

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



(19) **ВУ** (11) **8437**
(13) **С1**
(46) **2006.08.30**
(51)⁷ **G 05B 19/00**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

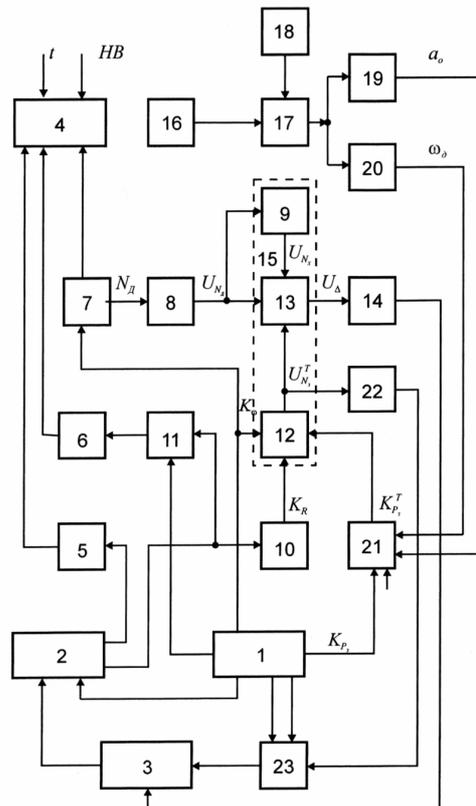
(54) **АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ**

(21) Номер заявки: а 20030651
(22) 2003.06.26
(43) 2004.12.30
(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)
(72) Авторы: Каштальян Иван Алексеевич; Цыркунов Михаил Кондратович; Цыркунов Юрий Михайлович; Жуковский Павел Казимирович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)
(56) SU 744469, 1980.
ВУ 20000537 А, 2001.
SU 1083161 А, 1984.
SU 1303996 А2, 1987.
EP 0077855 А1, 1983.

(57)

Адаптивная система управления станком, содержащая привод подачи поперечной координаты и последовательно соединенные блок задания программы, привод шпинделя, датчик мощности, устройство коррекции, регулятор подачи, блок задания скорости, интерполятор и привод подачи продольной координаты, причем первый выход блока задания программы соединен со вторым входом устройства коррекции, а четвертый выход - со



ВУ 8437 С1 2006.08.30

BY 8437 C1 2006.08.30

вторым входом интерполятора, а также ключ и реверсивный счетчик, выход которого соединен с четвертым входом устройства коррекции, а вход - со вторым выходом интерполятора и первым входом ключа, соединенного вторым входом с пятым выходом блока задания программы, а выходом - со входом привода подачи поперечной координаты, при этом устройство коррекции содержит блок сравнения, соединенный первым и вторым входами соответственно с выходом компенсатора и с выходом вычислительного блока, входы которого являются вторым, третьим и четвертым входами устройства коррекции, третий вход блока сравнения и вход компенсатора являются первым входом устройства коррекции, а выход блока сравнения - выходом устройства коррекции, **отличающаяся** тем, что содержит датчик вибраций, усилитель с управляемой зоной нечувствительности, задатчик допустимого уровня вибраций, аналого-цифровой преобразователь, определитель частоты с входным усилителем, блок реализации закономерности изменения силы резания с устройством ввода и последовательно соединенные блок изменения тактовой частоты и второй ключ, второй и третий входы которого соединены соответственно с третьим и шестым выходами блока задания программы, а выход - со вторым входом блока задания скорости, причем вход блока изменения тактовой частоты соединен с выходом вычислительного блока, третий вход которого соединен с выходом блока реализации закономерности изменения силы резания с устройством ввода, соединенного первым входом со вторым выходом блока задания программы, а вторым и третьим входами соответственно с выходом аналого-цифрового преобразователя и выходом определителя частоты с входным усилителем, входы которых соединены с выходом усилителя с управляемой зоной нечувствительности, первый и второй входы которого соединены соответственно с выходом датчика вибраций и выходом задатчика допустимого уровня вибраций.

Изобретение относится к автоматическому управлению и может быть использовано для управления процессом токарной обработки на многоинструментальных станках с числовым программным управлением (ЧПУ).

Известна адаптивная система управления токарным станком с ЧПУ, стабилизирующая тангенциальную составляющую силы резания P_Z [1]. В этой системе в качестве измеряемого параметра выбрана потребляемая двигателем шпинделя активная мощность N_d , которая связана с P_Z известной зависимостью:

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

где N_x - активная мощность, потребляемая двигателем шпинделя в режиме холостого хода; $\omega_{ш}$ - скорость вращения шпинделя; R - радиус обработки, т.е. расстояние от вершины режущей кромки резца до оси вращения заготовки.

Адаптивная система содержит привод подачи поперечной координаты и последовательно соединенные блок задания программы, привод шпинделя, датчик мощности, устройство коррекции, регулятор подачи, блок задания скорости, интерполятор и привод подачи продольной координаты, причем первый и второй выходы блока задания программы подключены ко второму и третьему входам устройства коррекции, а третий и четвертый выходы - ко вторым входам блока задания скорости и интерполятора соответственно.

Недостатком известной адаптивной системы является узкая область применения.

Прототипом является адаптивная система управления станком [2], содержащая привод подачи поперечной координаты и последовательно соединенные блок задания программы, привод шпинделя, датчик мощности, устройство коррекции, регулятор подачи, блок задания скорости, интерполятор и привод подачи продольной координаты, причем первый и второй выходы блока задания программы подключены ко второму и третьему входам устройства коррекции, а третий и четвертый выходы - ко вторым входам блока задания скорости и интерполятора соответственно, а также ключ и реверсивный счетчик, выход

ВУ 8437 С1 2006.08.30

которого подключен к четвертому входу устройства коррекции, а вход - ко второму выходу интерполятора и к первому входу ключа, соединенного вторым входом с пятым выходом блока задания программы, а выходом - со входом привода подачи поперечной координаты, а устройство коррекции содержит блок сравнения, подключенный первым и вторым входами соответственно к выходу компенсатора и к выходу вычислительного блока, входы которого являются вторым, третьим и четвертым входами устройства, третий вход блока сравнения и вход компенсатора являются первым входом устройства, а выход блока сравнения - выходом устройства.

Недостатком адаптивной системы - прототипа является возможность стабилизации силы резания только на некотором заданном уровне.

Этот недостаток не позволяет использовать адаптивную систему, когда возникает необходимость в периодическом изменении силы резания с целью управления интенсивностью автоколебаний.

Задачей, решаемой изобретением, является расширение функциональных возможностей адаптивной системы, позволяющее формировать и поддерживать закономерность изменения силы резания с амплитудой, обеспечивающей снижение уровня вибраций.

Поставленная задача достигается тем, что в адаптивную систему управления станком, содержащую привод подачи поперечной координаты и последовательно соединенные блок задания программы, привод шпинделя, датчик мощности, устройство коррекции, регулятор подачи, блок задания скорости, интерполятор и привод подачи продольной координаты, причем первый выход блока задания программы соединен со вторым входом устройства коррекции, а четвертый выход - со вторым входом интерполятора, а также ключ и реверсивный счетчик, выход которого соединен с четвертым входом устройства коррекции, а вход - со вторым выходом интерполятора и первым входом ключа, соединенного вторым входом с пятым выходом блока задания программы, а выходом - со входом привода подачи поперечной координаты, при этом устройство коррекции содержит блок сравнения, соединенный первым и вторым входами соответственно с выходом компенсатора и с выходом вычислительного блока, входы которого являются вторым, третьим и четвертым входами устройства коррекции, третий вход блока сравнения и вход компенсатора являются первым входом устройства коррекции, а выход блока сравнения - выходом устройства коррекции, введены датчик вибраций, усилитель с управляемой зоной нечувствительности, задатчик допустимого уровня вибраций, аналого-цифровой преобразователь, определитель частоты с входным усилителем, блок реализации закономерности изменения силы резания с устройством ввода и последовательно соединенные блок изменения тактовой частоты и второй ключ, второй и третий входы которого соединены соответственно с третьим и шестым выходами блока задания программы, а выход - со вторым входом блока задания скорости, причем вход блока изменения тактовой частоты соединен с выходом вычислительного блока, третий вход которого соединен с выходом блока реализации закономерности изменения силы резания с устройством ввода, соединенного первым входом со вторым выходом блока задания программы, а вторым и третьим входами соответственно с выходом аналого-цифрового преобразователя и выходом определителя частоты с входным усилителем, входы которых соединены с выходом усилителя с управляемой зоной нечувствительности, первый и второй входы которого соединены соответственно с выходом датчика вибраций и выходом задатчика допустимого уровня вибраций.

На чертеже представлена блок-схема предлагаемой адаптивной системы.

Адаптивная система содержит блок 1 задания программы, интерполятор 2, блок 3 задания скорости, станок 4, привод 5 подачи продольной координаты, привод 6 подачи поперечной координаты, привод 7 шпинделя, датчик 8 мощности, компенсатор 9, реверсивный счетчик 10, ключ 11, вычислительный блок 12, блок 13 сравнения, регулятор 14 подачи, устройство 15 коррекции (его образуют блоки 9, 12, 13), датчик 16 вибраций,

ВУ 8437 С1 2006.08.30

усилитель 17 с управляемой зоной нечувствительности, задатчик 18 допустимого уровня вибраций, аналого-цифровой преобразователь 19, определитель частоты 20 с входным усилителем, блок 21 реализации закономерности изменения силы резания с устройством ввода, блок 22 изменения тактовой частоты, второй ключ 23, при этом блок 1 задания программы, привод 7 шпинделя, датчик 8 мощности, устройство 15 коррекции, регулятор 14 подачи, блок 3 задания скорости, интерполятор 2 и привод 5 подачи продольной координаты соединены последовательно, первый и четвертый выходы блока 1 задания программы подключены ко вторым входам устройства 15 коррекции и интерполятора 2 соответственно, второй выход блока 1 задания программы через блок 21 реализации закономерности изменения силы резания с устройством ввода подключен к третьему входу устройства 15 коррекции, а третий выход через второй ключ 23 ко второму входу блока 3 задания скорости, выход реверсивного счетчика 10 подключен к четвертому входу устройства 15 коррекции, а вход ко второму выходу интерполятора 2 и к первому входу ключа 11, соединенного вторым входом с пятым выходом блока 1 задания программы, а выходом со входом привода 6 подачи поперечной координаты, причем блок 13 сравнения, входящий в состав устройства 15 коррекции, подключен первым и вторым входами соответственно к выходу компенсатора 9 и к выходу вычислительного блока 12, входы которого являются вторым, третьим и четвертым входами устройства 15 коррекции, третий вход блока 13 сравнения и вход компенсатора 9 являются первым входом устройства 15 коррекции, а выход блока 13 сравнения - выходом устройства 15, блок 22 изменения тактовой частоты и второй ключ 23 соединены последовательно, причем второй и третий входы ключа 23 связаны соответственно с третьим и шестым выходами блока 1 задания программы, а выход со вторым входом блока 3 задания скорости, вход блока 22 изменения тактовой частоты соединен с выходом вычислительного блока 12, третий вход которого связан с выходом блока 21 реализации закономерности изменения силы резания с устройством ввода, подключенного первым входом ко второму выходу блока 1 задания программы, а вторым и третьим входами соответственно к выходу аналого-цифрового преобразователя 19 и выходу определителя частоты 20 с входным усилителем, входы которых связаны с выходом усилителя 17 с управляемой зоной нечувствительности, первый и второй входы которого связаны соответственно с выходом датчика 16 вибраций и выходом задатчика 18 допустимого уровня вибраций.

Компенсатор 9 предназначен для формирования и запоминания после каждого включения двигателя напряжения, пропорционального активной мощности, потребляемой этим двигателем в режиме холостого хода; реверсивный счетчик 10 служит для фиксации текущего значения радиуса обработки и его хранения в виде двоичного кода; ключ 11 предназначен для блокирования прохождения приводных импульсов на привод подачи поперечной координаты; вычислительный блок 12 служит для формирования на своем выходе напряжения, пропорционального заданной мощности резания; блок 13 сравнения служит для формирования на своем выходе напряжения рассогласования; регулятор 14 подачи, воздействуя на блок 3 задания скорости, меняет тактовую частоту работы интерполятора таким образом, чтобы напряжение рассогласования на выходе блока 13 сравнения было равным нулю; устройство 15 коррекции, которое включает в себя компенсатор 9, вычислительный блок 12 и блок 13 сравнения, предназначено для расчета и формирования напряжения рассогласования, поступающего на вход блока 14 регулирования подачи; блок 21 реализации закономерности изменения силы резания с устройством ввода предназначен для подачи на вход вычислительного блока 12 текущего значения кода силы резания в соответствии с заданной закономерностью изменения силы резания; блок 22 изменения тактовой частоты формирует текущее значение кода тактовой частоты в соответствии с текущим значением напряжения, сформированного на выходе блока 12; второй ключ 23 предназначен для подачи на вход блока 3 задания скорости текущего значения кода тактовой частоты, сформированного в блоке 22, или кода тактовой частоты, соответ-

ВУ 8437 С1 2006.08.30

ствующей скорости быстрого хода, образованного под воздействием управляющей программы в блоке 1.

Адаптивная система работает следующим образом.

Адаптивная система, включающая в себя блок 1 задания программы, интерполятор 2 и блок 3 задания скорости, управляет станком 4 путем воздействия на приводы 5, 6 и двигатель привода 7 шпинделя.

Кроме того, на процесс резания оказывают возмущающие воздействия глубина припуска t и твердость материала детали НВ. Активная мощность N_d , потребляемая двигателем привода 7, измеряется датчиком 8 и преобразуется им в напряжение U_{N_d} , пропорциональное величине N_d . Компенсатор 9 после каждого включения двигателя привода 7 формирует на своем 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 интерполятора 2 на вход 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 и необходимая величина перемещения по поперечной координате.

Под действием команды вылета резца блок 1 блокирует прохождение приводных импульсов через ключ 11, в результате чего информация счетчика 10 изменяется при неподвижном суппорте поперечной координаты, т.е. эта информация приводится в соответствие с истинным радиусом обработки.

Код радиуса обработки K_R с выхода счетчика 10 поступает на вход блока 12, на другие входы которого из блока 1 поступают код скорости вращения шпинделя K_ω , который образуется под воздействием управляющей программы, и текущее значение кода заданной силы резания $K_{P_3}^T$, которое формируется в блоке 21 реализации закономерности изменения силы резания с устройством ввода.

Начальное значение K_{P_3} образуется под воздействием управляющей программы и поступает из блока 1 на вход блока 21. В блоке 21 оно изменяется в соответствии с заданной закономерностью. Например, при доминирующей нежесткости детали блок 21 настраивается на реализацию закономерности, при которой амплитуда изменения силы резания $P_{осц}$, вызванная осциллирующим изменением подачи, удовлетворяет условию [3]:

$$P_{осц} \geq \frac{a_0(\omega_d - f)m_d}{1,41}, \quad (2)$$

где a_0 - величина установившейся амплитуды колебаний при отсутствии осциллирующего изменения подачи (силы резания); ω_d - частота автоколебаний; f - частота осцилляции; m_d - приведенная масса детали.

Если уровень вибраций, a , следовательно, и сигнал с выхода датчика 16 меньше величины зоны нечувствительности усилителя 17, определяемой сигналом с датчика 18, сигнал на выходе усилителя равен нулю. Следовательно равны нулю значения амплитуды a_0 на выходе аналого-цифрового преобразователя 19 и частоты ω_d на выходе определителя частоты 20. Когда уровень вибраций возрастет и сигнал с выхода датчика 16 станет больше величины зоны нечувствительности усилителя 17, на выходе последнего появится сигнал, величина которого определяет значения a_0 и ω_d . После преобразования в цифровую форму эти параметры вводятся в блок 21 и совместно с другой информацией (при доминирующей нежесткости детали - приведенной массой m_d и частотой осцилляции f) используются при формировании закономерности изменения силы резания.

ВУ 8437 С1 2006.08.30

На выходе блока 12 формируется напряжение, пропорциональное текущему произведению значений кодов $K_{P_3}^T$, K_ω и K_R , а следовательно, пропорциональное и заданной текущей мощности резания N_3^T , которая определяется из равенства (1) при условии $P_Z = P_3^T$.

$$N_3^T = R_3^T \omega_{ш} R. \quad (3)$$

Напряжение, пропорциональное текущему значению мощности резания, с выхода вычислительного блока 12 поступает на вход блока 22 и на вход блока 13.

На выходе блока 22 формируется текущее значение кода тактовой частоты, которое поступает на вход блока 3 задания скорости при условии, что на вход второго ключа 23, связанного с шестым выходом блока 1 задания программы, не поступит команда блокировки (признак быстрого хода). В противном случае ключ 23 пропускает на вход блока 3 код тактовой частоты, соответствующий быстрому ходу, сформированный в блоке 1.

Блок 13 формирует на своем выходе напряжение рассогласования U_Δ в соответствии с равенством:

$$U_\Delta = U_{N_d} - U_{N_x} - U_{N_3^T}. \quad (4)$$

Анализируя равенства (4), (3) и (1), можно заключить, что $U_\Delta = 0$ при $P_Z = P_3^T$.

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

Источники информации:

1. Самонастраивающиеся системы управления станками: Сборник. - М.: НИИМАШ, 1971. - С. 39-40.
2. А.с. СССР № 744469, МПК G 05B 19/38 // БИ. - № 24. -1980 (прототип).
3. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. - М.: Машиностроение, 1977. - С. 228-233.