило, системы, построенные на одном или нескольких вычислительных устройствах. В случае однопроцессорных вычислителей предельное быстродействие определяется числом одновременно управляемых осей и скоростью нарастания тока в электрических цепях, обычно составляющей десятки микросекунд. Необходимая точность вычислений координат траекторий движения может быть достигнута при 24...32-битовой разрядной сетке.

Использование для этих целей ПЛК не позволяет достигнуть высоких результатов вследствие ограниченного быстродействия интерфейсов, сложности организации перекрестных связей между электроприводами и недостаточно развитого ПО.

Другое развиваемое в настоящее время направление, базирующееся на использовании ПК (PC-based) для систем управления движением, также не лишено ряда недостатков:

- жесткие требования по стабильности времени квантования, высокоскоростному интерфейсу, быстрому отклику на прерывание, характерные для СУД, являются нетипичными для PC-based-процессоров;
- обеспечение совместной работы программ различных производителей, наличие механизма трансляции логических адресов в физические, большого объема памяти и прочие возможности ПК являются избыточными для СУД, т.к. этот функционал в СУД не требуется;

- частота системной шины существенно ниже тактовой частоты процессора, а кэширование приводит к непредсказуемому изменению времени обработки;

- программы логического и цифрового управления в СУД состоят из фрагментов, имеющих небольшой объем (от десятков до сотен машинных команд). Использование полноценной ОС для управления подобными задачами приводит к значительному увеличению времени на переключение контекста, а вывод таких задач за рамки ОС существенно тормозит работу последней;

- особые требования, предъявляемые к анализу и обработке аварийных ситуаций в СУД ответственных и потенциально опасных механизмов, не учитываются в ПК.

С учетом сказанного, а также в связи с увеличивающимися потребностями в СУД для различных отраслей промышленности сегодня активно развивается направление по созданию специализированных встраиваемых вычислительных устройств, предназначенных для решения широкого класса задач управления движением – контроллеров движения (КД) [3]. Реализация конкретных СУД производится путем выбора и монтажа КД с набором требуемых периферийных устройств, силовых модулей, электродвигателей и средств автоматики. Программное обеспечение КД помимо средств логического управления, типичных для ПЛК, включает средства для формирования требуемых законов движения рабочих органов машин, обработки сигналов измерительных датчиков, элементы ОС РВ, алгоритмы управления электродвигателями.

На базе такого подхода в НТЦ "ИНЭЛСИ" (г. Иваново) разработана цифровая СЧПУ IntNC (Intellectual Numeric Control) – комплексная передовая отечественная система управления станком нового поколения, выполненная полностью по цифровой технологии, все компоненты которой (устройство ЧПУ (УЧПУ), электроприводы, контроллер электроавтоматики, устройства ввода и отображения информации) являются продуктом одного производителя – НТЦ "ИНЭЛСИ". Данная система в значительной степени отвечает приведенному набору требований.

Традиционно в системы управления для станков с ЧПУ включают стойку ЧПУ, комплект электроприводов и контроллер электроавтоматики, изготовленные, как правило, разными производителями. Использование таких отдельных неинтегрированных систем порождает ряд сложностей при разработке СЧПУ и последующем ее обслуживании, создает большое число межблочных соединений, приводит к увеличению цены без повышения качественных показателей.

Основным принципом, положенным в основу создания системы ЧПУ IntNC, является интеграция на единой вычислительной платформе трех приоритетных задач управления станком: расчет траектории движения, управление приводами, контроль электроавтоматики. Все эти функции выполняются промышленным вычислительным устройством – контроллером

движения, предназначенным для отработки процессов в РВ. В этом случае достигается максимальная компактность построения всей системы, существенно уменьшается число интерфейсных связей, появляются принципиально новые технологические возможности.

На терминальном уровне в СЧПУ используется промышленный компьютер, обеспечивающий современный пользовательский интерфейс, совместимый с ОС Windows, и возможность пользования развитыми инструментальными средствами (рис. 1). Это позволяет интегрировать в систему такие современные технологии, как удаленный доступ, техническое зрение, дистанционную диагностику и т.п.

Двухпроцессорная архитектура СЧПУ позволяет наиболее эффективно разделить выполнение задач управления в "жестком" РВ и обработки терминальных задач, визуализации, снимая тем самым ограничения на скорость их выполнения. При этом надежность такой системы остается на высоком уровне, поскольку работоспособность КД не зависит от сбоев в работе ПК. Обмен информацией между КД и ПК производится на равноправном уровне через двухпортовую память. Следует отметить, что в настоящее время вариант двухпроцессорной архитектуры доминирует в СЧПУ Siemens, Bosch Rexroth, Heidenhain, Mitsubishi Electric [4].

Другим не менее важным элементом системы управления металлорежущим станком, во многом определяющим технические характеристики всей системы ЧПУ в целом, является электропривод. Поэтому следующий базовый принцип — это использование цифровых приводов подач и главного движения. Для его реализации создан специализированный высокоскоростной цифровой интерфейс управления электроприводом, разработаны и программно реализованы алгоритмы управления асинхронными, вентильными, шаговыми, линейными двигателями и двигателями постоянного тока.

В настоящее время в приводе подач металлорежущих станков применяются в основном двигатели постоянного тока и вентильные двигатели. Однако высокая стоимость таких приводов, эксплуатационные и ремонтные трудности являются причиной того, что на протяжении последних 30 лет ведутся активные работы по созданию станочных приводов на основе асинхронного двигателя. Достижения последних лет в области силовой полупроводниковой и микропроцессорной техники в сочетании с достоинствами асинхронного двигателя как наиболее простого, дешевого и практически не требующего обслуживания делают электропривод с асинхронным двигателем наиболее предпочтительным. При этом наиболее эффективным, надежным и качественным является цифровой вариант управления стандартными асинхронными двигателями. Цифровое управление перспективно и создает целый ряд преимуществ: высокая скорость и надежность обмена информацией на уровне импульсной передачи цифровых сигналов;

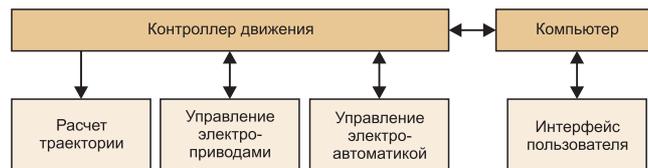


Рис. 1. Функциональная схема СЧПУ IntNC

снижение уровня помех и взаимного влияния магистралей управления и электропитания; повышение статических и динамических характеристик; возможность получения больших объемов информации в РВ; легкость и прозрачность операций диагностики.

Эффективным средством решения задачи управления электроприводами металлорежущих станков является функциональное и пространственное разделение электропривода подачи в рамках СУЭО на две составляющие: силовой преобразователь (СП) и вынесенное в КД ядро с программно реализованной системой управления, включающей алгоритмы координатных преобразований, расчета регуляторов, обработки сигналов датчиков, коммутации силовых ключей. Программная реализация в КД алгоритмов управления электроприводами позволяет отказаться от автономных "интеллектуальных" преобразователей и использовать вместо них силовые модули, служащие только для усиления сигналов коммутации силовых ключей и реализации средств защиты, что увеличивает надежность работы всей системы и существенно снижает стоимость аппаратной составляющей каждой координатной оси станка.

Как правило, в металлорежущих станках электропривод подачи обеспечивает два основных типа движения: позиционирование и движение по заданной траектории. В ряде отечественных систем ЧПУ в контуре положения реализуется простейший закон управления — пропорциональный, что требует компенсации статической ошибки дополнительными средствами. Однако задача управления движением в станках является достаточно сложной и требует более эффективных средств. Типовым вариантом в развитых СЧПУ является алгоритм на основе ПИД — регулирования координат с компенсацией сухого трения и каналами упреждения по скорости и ускорению. Кроме того, целесообразно использовать программно реализованные частотные фильтры для демпфирования резонансных колебаний, возникающих при определенных значениях собственных частот механических компонентов кинематической схемы станка. Должна быть предусмотрена возможность построения и использования регуляторов для управления механизмами кинематической цепи, в которых содержатся нелинейные элементы, упругие звенья и зазоры. Для сложных объектов управления требуется предоставить возможность использования регуляторов высокого порядка (например, полиномиальных и/или по желаемому распределению нулей и полюсов передаточной функции объекта управления), а в ряде случаев и регуляторов, создаваемых пользователем. Только при наличии таких ва-

риантов исполнения можно рассчитывать на получение требуемого качества управления в современном металлорежущем оборудовании.

Ключевой особенностью СЧПУ IntNC является принцип открытой архитектуры, эффективность применения которого доказана в компьютерных технологиях. Традиционно СЧПУ строились как закрытые системы. Это объяснялось желанием производителей сохранить потенциального заказчика, обеспечить продажи комплектующих, ПО, услуг и т.п. Однако сегодня такой подход находит все меньше поддержки среди потребителей. Поэтому при разработке системы ЧПУ учитывалась максимально возможная независимость пользователя от монополии конкретного производителя.

В аппаратной части СЧПУ IntNC предоставляется возможность подключения к системе управления любого типа двигателя по выбору пользователя без каких-либо дополнительных затрат. В этом случае потребуется изменить только программные настройки в системе. В зависимости от производственных потребностей возможен как цифровой, так и аналоговый варианты управления электроприводом, что позволяет в ряде случаев сохранить существующие силовые преобразователи. Применение промышленного компьютера с ОС Windows XP Professional для встраиваемых систем дает возможность интегрировать в состав системы компьютерные компоненты, а использование в системе типовых интерфейсов USB, Ethernet, PCI, RS-232/422 позволяет подключать к ней оборудование других производителей, включая разработанное пользователем.

В программной части СЧПУ IntNC реализована возможность выбора структуры регуляторов, их модификации и даже написания собственного алгоритма. Предусмотрен доступ к информации любого модуля. Разработан алгоритм, позволяющий пользователю создавать собственные G-функции. Так, для решения сложной задачи токарно-фрезерной обработки пресформы горлового кольца на одном из заводов были разработаны многопроходные токарные циклы G33.1 и G33.2, позволяющие полностью исключить фрезерные операции при нарезании резьбы на венчике горлового кольца [5]. Использование ОС Windows допускает применение приложений пользователя, различных CAD/CAM систем, поддерживает внешнее сетевое окружение. СЧПУ производит сбор, первичную обработку и накопление информации о параметрах и состоянии ТП и может быть достаточно легко интегрирована в различные SCADA-системы.

Система ЧПУ IntNC выпускается в двух исполнениях: IntNC-400D — 4 оси и IntNC-800D — 8 осей (опционально до 12 осей). В общее число управляемых осей входит шпиндель, поскольку в системе IntNC

управление шпинделем производится как осью. Рассмотрим аппаратные средства СЧПУ IntNC.

Технические характеристики блока управления IntNC-400D/800D

Число одновременно управляемых осей, ед.	4/8 (≤12)
Число входов/выходов, ед.	32...24/96...72
Максимальное число входов/выходов, ед.	1024
Число датчиков обратных связей, ед.	4+2/8+2
Минимальная дискретность линейных перемещений, мм.	0,001
Максимальный ход, мм.	±99999,999
Максимальная скорость выполнения программ, кадров/с.	2000
Упреждающий просмотр кадров, кадр/с.	≤1000
Частота опроса энкодерных сигналов, МГц.	≤40
Уровень защиты.	IP20
Габаритные размеры, мм.	418x350x183

Технические характеристики силовых преобразователей IniDRIVE

Диапазон регулирования скорости.	20000:1
Частота опроса контура тока, кГц (мкс).	10 (100)
Частота опроса контура положения, кГц (мкс).	2,5 (400)
Интерфейс быстродействующий с прямым ШИМ-управлением.	есть
Тип подключаемого двигателя.	АД, ВД, ДПТ, ШД
Аппаратные и программные настройки.	отсутствуют
Высококачественное векторное управление.	есть
Расширенный ПИД-регулятор положения с компенсацией сухого трения, НЧ, ВЧ-фильтры.	есть
Встроенный тормозной резистор.	есть
Диапазон мощностей, кВт.	2...45

Технические характеристики пульта оператора

Дисплей.	цветной TFT, 15"
Корректор ручных подач и оборотов шпинделя.	да
Штурвалы.	основной и выносной
Кнопки.	вкл./выкл. УЧПУ, станка, аварийного выкл.
Клавиатура.	герметизированная алфавитно-цифровая
.....	и функциональная с тактильным эффектом
Подключение дистанционного пульта.	да
Уровень защиты.	IP54 (с фронта IP64)
Габаритные размеры, мм.	415 x 550 x 90

Конструктивно СЧПУ состоит из блока управления (рис. 2) и пульта оператора (рис. 3). Блок управления имеет крейтовый вариант исполнения, позволяющий устанавливать до 16 интерфейсных плат. Внутри корпуса расположены блок питания, промышленный контроллер и процессорная плата со встроенным видеоадаптером и сетевой картой. Там же устанавливается накопитель на жестком или на твердотельном диске (в зависимости от условий эксплуатации). Для подключения одной оси требуется одна кросс-плата PCR. Для дискретного ввода/вывода используются платы PIO32, обеспечивающие гальваническую развязку от объекта управления. Общее число входов/выходов может быть расширено до 1024 ед. Предусмотрен вариант установки модуля удаленного ввода/вывода,



Рис. 2. Блок управления IntNC-800D

связанного с блоком управления последовательным интерфейсом. Модули реле выпускаются в исполнениях PRL8/12/16/24 и имеют достаточно высокую нагрузочную способность (250 В/5 А) для подключения большинства исполнительных устройств электроавтоматики (рис. 4). Для обработки входных/выходных аналоговых сигналов применяются платы PAD8 и PDA2 соответственно.

В приводах подачи и главного движения с системой управления IntNC используются силовые преобразователи IntDRIVE производства НТЦ "ИНЭЛСИ" (рис. 5). Разработана линейка преобразователей в диапазоне мощностей 2...45 кВт. Силовые преобразователи IntDRIVE характеризуются наличием следующих видов защиты: максимально-токовая защита силового модуля; от недопустимых отклонений питающего напряжения; от аварии сброса узла энергии; от несоответствия скорости заданной; от перегрева силового блока; от перегрева двигателя; время-токовая защита двигателя. Преобразователи состоят из двух блоков. Первый блок не имеет системы управления, это усилитель ШИМ-сигнала с элементами быстродействующей защиты. Он применяется в системе ЧПУ IntNC с цифровым интерфейсом. Подобные модули получили за рубежом широкое развитие и выпускаются фирмами Baldor, MTS, Parker, Kollmorgen.

Дополнительное подключение второго блока, в котором реализована развитая система управления, позволяет использовать преобразователи IntDRIVE с другими системами ЧПУ или автономно. Система допускает управление как положением, так и скоростью и имеет три вида задающего воздействия: аналоговый (дифференциальный), импульс/направление и цифровой (CAN). В контуре управления положением реализован модифицированный ПИД-регулятор с описанными выше опциями. Существует программный доступ ко всем измеряемым переменным привода (ток нагрузки, скорость, положение) и возможность изменения параметров настройки регуляторов на "лету".

Следует отметить, что разработанные решения позволяют сохранить высокую точность обработки

при существенном повышении рабочих скоростей. В качестве интегральной оценки качества работы приводов была выбрана ошибка отклонения от круговой траектории при скоростях подач близких к быстрым перемещениям. В результате при отработке кругового движения ($D = 150$ мм) с асинхронными двигателями АИР100L4 на рабочей подаче $F = 6$ м/мин максимальное отклонение от заданной траектории составило 4 мкм. Достигнутые в результате настроек высокие жесткость и динамические показатели приводов позволяют на одном станке совмещать черновую и финишную операции, вести обработку закаленных и конструкционных сталей.

Функциональные возможности ПО СЧПУ IntNC:

- режимы пуска/останов УП: ручной, автоматический, автоматический покадровый, преднабор, отработка с блокировкой перемещений, отработка ускоренная и с заданного кадра, технологический останов/пуск;
- виды интерполяции: линейная, круговая, винтовая, сплайновая;
- режим предварительного просмотра кадров Lookahead;
- программирование в абсолютных размерах и приращениях, зеркальная обработка;
- компенсация неортогональности осей, люфтов и погрешностей шарико-винтовой передачи;
- масштабирование с произвольным коэффициентом по любой оси; поворот системы координат;
- программные ограничения, параметрическое программирование;
- защищенные области; измерительные циклы; встроенные технологические циклы;
- коррекция на длину и радиус инструмента, координированная ось шпинделя;
- разгон/торможение по линейному, экспоненциальному или S-образному разгону;
- параллельные оси и портальные синхронные оси; оси вращения непрерывные и с заданием более 360° ;
- оперативная коррекция подачи и скорости шпинделя, автоматический возврат на контур;
- возможность введения дополнительных G-функций.



Рис. 3. Пульт оператора IntNC

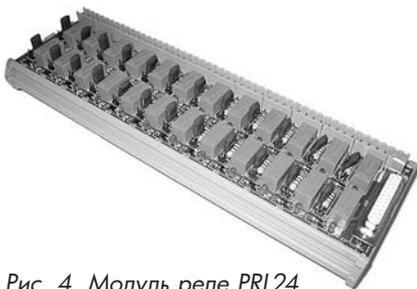


Рис. 4. Модуль реле PRL24



Рис. 5. Силовой преобразователь IntDRIVE-11D

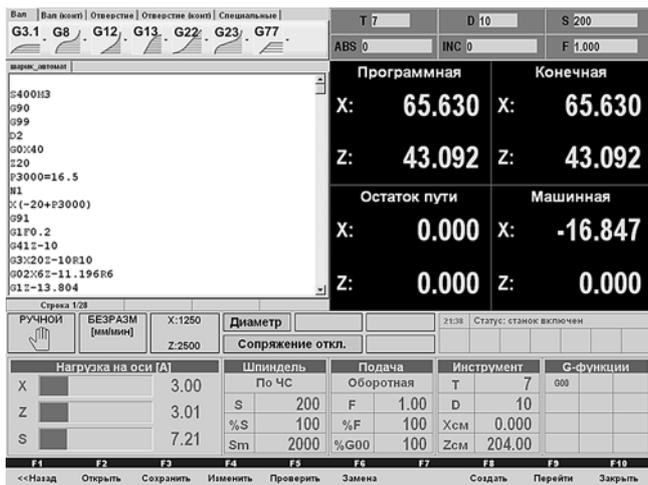


Рис. 6. Главное меню IntNC

Набор программных утилит СЧПУ IntNC:

- IntSET – конфигурирование аппаратно-программных параметров и пользовательских переменных;
- IntPLC – разработка и отладка программ управления и контроля электроавтоматики станка;
- IntTUNE – автоматическая и ручная настройки электроприводов;
- IntDIAG – диагностика входов/выходов, состояния приводов, сбора и отображения информации в РВ.

В системе реализовано многокоординатное управление (до 12 осей одновременно) с организацией их в 6 координатных систем, что дает возможность вести синхронную и/или асинхронную отработку нескольких программ. Например, это становится актуальным при многошпиндельной обработке или в производственных модулях типа "станок + манипулятор". В IntNC реализованы основные виды интерполяции, используемые при формировании сложных траекторий инструмента станка, включая винтовую, а также равномерный и неравномерный кубические сплайны. Предоставляются возможности смещения и поворота координатных систем, написания управляющих программ в декартовых и полярных координатах. Динамические характеристики разгона/торможения осей могут быть заданы по линейному, трапецидальному или S-образному законам. Для оптимизации 3- и 5-осевой обработки сложных профилей используется режим предпросмотра кадров Lookahead, позволяющий корректировать разгон/торможение осей со скоростью выполнения до 2 тыс. кадров/с (минимально возможное время отработки кадра – 0,5 мс). Язык управляющих программ в системе IntNC совместим с M- и G-кодами постпроцессоров большинства CAD/CAM-систем. Обеспечивается плоскостная и объемная коррекция геометрических погрешностей и люфта шарико-винтовой передачи, а также пространственная компенсация радиуса инструмента. IntNC поддерживает контактные и бесконтактные системы наладки инструмента с

измерением параметров и обнаружением неисправностей, а также позволяет использовать измерительные циклы для контроля точности обработки деталей. Встроенный режим симуляции обработки детали совместно с 2D- и 3D-графикой позволяет запустить и проверить управляющую программу без фактического перемещения осей. На программном уровне реализована поддержка аппаратных средств TCP/IP для организации удаленного доступа к процессам станка при его эксплуатации или отладке посредством подключения СЧПУ IntNC к локальной сети на производстве, а также к сети Internet.

Операторы станков различного уровня подготовки быстро осваивают интуитивно понятный пользовательский интерфейс, реализованный в системе IntNC (рис. 6). Встроенная развитая справочная система с руководствами оператора, программиста и наладчика позволяет оперативно получить любую необходимую информацию. Переключение экранов на мониторе происходит в основном между двумя окнами. Специально не используется мышь, и отсутствуют свободно перемещаемые окна. Опционально мышь подключается через USB порт, если в процессе работы возникает необходимость использовать приложения ОС Windows.

Для подготовки управляющих программ разработан текстовый редактор с интеллектуальной проверкой синтаксиса. Редактор программ содержит функции "вырезать, найти, копировать, вставить" по аналогии с хорошо знакомыми приложениями обработки текстов. Редактирование программы может производиться одновременно с выполнением цикла обработки детали.

Утилита настройки электроприводов координатных осей и шпинделей IntTUNE позволяет вести автоматическую и ручную настройки контуров тока и положения по реакции на тестовые сигналы ступенчатой и плавной формы. Разработаны подробные методики настройки приводов с асинхронными и вентильными двигателями, двигателями постоянного тока. Высокая эффективность разработанных алгоритмов векторного управления позволяет использовать в приводах подач стандартные асинхронные двигатели отечественных производителей, что существенно снижает стоимость комплектной поставки. Высокий КПД и небольшой нагрев двигателей достигаются за счет качественной настройки и быстродействующей системы векторного управления.

Для создания программ управления дискретной автоматикой станка разработан пакет IntPLC – утилита ввода, отладки, редактирования и записи в УЧПУ программ управления и контроля электроавтоматики станка. Использование языка высокого уровня с элементами макропрограммирования облегчает написание и восприятие программ. Существует возможность создания 12 обычных ПЛК-программ и 12 быстрых (компилированных) ПЛК-программ. Последние используются, когда требования по быстро-

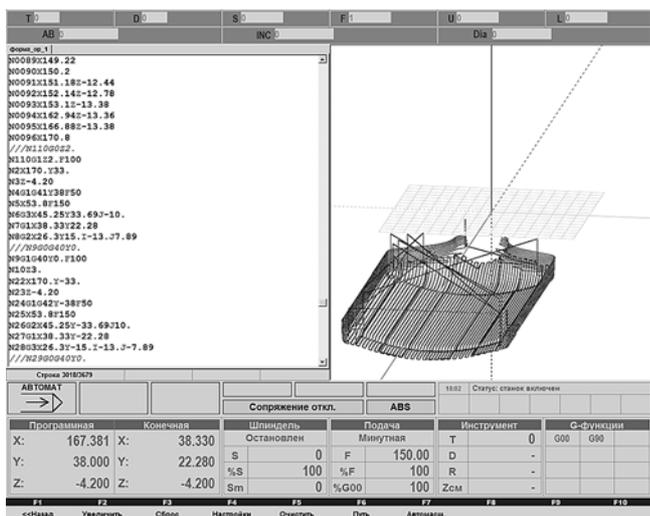


Рис. 7. Графический 3D-режим

действию становятся более жесткими, например, работает несколько координатных систем, обрабатывается много осей, требуется быстрая реакция на события. ПЛК-программы выполняются асинхронно в периоды между задачами высшего приоритета (расчеты контуров управления, траекторий движения, опрос датчиков). Для особо важных задач выделено две ПЛК-программы с высоким приоритетом, имеющие фиксированное время выполнения.

Отображение текущих координат выполняется одновременно в абсолютной системе координат, системе координат детали и системе координат станка. Реализован режим графического 2D-, 3D- отображения движения инструмента (как в РВ, так и в режиме симуляции) с функциями нанесения координатной сетки, поворота в нужной проекции, зеркального отображения координаты, автомасштабирования, глубокой детализации выделенной зоны работы (рис. 7). Важной информацией для оператора и технолога является индикация токов нагрузки двигателей в масштабе РВ, позволяющая оперативно корректировать режимы резания.

Для случаев, когда оператору приходится брать на себя функции технолога-программиста предусмотрены готовые шаблоны. Они представлены в графическом виде, удобны в использовании и могут быть расширены под требования конкретного производства. При этом оператор вводит по шагам контур детали, состоящий из элементарных графических элементов, таких как прямая, дуга, конус и т.д. Все переходы между элементами просчитывает СЧПУ. Каждый шаг поддерживается графически на экране. Затем формируется весь технологический процесс, включая число проходов, скорость вращения шпинделя, скорость подачи и подбор компенсационных значений. Используя такой подход можно запрограммировать в среднем до 80% несложных деталей в любом производстве. Таким образом, программирование снова возвращается в цех, что позволяет, с одной стороны, использовать знания технологии и опыт цеховых спе-

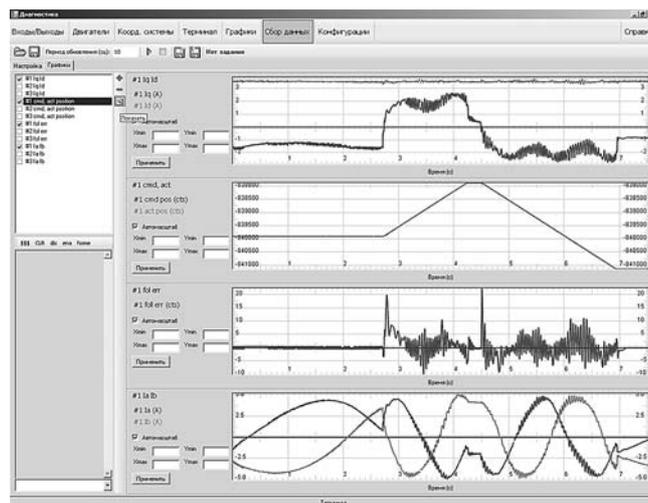


Рис. 8. Режим диагностики IntDIAG – окно осциллографа

циалистов, а с другой, – освободить опытных программистов для решения более сложных задач. В условиях дефицита квалифицированных кадров такой подход оказывается достаточно эффективным.

Развитая система сообщений предоставляет пользователю полный контроль над выполняемыми функциями и операциями. В системе ведется лог-файл журнала событий, фиксирующий время и дату совершения действий. Полученная информация позволяет правильно сформировать загрузку станка, вести учет простоев, определять причины неисправностей.

Разработанная программа диагностики IntDIAG предназначена для решения задач настройки и привязки СЧПУ, мониторинга состояния станка, сбора и графического отображения информации в РВ, поиска и устранения проблемных ситуаций.

В режиме "входы/выходы" реализована визуализация состояния элементов электроавтоматики и режим оперативного управления. Используется для проверки электрических цепей объекта управления. Возможность записи сигналов и представления их в графической форме позволяет упростить процесс написания и отладки программ логики.

Режим "Конфигурации" используется для загрузки конфигурационного файла в контроллер движения, а также сохранения и редактирования отдельных программ и групп переменных.

Режимы "Графики" и "Сбор данных" осуществляет отображение задаваемых переменных в форме графика с разверткой по времени как с частотой обновления пользовательского интерфейса, так и в режиме РВ (рис. 8). Эти режимы используются для настройки приводов, мониторинга нагрузки, слежения за ходом выполнения технологических процессов и т.п.

Режим "Терминал" служит для низкоуровневого управления контроллером движения посредством обмена текстовыми командами. Также в этом режиме отображаются статусы осей, используемых координатных систем и данные с датчиков положения. Отдельно окно терминала доступно во всех режимах.



Рис. 9. Токарный станок 16А20Ф3 с СЧПУ IntNC

Таким образом, продуманная структура режимов и развитая функциональность утилиты IntDIAG позволяют повысить эффективность работы для всех групп пользователей.

Итак, СЧПУ IntNC – это комплексная промышленная цифровая система управления металлорежущими станками, в результате использования которой достигаются высокая производительность, надежность и современные технические возможности.

Система ЧПУ IntNC устанавливалась на металлорежущие станки моделей 16А20Ф3 (рис. 9), 16К30Ф3, DFS-400, 6Р13Ф3, 6Т13Ф3, ГФ2171Ф3, МА655А8, ОС1000, 2550ПМФ4, 2Е450АМФ4, 1П732РФ3, 2А622Ф4, ИР1250 и др.

Эффективность реализации принципов, заложенных в архитектурную основу системы IntNC, была доказана при разработке на ее базе системы управления движением 6-звенного промышленного манипулятора PUMA-560 [6].

Список литературы

1. *Иванков В.А., С.В. Тарарыкин, Красильникьянц Е.В.* Контурно-позиционное управление редукторными электроприводами многоцелевых металлорежущих станков. ГОУ ВПО ИГЭУ Иваново. 2009.
2. *Красильникьянц Е.В., Бурков А.П., Иванков В.А.* Принципы построения систем управления движением // *Материалы II Всероссийской научно-практич. конф. "Перспективные системы и задачи управления"*. Таганрог. ТТИ ЮФУ. 2007.
3. *Красильникьянц Е.В., Бурков А.П., Иванков В.А.* Применение контроллеров движения для систем управления электромеханическими объектами // *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2008. №2.
4. *Мартинюв Г.М., Мартинюва Л.И.* Анализ систем ЧПУ, представленных на Международной выставке "Металлообработка-Технофорум-2009", их новизна и особенности // *Автоматизация в промышленности*. 2009. №12.
5. *Иванков В.А.* Токарная обработка виткового разреза венчиков горловых колец // *Материалы междунаучно-технич. конф. "Состояние и перспективы развития электротехнологии. XIV Бенардосовские чтения"*. Иваново. ИГЭУ. 2007.
6. *Красильникьянц Е.В., Варков А.А.* Применение микропроцессорного контроллера движения для управления промышленным манипуляционным роботом // *Материалы междунаучно-технич. конф. "Состояние и перспективы развития электротехнологии. XV Бенардосовские чтения"*. Иваново. ИГЭУ. 2009.

Красильникьянц Евгений Валерьевич – канд. техн. наук, директор,

Иванков Вадим Алексеевич – канд. техн. наук, зам. директора,

Булдукян Георгий Арутюнович – руководитель проектной группы,

Ельниковский Василий Владиславович – инженер-программист,

Дербенев Алексей Николаевич – руководитель проектной группы,

Варков Артем Александрович – инженер-программист НТЦ "ИНЭЛСИ".

Контактный телефон (4932) 26-97-03. E-mail: krev@ispu.ru Http://www.inelsy.com

CANopen интерфейс на одной микросхеме

Индустриальная сеть HMS расширила семейство Aynbus-IC дополнением Aynbus-IC для CANopen. Новый компонент расширяет семейство Aynbus-IC сети HMS, которое уже включает взаимозаменяемые решения для Profibus, Profinet, DeviceNet, EtherNet/IP и Modbus-TCP.

В корпусе размером всего 8 см² Aynbus-IC содержит микропроцессор HMS NP30 со встроенным контроллером CAN и полнофункциональным вспомогательным программным стеком CANopen. IC уменьшает затраты на разработку интерфейса CANopen на 70%. К тому же требования к размерам и питанию минимизированы так, что даже маленькие автоматические приборы, такие как считыватели штрих-кода или стартеры двигателя могут быть экономно оборудованы интерфейсом CANopen.

Aynbus-IC помещен в корпус с 32 штырьками и требует питание 5 В/150 мА. Он функционирует как стандартное вспомогательное устройство CANopen и поддерживает версию 4 профиля DS 301. Допускается до 144 байт входных/выходных данных. Aynbus-IC содержит все кон-

структивное и программное оборудование, требуемое для связи какого-либо автоматического прибора с сетью CANopen, необходимо только добавить соединительный элемент.

При использовании в интеллектуальных приборах, имеющих собственные микроконтроллеры, Aynbus-IC подсоединяется через быстрый последовательный интерфейс TTL. IC управляет полным протоколом CANopen и разгружает микропроцессор от всех срочных задач связи. Для использования в простых автоматических приборах, таких как терминалы клапанов, в которых нет микропроцессоров, Aynbus-IC имеет интерфейс регистра сдвига и может контролировать до 128 прямых входов/выходов.

Все изделия семейства Aynbus-IC взаимозаменяемы и предлагают производителям приборов простой и эффективный путь подключения малых и средних автоматических приборов ко всем основным сетям Fieldbus, а также промышленный Internet посредством всего лишь одной модификации.

Http://www.industrialnets.ru