УДК 681.5

DOI: 10.35211/1990-5297-2021-3-250-43-46

Е. М. Фролов, А. В. Рогачев

**МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
С СЕРИЙНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ, ОСНАЩЕННЫМ ЧПУ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: eltar1983@yandex.ru

В статье предлагается методическая и алгоритмическая база модуля управления режимами токарной обработки для оснащения серийного оборудования с ЧПУ. Описывается созданный макет предлагаемой киберфизической системы на базе токарного обрабатывающего центра Okuma Genos L300M.

Ключевые слова: метод пробного прохода, термоЭДС, киберфизическая система, САПР технологических процессов.

© Фролов Е. М., Рогачев А. В., 2021.

E. M. Frolov, A. V. Rogachev

CUTTING MODE CONTROL MODULE FOR USE WITH STANDARD CNC EQUIPMENT

Volgograd State Technical University

The article offers a methodological and algorithmic base of the control module for turning modes for the serial equipment with CNC. The created model of the proposed cyberphysical system based on the Okuma Genos L300M turning processing center is described.

Keywords: trial pass method, thermo EMF, cyberphysical system, CAD of technological processes.

В современном автоматизированном машиностроительном производстве значительная доля процессов механической обработки осуществляется на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Одним из способов эффективного использования этого вида оборудования является использование систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), которые ориентированы на решение широкого круга задач. С их помощью проектируют технологические процессы, готовят управляющие программы для оборудования с ЧПУ, а также решают другие технологические задачи процесса механической обработки. Все современные САПР ТП включают в себя модуль расчета/оптимизации режимов обработки, который наряду с модулем подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ является их неотъемлемой частью [1]. Получаемые при помощи упомянутого выше модуля допустимая скорость и сила резания в значительной степени влияют на надежность процесса обработки. При механической обработке сталей твердосплавным инструментом

надежность процесса напрямую связана с обеспечением заданного периода стойкости инструмента. Повысить точность обеспечения заданной стойкости инструмента посредством выбора оптимальных режимов резания возможно переносом упомянутого выше модуля САПР ТП непосредственно в устройство ЧПУ станка и создания таким образом киберфизической системы [1, 2]. Методической основой подобной системы может стать способ измерения ЭДС резания во время пробного прохода [3], позволяющий при применении алгоритмов оптимизации получать удовлетворяющие принятым ограничениям режимы резания для всех стадий металлообработки [4, 5, 6].

Для исследования работы описанной выше киберфизической системы создано устройство, которое состоит из следующих компонентов (рис. 1): микроконтроллера (далее МК) Arduino Nano, платы расширения, модуля аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), платы преобразователя сигналов UART $\leftrightarrow$ RS232, источника питания; интерфейсного кабеля DB9 $\leftrightarrow$ DB-25..

Рис. 1. Компоненты, входящие в устройство

МК подключается к плате расширения, куда присоединяется модуль АЦП, формирующий цепь для измерения ЭДС резания, а также модуль преобразователя сигналов UART $\leftrightarrow$ RS232 на базе микросхемы MAX3232 для конвертирования уровня сигналов UART (0...+5В), толерантных МК, в сигналы RS232 (-18...+18В), обрабатываемые УЧПУ станка. Для соединения

УЧПУ станка и устройства используется интерфейсный кабель DB9(F) $\leftrightarrow$ DB-25(M). В качестве источника питания может выступать подключение через Mini-B USB разъем, непосредственно через нерегулируемые источники в 6–20 вольт, через регулируемые источники в 5 вольт.

На рис. 2 представлена укрупненная блок-схема алгоритма работы МК.

Рис. 2. Блок-схема алгоритма работы МК

В блоке 1 выполняется первичная инициализация МК и модулей, подключенных к нему. Далее идет объявление множества переменных, массивов, необходимых для расчета оптимизации режимов резания. Затем выполняется инициализация интерфейса UART, необходимого для отправки и принятия данных, а также библиотеки для работы с АЦП. Бесконечный цикл «while 1=1» (блок 2 на рис. 2) применен для ускорения работы МК (из-за особенностей библиотек цикл while работает быстрее стандарт-

ной функции loop до 10 раз). Далее на схеме следует блок условия принятия данных, отправляемых УЧПУ станка, при выполнении которого идет распознавание команды блоками 4 и 5. Перед отправкой команды на запуск пробного прохода УЧПУ выполняет подготовительные действия, такие как установка выбранного инструмента, подвод инструмента в точку начала цикла пробного прохода, назначение скорости резания и подачи пробного прохода, запуск шпинделя станка, после чего отправляет

в МК команду “1” и начинает цикл пробного прохода, в течение которого МК выполняет блок измерения термоЭДС резания пробного прохода (блок 7 на рис. 2). По завершении измерения термоЭДС резания МК отправляет команду подтверждения измерения (блок 8), что служит сигналом для продолжения работы. Далее на основе полученного значения термоЭДС выполняется оптимизация режимов резания [4], результатом которой являются численные значения скорости резания (м/мин) и подачи (мм/об), после чего устройство отправляет команду подтверждения выполнения оптимизации (блок 10 на рис. 2). Следующим шагом УЧПУ выполняет отвод инструмента в точку начала цикла обработки заготовки и отправляет в МК команду “1”, тем самым запуская функцию отправки вычисленных результатов. После получения данных УЧПУ начинает обработку заготовки на рассчитанных устройством режимах резания. Обмен данными между УЧПУ станка и предлагаемой киберфизической системой осуществляется через интерфейс RS232 и со стороны УЧПУ управляется стандартными командами, что исключает вмешательство в конструкцию и программное обеспечение стандартного металлообрабатывающего оборудования (в данном случае токарного обрабатывающего центра Okuma Genos L300M).

Описанное устройство для реализации киберфизической системы для токарной обработки на станке с ЧПУ за счет отсутствия необходимости принципиального вмешательства в конструкцию серийного оборудования позволяет исключить повышенные затраты на модернизацию станочного парка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Formulating CAD/CAM modules for calculating the cutting conditions in machining / А.Л. Плотников [и др.] // Russian Engineering Research. – 2009. – Vol. 29, № 5. – С. 512-517.
2. Фролов, Е. М. Cyber-Physical Machining Systems Based on Commercial CNC Equipment [Электронный ресурс] / Е. М. Фролов, Д. В. Крайнев, Ж. С. Тихонова // 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) (Sochi, Russia, 9-16 September, 2018) / Institute of Electrical and Electronics Engineers, South Ural State University (national research university), IEEE Russia Siberia Section, IEEE Russia Section, South Ural IEEE Chapter. – [Publisher: IEEE Xplore], 2018. – 4 p. – DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501684.
3. Тихонова, Ж. С. Thermo-EMF as Method for Testing Properties of Replaceable Contact Pairs / Ж. С. Тихонова, Д. В. Крайнев, Е. М. Фролов // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019) (Sochi, Russian Federation, March 25-29, 2019). Vol. II, part 2 / ed. by A. A. Radionov [et al.] ; South Ural State University (National Research University), Moscow Polytechnic University, Platov South-Russian State Polytechnic University, Volgograd State Technical University. – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, [2020]. – P. 1097-1105. – URL : <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-22063-1>. – (Book ser.: Lecture Notes in Mechanical Engineering – LNME).
4. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2009615674 от 12 октября 2009 г. РФ Оптимизация режимов резания трех стадий токарной обработки / Е. М. Фролов, А. Л. Плотников; ВолгГТУ. – 2009.
5. Фролов, Е. М. Зависимость для автоматизированного определения скорости резания в условиях черного точения / Е. М. Фролов, А. Л. Плотников // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 13 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»; вып. 7). – С. 53–55.
6. Фролов, Е. М. Разработка математической модели для автоматизированного расчета скорости резания для условий тонкого точения / Е. М. Фролов // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 8 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»; вып. 5). – С. 108–110.