

машину; одни модули могут управлять переходами других модулей в новое состояние (например, в состояние сброса, готовности запуска, работы, выхода из строя и др.) Каждый из модулей имеет свою область применения и включается путем задания соответствующих параметров [2].

В качестве идентификаторов этих параметров выбираются символы адресов кода ИСО-7 бит, которые не использованы для кодирования стандартных функций управления для конкретного сочетания станок – УЧПУ. Причем параметры задаются в кадре УП при детерминированном управлении либо формируются автоматически в системах адаптивного управления. При организации циклов механической обработки с включением в процесс резания кинематической нестабильности взаимодействие модулей БУНПР с модулями технологического программного обеспечения осуществляется посредством аппарата параметрического программирования с использованием формальных параметров, а также условных и безусловных переходов [3].

1. Каштальян, И.А. Математические модели и алгоритмы управления нестационарными процессами формообразования на станках с ЧПУ/ И.А. Каштальян // Автоматизация и современные технологии. – 2006. – № 6. – С. 18–24.

2. Каштальян, И.А. Повышение эффективности использования станков с ЧПУ в условиях нестационарного резания / И.А. Каштальян. – Минск: БНТУ, 2008. – 311 с.

3. Каштальян, И.А. Программирование и наладка станков с числовым программным управлением: учебно-методическое пособие/ И.А. Каштальян. – Минск: БНТУ, 2015. – 135 с.

УДК 621.9.06

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Каштальян И.А., Шпак А.В., Павловский А.Б.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

При изготовлении нежестких деталей на токарных станках с числовым программным управлением (ЧПУ) применение находят методы

управления точностью обработки, основанные на программном изменении силы резания в соответствии с законами, установленными на этапе создания алгоритмов работы устройства ЧПУ. На базе таких алгоритмов могут быть построены также адаптивные системы управления.

Разработанная адаптивная система (рисунок) позволяет реализовать практически любой закон изменения силы резания в функции пути и поддерживать его при случайных колебаниях глубины резания t и твердости материала детали HB [1]. При этом настройка системы фактически выполняется при вводе соответствующего закона изменения составляющей силы резания P_z в функции пути, который определяется заранее расчетом либо экспериментально.

Вследствие технических трудностей непосредственного измерения величины P_z на многоинструментальных станках в качестве измеряемого параметра выбрана потребляемая двигателем шпинделя станка активная мощность N_d , которая связана с тангенциальной составляющей силы резания P_z зависимостью

$$N_d = N_x + P_z \omega_{ш} R, \quad (1)$$

где N_x – активная мощность, потребляемая двигателем шпинделя в режиме холостого хода, кВт; $\omega_{ш}$ – угловая скорость вращения шпинделя, рад/с; R – радиус обработки (расстояние от вершины режущей кромки резца до оси вращения заготовки), м.

Система, включающая блок 1 задания программы, блок 2 интерполяции и блок 3 задания скорости подачи, управляет станком 4 путем воздействия на привод 5 продольной подачи, привод 6 поперечной подачи и двигатель привода 7 шпинделя. Кроме того, на процесс резания оказывают возмущающие воздействия глубина резания t и твердость материала детали HB . Активная мощность N_d , потребляемая двигателем привода 7 шпинделя, измеряется датчиком 8 и преобразуется им в напряжение U_{N_d} , пропорциональное величине N_d .

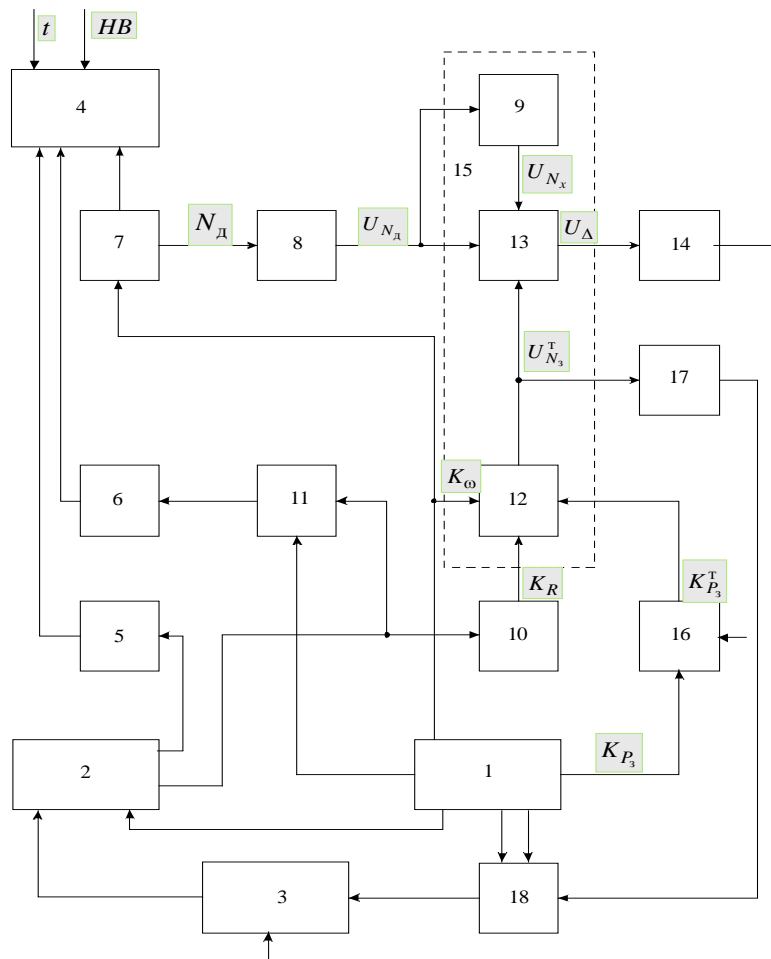


Рисунок – Структурная схема адаптивной системы управления

Компенсатор 9 после каждого включения двигателя привода 7 формирует на выходе и запоминает напряжение U_{N_x} , пропорциональное активной мощности N_x , потребляемой этим двигателем в режиме холостого хода. Счетчик 10 содержит в виде двоичного кода K_R информацию о радиусе обработки. Начальная информация записывается в счетчик при нахождении суппорта поперечной координаты в опорной точке. Изменение этой информации происходит под действием приводных импульсов поперечной координаты, поступающих с одного из выходов блока 2 интерполяции на вход реверсивного счетчика 10. Ввод в счетчик 10 информации, соответствующей величине вылета резца, осуществляется под действием управляющей программы, формируемой блоком 1. Для этого в программе записывается специальная команда вылета резца (номер коррекции) и необходимая величина перемещения по поперечной координате. Под действием команды вылета резца блок 1 задания программы блокирует прохождение приводных импульсов через ключ 11, в результате чего информация реверсивного счетчика 10 изменится при неподвижном суппорте поперечной координаты (приводится в соответствие с истинным радиусом обработки). Код радиуса обработки K_R с выхода счетчика 10 поступает на вход вычислительного

блока 12, на другие входы которого из блока 1 задания программы поступает код угловой скорости вращения шпинделя K_ω , который образуется под воздействием управляющей программы, и текущее значение заданной силы резания K_p^T , которое формируется в блоке 16 реализации закона преобразования силы резания с устройством ввода. Начальное значение K_p образуется под воздействием управляющей программы и поступает на вход блока 16 реализации закона преобразования силы резания с устройством ввода. В этом блоке она изменяется в соответствии с законом, информация о котором поступает с устройства ввода. На выходе вычислительного блока 12 формируется напряжение $U_{N_3}^T$, пропорциональное текущему произведению значений кодов K_p^T , K_ω , K_R , а следовательно, пропорциональное и заданной текущей мощности резания N_3^T , которая определяется из равенства (1) при условии $P_z = P_3^T$.

$$N_3^T = P_3^T \omega_{ш} R. \quad (2)$$

Напряжение, пропорциональное текущему значению мощности резания с выхода вычислительного блока 12 поступает на вход блока 17 изменения тактовой частоты и на вход блока 13 сравнения. На выходе блока 17 формируется текущее значение кода тактовой частоты, которое поступает на вход блока 3 задания скорости при условии, что на вход второго ключа 18, связанного с одним из выходов блока 1 задания программы, не поступит команда блокировки (признак быстрого хода). В противном случае ключ 18 пропускает на вход блока 3 задания скорости код тактовой частоты, соответствующий быстрому ходу, сформированному в блоке 1 задания программы. Блок 13 сравнения формирует на своем выходе напряжение рассогласования U_Δ в соответствии с равенством

$$U_\Delta = U_{N_d} - U_{N_x} - U_{N_3^T}. \quad (3)$$

Анализируя равенства (1), (2) и (3), можно заключить, что $U_\Delta = 0$ при $P_z = P_3^T$.

Регулятор подачи 14, воздействуя на блок 3 задания скорости, корректирует тактовую частоту работы блока 2 интерполяции таким образом, чтобы U_Δ было равно нулю. При этом блок 3 задания скорости формирует результирующее значение тактовой частоты.

1. Каштальян, И.А. Повышение эффективности использования станков с ЧПУ в условиях нестационарного резания / И.А. Каштальян. – Минск: БНТУ, 2008. – 311 с.