

вплоть до  $X(n) = 1/3$ . К дальнейшему сокращению степени неопределенности следует подходить весьма осторожно, поскольку максимальное снижение указанного параметра, указывающее на однозначность положения всех частиц абразива, может привести к снижению выходных параметров качества обрабатываемых поверхностей вследствие реализации метода резания периодически профильным инструментом (типа гребенки и т. п.).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Завистовский С.Э., Завистовская Т.И., Кириенко А.С. Рационализация конструкции и особенности технологии изготовления оптимального ленточного абразивного инструмента. В сб.: Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления. Вып.1. В 3-х т.- Т.3./ Под общ.ред. П.А.Витязя.- Мн.: УП "Технопринт", 2002. —С. 27-31.

УДК..621.9.06 – 52

И.А. Каштальян

## **КОМПЕНСАЦИЯ МОЩНОСТИ ХОЛОСТОГО ХОДА ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ С ЧПУ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Комплексная механизация и автоматизация технологических процессов является одной из приоритетных задач на современном этапе развития машиностроения. В условиях мелкосерийного и серийного производства, выпускающего около 75 % продукции машиностроения, эта задача решается путем внедрения станков и станочных комплексов с числовым программным управлением (ЧПУ). Оборудование с ЧПУ совмещает гибкость универсального оборудования и высокую производительность специального автоматического, что существенно меняет характер производства, делает его мобильным, удовлетворяющим требованиям по непрерывному совершенствованию и обновлению продукции машиностроения. Относительная доля станков с ЧПУ в станочном парке предприятий машиностроения постоянно возрастает, поэтому актуальны вопросы их эффективной эксплуатации.

Эффективность использования станков с ЧПУ на производстве находится в прямой зависимости от их технических характеристик и особенно от производительности

сти и точности. В ряде случаев повышения производительности и точности обработки считается коррекцией управляющих программ по результатам измерений обработанных деталей или методом их предсказания на этапе подготовки. Однако широкое использование этих методов сдерживается простоями станков при измерении деталей и коррекции программ, а также большой трудоемкостью их разработки. В связи с этим на станках с ЧПУ все чаще применяют системы управления, основанные на использовании информации, получаемой в ходе обработки резанием (адаптивные системы) [1]. Такие системы строятся на базе технологического программного обеспечения систем ЧПУ и обеспечивают в процессе обработки активный контроль параметров, прямо или косвенно характеризующих процесс, сравнение их с заданными значениями и изменение режимов резания в соответствии с выбранной стратегией.

В зависимости от типа управляющего воздействия адаптивные системы могут быть разделены на три вида: стабилизирующие — поддерживающие управляемый параметр на заданном уровне; программные — изменяющие параметр в соответствии с заданной закономерностью; следящие — изменяющие управляемый параметр в зависимости от неизвестного ранее значения переменной величины на выходе автоматической системы [1]. В качестве контролируемого параметра при этом используют силу резания, температуру резания, мощность резания, крутящий момент и др. Объединяет эти системы то, что поддержание уровня контролируемого параметра или закономерности его изменения осуществляется путем регулирования скорости главного привода или привода подачи.

На многоинструментальных станках с ЧПУ вследствие технических трудностей измерения силы резания и температуры чаще в качестве контролируемого параметра выбирают потребляемую двигателем привода главного движения активную мощность  $N_o$ . При этом мощность, затрачиваемая на процесс резания,  $N_p$  определяется из выражения  $N_p = N_o - N_x$ , где  $N_x$  — активная мощность, потребляемая двигателем в режиме холостого хода. Приведенная зависимость свидетельствует о том, что после каждого включения двигателя и разгона до скорости, заданной в управляющей программе (УП), необходимо измерить величину  $N_x$ , разместить ее в оперативной памяти устройства ЧПУ и учитывать при определении текущего значения  $N_p$ .

Решение этой задачи рассмотрим на примере адаптивной системы управления токарным станком с ЧПУ, обеспечивающей поддержание заданной закономерности изменения силы резания в функции пути. В данном случае при использовании датчика мощности исходят из того, что активная мощность  $N_o$ , потребляемая двигателем связана с тангенциальной составляющей силы  $P_t$  резания следующей зависимостью:

$$N_o = N_x + \omega_w R P_t, \quad (1)$$

где  $\omega_w$  — угловая скорость вращения шпинделя;  $R$  — радиус обработки.

Если угловую скорость  $\omega_{ш}$  выразить через частоту вращения  $n$ , то зависимость (1) примет следующий вид:

$$N_o = N_x + \frac{\pi n}{30} R P_z, \quad (2)$$

Отсюда текущее значение тангенциальной составляющей силы  $P_z$  резания будет определяться из выражения

$$P_z = \frac{30(N_o - N_x)}{\pi n R} \quad (3)$$

При реализации приведенной зависимости частота  $n$  вращения шпинделя задается в управляющей программе под адресом  $S$ . Текущее значение радиуса  $R$  обработки определяется положением настроечной точки режущего инструмента в системе координат детали, которое отслеживается устройством ЧПУ (память положения). Активная мощность, потребляемая двигателем  $N_o$ , и мощность  $N_x$  холостого хода измеряются датчиком мощности. Структурная схема адаптивной системы, обеспечивающей компенсацию мощности холостого хода  $N_x$ , представлена на рис. 1.

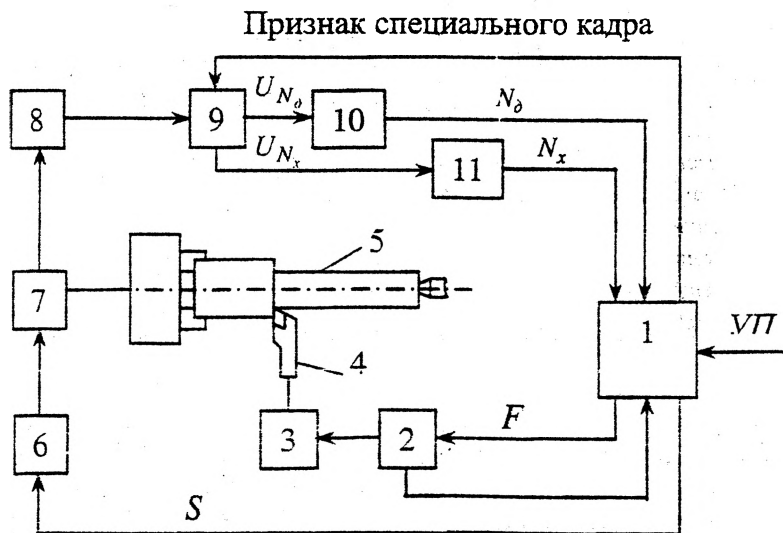


Рис. 1. Структурная схема адаптивной системы управления: 1 — устройство числового программного управления; 2 — блок управления приводам подачи; 3 — привод подачи; 4 — резец; 5 — заготовку; 6 — блок управления приводам главного движения; 7 — привод главного движения; 8 — датчик мощности; 9 — ключ; 10-11 — аналого-цифровые преобразователи.

Система работает следующим образом.

Устройство числового программного управления 1 в соответствии с управляющей программой вырабатывает управляющие импульсы, которые поступают на блок 2 управления приводом подачи и блок 6 управления приводом главного движения. В результате привод 3 подачи осуществляет перемещение реза 4 с заданной в программе под адресом  $F$  скоростью подачи, а привод 7 главного движения — вращение заготовки с заданной под адресом  $S$  частотой. Активная мощность  $N_0$ , потребляемая двигателем привода 7 главного движения, измеряется датчиком 8 мощности и преобразуется им в напряжение  $U_{N_0}$ , пропорциональное величине  $N_0$ . Далее напряжение  $U_{N_0}$  через ключ 9 поступает на вход аналого-цифрового преобразователя 10 и после преобразования в цифровую форму поступает на один из входов устройства ЧПУ. Режим холостого хода устанавливается с помощью ключа 9 при наличии признака специального кадра управляющей программы. В этом кадре задается частота вращения заготовки, которая необходима для обработки на последующем рабочем ходе. Напряжение, пропорциональное мощности холостого хода, с помощью аналого-цифрового преобразователя 11 преобразуется в числовую форму и поступает в соответствующую ячейку оперативной памяти устройства ЧПУ.

Схема алгоритма, реализующего функцию измерения и компенсации мощности холостого хода  $N_x$ , представлена на рис. 2.

При разработке алгоритма во внимание было принято следующее.

1. Привод главного движения управляется аналоговым сигналом и сигнал пропорциональной мощности также вырабатывается в аналоговом виде.
2. В технологической управляющей программе перед кадром, содержащим информацию о направлении и частоте вращения шпинделя при обработке заготовки, задается специальный кадр (имеющий признак), в котором эта информация дублируется.
3. При отработке специального кадра исполнительный орган станка находится в исходном положении до тех пор, пока частота вращения шпинделя не достигнет заданной.
4. Привод главного движения имеет возможность вырабатывать сигнал, когда частота вращения шпинделя достигнет частоты, заданной в специальном кадре управляющей программы (сигнал с устройства соответствия).

Таким образом, при построении адаптивных систем управления многинструментальными станками в качестве контролируемого параметра целесообразно использовать потребляемую двигателем привода главного движения активную мощность  $N_0$ , а функцию компенсации мощности холостого хода  $N_x$  передать устройству ЧПУ. Поскольку современные приводы главного движения оснащены встроенным датчиком мощности, это позволяет существенно снизить затраты на разработку и эксплуатацию адаптивных систем такого типа.

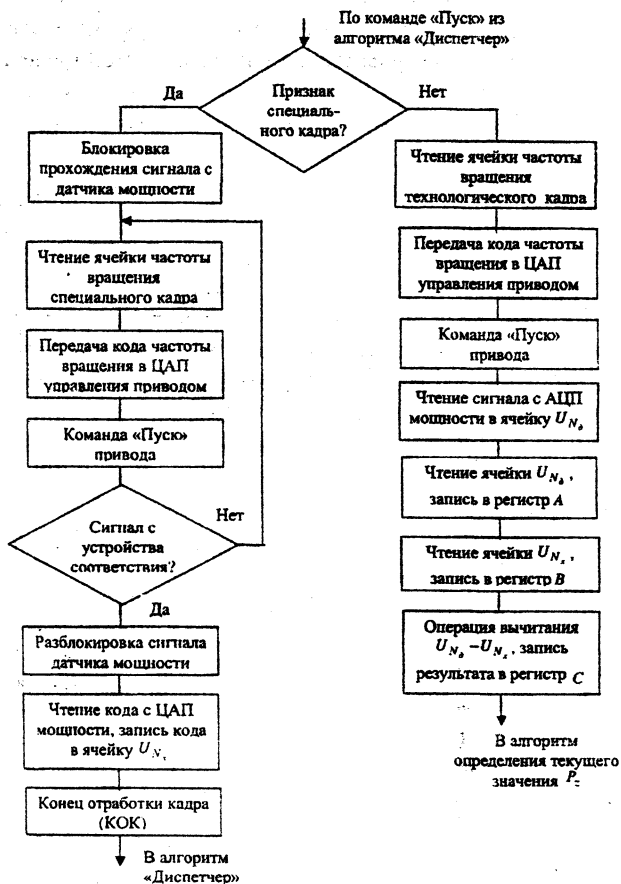


Рис. 2. Алгоритм компенсации мощности холостого хода

АЦП — аналого-цифровой преобразователь; ЦАП — цифро-аналоговый преобразователь

## ЛИТЕРАТУРА

1. Подураев В. Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. — М.: Машиностроение, 1977. — 304 с.
2. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы. Практик. пособие. В 14-ти кн. Кн. 14/ О. П. Михайлов, Р. Т. Орлова, А. В. Пальцев. Современный электропривод станков с ЧПУ и промышленных роботов. Под ред. Б. И. Черпакова. — М.: Высш. шк., — 1989. — 111 с.