

КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ І КОМПОНЕНТИ, ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 004.384:621.9.06:681.513.3

Н. В. Хрулев, к.т.н., доцент

Черкасский государственный технологический университет,
б-р Шевченко, 460, г. Черкассы, 18006, Украина

ФУНКЦИИ И СТРУКТУРА МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛЕДЯЩИМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Рассмотрены вопросы формирования структуры системы управления следящим электроприводом на основе функционально-структурного подхода, предложенного в работах Е. П. Балашова. В результате декомпозиции целевой функции системы формируется дерево функций. Функции 1-го уровня определяют основные показатели системы управления следящим электроприводом, такие как производительность, надежность, функциональность, и оказывают первоочередное влияние на структуру системы. Дополнительные функции 2-го уровня расширяют функциональность системы, влияют на производительность и качество работы системы в целом. Приведены результаты синтеза структуры системы управления следящим электроприводом на основе предложенного дерева функций.

Ключевые слова: *дерево функций, структура, функционально-структурный подход, система управления следящим электроприводом.*

Постановка проблемы. Существенное влияние на структурные и, соответственно, схемотехнические и программные решения как систем ЧПУ, так и систем управления следящим электроприводом оказывают достижения в области микроэлектроники, а также развитие вычислительных средств.

Растущие требования к характеристикам современных станков с ЧПУ [1], таким как производительность, точность изготовления деталей, надежность, ремонтпригодность, удобство работы и обслуживания и т.п., а также растущие требования к их функциональности определяют требования к современным системам ЧПУ и системам управления следящими электроприводами.

Таким образом, проблема совершенствования структур систем ЧПУ и систем управления следящими электроприводами, соответствующих современным достижениям науки и техники, актуальна и представляет определенный научный и практический интерес.

Анализ последних исследований и публикаций. Для выполнения разработки сложных систем, каковыми являются системы ЧПУ и системы управления следящими электроприводами, безусловный интерес представляют работы в области системного проек-

тирования сложных систем, в частности, работы по функционально-структурному подходу [2], а также техническая документация по системам ЧПУ [3–8].

Известны промышленные следящие электроприводы с тиристорными или с транзисторными силовыми элементами. В [9] описаны аналоговые следящие электроприводы. В [10] описаны цифровые следящие электроприводы, в [11] – микропроцессорные следящие электроприводы.

Целью данной статьи является синтез структуры системы управления следящими электроприводами, реализованной на микроконтроллере и обеспечивающей повышение надежности, снижение сложности и стоимости конечного изделия.

Изложение основного материала. При разработке систем управления следящими электроприводами, с одной стороны, должен учитываться имеющийся научно-технический задел, с другой стороны, необходимо шире применять новейшие технологии, создающие новые свойства системы, ранее недоступные.

В соответствии с функционально-структурным подходом, изложенным в [2], структурная организация системы должна соответствовать ее функциональному назначению и условиям эксплуатации.

Представим систему управления следящими электроприводами в виде математического описания:

$$S_{\text{drv}} = \langle SS_1(F_1), \dots, SS_i(F_i) \rangle \quad (1)$$

где S_{drv} – разрабатываемая система управления следящими электроприводами;

$SS_1(F_1)$ – первая подсистема (subsystem), реализующая набор функций F_1 ;

$SS_i(F_i)$ – i -я подсистема, реализующая набор функций F_i .

Каждая подсистема (структурный модуль), в свою очередь, может быть представлена в виде математического описания аналогичного (1), в соответствии с заданным деревом функций.

В соответствии с методологией функционально-структурного подхода [2] и на основе анализа технических материалов по системам управления следящими электроприводами [3–11] сформируем дерево функций 1 и 2-го уровней системы управления следящими электроприводами фрезерного металлообрабатывающего оборудования.

Уровень 0. F0 – функционирование системы управления следящим электроприводом с целью получения детали заданной формы с заданной точностью в результате автоматизированного точечного взаимодействия между инструментом и предметом обработки [1], а также выполнения прочих вспомогательных функций.

Функции уровня 1. На основе материала, изложенного в [3–11], сформулируем функции уровня 1 системы управления следящим электроприводом.

F1 – функция обмена информацией с центральным компьютером системы ЧПУ;

F2 – функция сбора информации состояния;

F3 – функция обработки информации и управления перемещением режущего инструмента;

F4 – функция управления электродвигателем;

F5 – функция технической диагностики системы управления следящим электроприводом.

Функции уровня 2. На основе материала, изложенного в [3–11], сформулируем функции уровня 2 системы управления следящим электроприводом.

F1.1 – функция преобразования уровней сигналов в соответствии с выбранным типом интерфейса;

F1.2 – функция ввода управляющей информации и вывода информации состояния привода в центральный компьютер системы ЧПУ;

F2.1 – функция считывания информации состояния с датчиков положения и конечных выключателей;

F2.2 – функция измерения тока силовых элементов;

F2.3 – функция измерения температуры силовых элементов;

F3.1 – функция обработки управляющей информации, полученной от ЧПУ;

F3.2 – функция обработки информации состояния с датчиков положения и конечных выключателей. Определение текущих координат, скорости, ускорения, сравнение полученных значений с заданными значениями;

F3.3 – функция регулирования скорости, ускорения и перемещения инструмента по заданной траектории в соответствии с программой ЧПУ;

F3.4 – функция сравнения измеренного тока с заданным значением;

F3.5 – функция регулирования тока силовых элементов;

F3.6 – функция сравнения измеренного значения температуры с заданным значением;

F3.7 – функция регулирования температуры силовых элементов;

F4.1 – функция сопряжения подсистемы управления с силовыми ключами;

F4.2 – функция коммутирования тока через обмотки электродвигателя силовыми ключами;

F5.1 – функция сбора и анализа информации о техническом состоянии элементов системы управления следящим электроприводом;

F5.5 – функция аварийного завершения работы системы управления следящим электроприводом в случае критической ситуации.

Для реализации предложенного дерева функций система управления следящим электроприводом должна состоять из следующих подсистем (рис. 1):

SS1 – подсистемы обмена информацией с центральным компьютером системы ЧПУ;

SS2 – подсистемы сбора информации состояния;

SS3 – подсистемы управления;

SS4 – подсистемы управления электродвигателем;

SS5 – подсистемы технической диагностики.

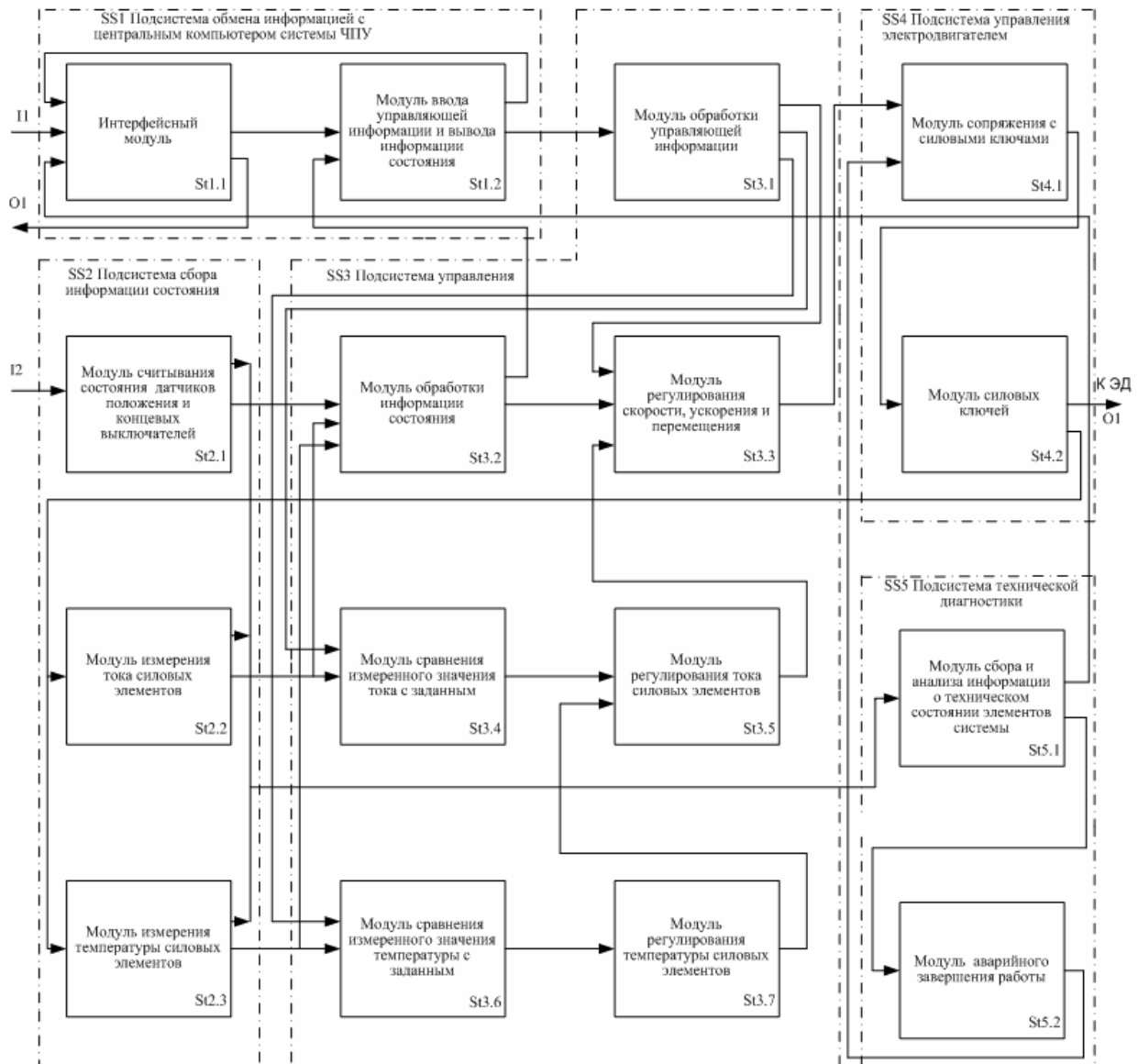


Рис. 1. Структура системы управления следящим электроприводом

Подсистема SS1 обмена информацией с центральным компьютером системы ЧПУ должна состоять из следующих функциональных модулей:

St1.1 – интерфейсного модуля;

St1.2 – модуля ввода управляющей информации и вывода информации состояния.

Подсистема SS2 сбора информации состояния должна состоять из следующих функциональных блоков:

St2.1 – модуля считывания состояния датчиков положения и конечных выключателей;

St2.2 – модуля измерения тока силовых ключей;

St2.3 – модуля измерения температуры силовых ключей.

Подсистема SS3 управления должна состоять из следующих функциональных блоков:

St3.1 – модуля обработки управляющей информации;

St3.2 – модуля обработки информации состояния с датчиков положения и конечных выключателей, определения текущих координат, скорости, ускорения, сравнения полученных значений с заданными значениями;

St3.3 – модуля регулирования скорости, ускорения и перемещения инструмента по заданной траектории в соответствии с программой ЧПУ;

St3.4 – модуля сравнения измеренного значения тока с заданным;

St3.5 – модуля регулирования тока силовых элементов;

St3.6 – модуля сравнения измеренного значения температуры с заданным;

St3.7 – модуля регулирования температуры силовых элементов.

Подсистема SS4 управления электродвигателем должна состоять из следующих функциональных блоков:

St4.1 – модуля сопряжения с силовыми ключами.

St4.2 – модуля силовых ключей.

Подсистема SS5 технической диагностики должна состоять из следующих функциональных блоков:

St5.1 – модуля сбора и анализа информации о техническом состоянии элементов системы управления следящим электроприводом;

St5.2 – модуля аварийного завершения работы системы управления следящим электроприводом в случае критической ситуации.

Выводы. Представленная система управления следящим электроприводом имеет множество вариантов реализации [12]. Основным элементом системы является микроконтроллер. Стоимость микроконтроллера определяется, в том числе, его вычислительной мощностью, объемом оперативной и постоянной памяти, а также наличием необходимых средств ввода-вывода.

Большинство модулей приведенной структуры допускают программную реализацию. Некоторые модули допускают только аппаратную реализацию, например, модули, выполняющие функцию сопряжения с датчиками положения и концевыми выключателями. Некоторые модули допускают как программную, так и аппаратную реализацию. Очевидно, что разработка, отладка, модернизация и сопровождение программного обеспечения проще и дешевле, чем разработка, отладка, модернизация и сопровождение аппаратного устройства, реализующего такую же функцию. Но аппаратная реализация повышает быстродействие системы, поскольку вычислительный ресурс не отвлекается на обработку программной модели соответствующей функции.

Список литературы

1. Кошкин В. Л. Аппаратные системы числового программного управления / В. Л. Кошкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 248 с.
2. Балашов Е. П. Эволюционный синтез систем / Е. П. Балашов. – М. : Радио и связь, 1985. – 328 с.
3. УСТРОЙСТВО ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ NC-200, NC-210, NC-220, NC-230 : руководство оператора Балт-Систем. – С.Пб, 2008.
4. FANUC Series oi-TC Operator's manual B-64114EN/01.
5. Устройство ЧПУ 2C42-65 : руководство оператора 2.5748275.000001-03 34 01.
6. УЧПУ «Электроника НЦ-31». Программное обеспечение : руководство оператора 589.400.1008.00004-01 33 01.
7. SIEMENS SINUMERIK 810D manual turn : руководство оператора. Издание 06.97.
8. WL3M Руководство оператора. Версия 1.12. West Labs Industrial Electronics Department 2000.
9. Чернов Е. А. Комплектные электроприводы станков с ЧПУ : справ. пособие / Е. А. Чернов, В. П. Кузьмин. – Горький : Волго-Вятское кн. изд-во, 1989. – 320 с.
10. Гусев Н. В. Системы цифрового управления многокоординатными следящими электроприводами : учеб. пособие / Н. В. Гусев, В. Г. Букреев. – Томск : Изд-во Томского политех. ун-та, 2007. – 213 с.
11. Микропроцессорное управление электроприводами станков с ЧПУ / Э. Л. Тихомиров, В. В. Васильев, Б. Г. Коровин, В. А. Яковлев. – М. : Машиностроение, 1990. – 320 с.
12. Рудницкий В. Н. Обоснование выбора аппаратной платформы подсистем устройства ЧПУ / В. Н. Рудницкий, Н. В. Хрулёв // Эвристические алгоритмы и распределенные вычисления в прикладных задачах : [кол. монография] / под ред. Б. Ф. Мельникова – Ульяновск : ТГУ, 2013. – Вып. 2. – С. 141–153.

References

1. Koshkin, V. L. (1989) Hardware CNC systems. Moscow: Mashinostroyeniye, 248 p. [in Russian].
2. Balashov, E. P. (1985) Systems evolutionary synthesis. Moscow: Radio i svyaz, 328 p. [in Russian].

3. Numerical control device NC-200, NC-210, NC-220, NC-230 (2008). Operator's Manual. Balt-System, St. Petersburg [in Russian].
4. FANUC Series oi-TC. Operator's manual B-64114EN/01.
5. CNC 2C42-65. Operator's Manual 2.5748275.000001-03 34 01 [in Russian].
6. CNC "Elektronika NC-31". Software. Operator's Manual 589.400.1008.00004-01 33 01 [in Russian].
7. SIEMENS SINUMERIK 810D manual turn. Operator's Manual. Edition 06.97.
8. WL3M (2000) Operator's Manual. Version 1.12. West Labs Industrial Electronics Department.
9. Chernov, E. A. and Kuz'min, V. P. (1989) Complete electric drives for CNC. A Reference Guide. Gor'ky: Volgo-Vyatsky Publishing House, 320 p. [in Russian].
10. Gusev, N. V. (2007) Digital control systems for multiaxis electric drive servosystem: tutorial. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House, 213 p. [in Russian].
11. Tikhomirov, E. L., Vasiliev, V. V., Korovin, B. G. and Yakovlev, V. A. (1990) Microprocessor control by CNC electric drive. Moscow: Mashinostroenie, 320 p. [in Russian].
12. Rudnicki, V. N. and Khrulev, N. V. (2013) Justification of the choice of hardware platform of CNC subsystems. In: B. F. Melnikov (Ed.). Heuristic algorithms and distributed computing in applied tasks. Ulyanovsk: TSU, (2), pp. 141–153 [in Russian].

N. V. Khrulev, Ph.D. in Engineering, associate professor
Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

FUNCTIONS AND STRUCTURE OF ELECTRIC DRIVE MICROCONTROLLER SERVOSYSTEM

The synthesis of the structure of control system by follow-up motors, which is realized on microcontroller and provides the increase of reliability, the decrease in complexity and cost of finite product, is the aim of the article.

The problems of forming the structure of electric drive microcontroller servosystem on the basis of functional-structural approach, offered in the works of E. P. Balashov, are considered. As a result of decomposition of system target function the functions tree is formed. Functions of the 1st level determine the basic parameters of electric drive microcontroller servosystem, such as performance, reliability, functionality, and provide a top-priority influence on the structure of the system. Additional functions of the 2nd level enhance the functionality of electric drive microcontroller servosystem, affect on productivity and quality of the system work as a whole. To implement the offered functions tree, electric drive microcontroller servosystem should consist of the following subsystems: communicating subsystem; state information collection subsystem; control subsystem; motor control subsystem; technical diagnostics subsystem. The results of the synthesis of the structure of electric drive microcontroller servosystem on the basis of the offered functions tree are given.

Keywords: functions tree, structure, functional-structural approach, electric drive microcontroller servosystem.

Стаття надійшла до редакції 01.11.2014.

Рецензенти: Рудницький В. М., д.т.н., професор,
Мусієнко М. П., д.т.н., професор.