

Z-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ

Аннотация. В статье предложена методика математического описания и анализа системы мониторинга процессом шлифования. Данный процесс имеет четко выраженные периоды квантования, изменения каждого параметра технологической системы имеют свои частотные, скоростные и временные характеристики. Для анализа технологической системы процесса шлифования можно использовать метод Z-преобразования передаточной функции, что позволит обеспечить высокую эффективность процесса шлифования и возможность ее применения в автоматизированном производстве. Применение Z-преобразования позволяет отразить основные операции цифровой обработки сигналов: задержки на определенное число тактов, умножения отсчетов сигнала на весовые коэффициенты и сложения.

Ключевые слова: мониторинг, диагностика, управление, шлифование, Z-преобразование.

Z-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМОЮ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ

Анотація. У статті запропонована методика математичного опису та аналізу системи моніторингу процесом шліфування. Цей процес має чітко виражені періоди квантування, зміни кожного параметра технологічної системи мають свої частотні, швидкісні й часові характеристики. Для аналізу технологічної системи процесу шліфування можна використовувати метод Z-перетворення передавальної функції, що дозволить забезпечити високу ефективність процесу шліфування й можливість її застосування в автоматизованому виробництві. Застосування Z-перетворення дозволяє відобразити основні операції цифрової обробки сигналів: затримки на певне число тактів, множення відліків сигналу на вагові коефіцієнти й складання.

Ключові слова: моніторинг, діагностика, управління, шліфування, Z-перетворення.

Z-TRANSFORMATION OF DISCRETE SYSTEMS OF MONITORING AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL SYSTEM OF GRINDING PROCESS

Summary. The paper proposes a method of mathematical description and analysis of the system of grinding process monitoring. This process has distinct quantization periods, the changes of each technological system parameter have their frequency, speed and time characteristics. The performed analysis shows changes in each parameter of technological system. They do not form a continuous spectrum, and are good enough to distinguish the presence of the control dynamics of the output variables of the grinding operation. Having the data on the dynamics of the output variables it is always possible to determine the type of disturbances and changes in technical systems and introduce a correction in the management of the treatment process, and to calculate the time interval in which it is necessary to take into account certain changes in the production system.

Grinding process is characterized as signs of discrete and continuous systems. There is a powerful, well-studied mathematical apparatus constructed on the basis of the Laplace transform for continuous systems. But the application of this transformation to the digital system is impossible. To analyze the technological process of grinding the method of Z-transformation of the transfer function, which will ensure high efficiency of the grinding process and the possibility of its use in automated production, can be used. Z-transformation application allows reflecting the basic operations of digital signal processing: delay for a certain number of cycles, the multiplication of signal samples to weights and addition.

Key words: monitoring, diagnosis, management, grinding, Z-transformation.

Постановка проблемы. В современных шлифовальных станках с ЧПУ функции регулятора или корректирующего устройства выполняет ЭВМ. Они имеют решающее значение в управлении технологическими процессами, в ко-

торых совместная работа ЭВМ и исполнительного устройства обеспечивает выполнение ответственных операций. Это в свою очередь требует математического описания системы мониторинга операции шлифования на основе анализа скоро-

стных параметров изменения выходных переменных.

Анализ литературы. Компьютерные системы управления нашли широкое применение в промышленности. За последние десять лет быстроедействие и производительность компьютеров, входящих в состав систем управления, используемых в промышленности, значительно выросло. Стоимость компьютеров и логических элементов, входящих в их состав, уменьшилось по экспоненте. Это позволило автоматизировать многие производственные процессы, используя ЭВМ непосредственно в системе управления.

При применении цифровых систем управления имеется ряд преимуществ:

- повышенная точность измерений;
- использование цифровых сигналов (кодов), датчиков, преобразователей, и микропроцессоров;
- меньшая чувствительность к шумам и помехам;
- возможность легко менять алгоритм управления в программном обеспечении.

Использование цифровых сигналов дает возможность использовать большое количество цифровых устройств и коммуникаций, которые способны эффективно измерять, передавать сигналы и связывать между собой различные системы.

Анализ экспериментальных данных, выполненный в работе [1], показывает, что изменения каждого параметра технологической системы имеют свои частотные, скоростные и временные характеристики. Они не образуют непрерывного спектра и достаточно хорошо различимы при наличии контроля динамики выходных переменных операций шлифования.

Имея данные по динамике выходных переменных, всегда возможно определить вид возмущения и изменения технической системы и ввести коррекцию в управление процессом обработки, а также рассчитать интервалы времени, через которые необходимо учитывать те или иные изменения технологической системы.

Поскольку рассматриваемый нами процесс шлифования имеет четко выраженные периоды квантования, рассмотренные согласно работе [2], необходимо предложить метод математического описания и анализа системы мониторинга и управления.

Цель статьи – разработка методики математического описания и анализа системы мониторинга процесса шлифования на основе анализа скоростных параметров изменения выходных переменных.

Изложение основного материала. Процессу шлифования свойственны как признаки дискретных, так и непрерывных систем. Существует мощный, хорошо изученный математический аппарат, построенный на базе преобразования Лапласа для непрерывных систем. Но применение этого преобразования к дискретным системам невозможно.

Для анализа технологической системы процесса шлифования можно использовать метод Z-преобразования передаточной функции [3], что позволит достаточно просто определить характеристики системы управления, в которой функции регулятора или корректирующего устройства выполняет ЭВМ. На рис. 1 приведена функциональная схема цифровой системы мониторинга и управления круглошлифовального станка с коррекцией цикла.

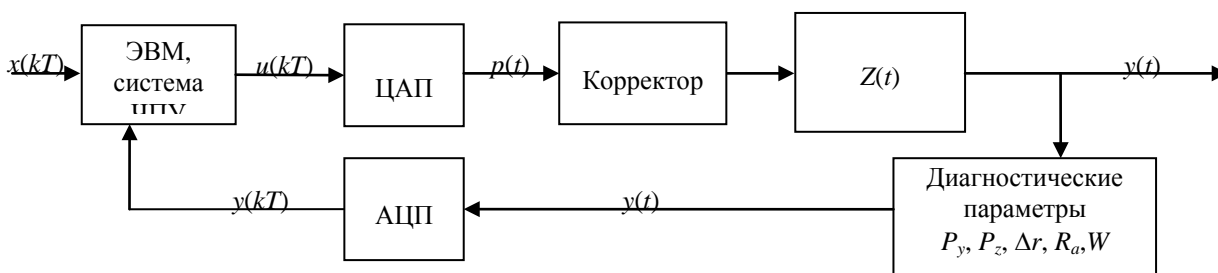


Рис. 1. Функциональная схема цифровой системы мониторинга и управления круглошлифовального станка с коррекцией цикла.

В цифровой системе управления ЭВМ получает и обрабатывает сигнал в цифровом (численном) виде, а не в виде непрерывной переменной. Преобразование непрерывного выходного аналогового сигнала $y(t)$, полученного от диагностических датчиков, осуществляет аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Выходной дискретный управляющий сигнал $u(kT)$ от компьютера (цифровой) преобразуется в непрерывный аналоговый сигнал $p(t)$ с помощью цифроаналогового

преобразователя (ЦАП). Переменные $x(kT)$, $y(kT)$ и $u(kT)$ являются дискретными сигналами, а $y(t)$ и $p(t)$ – непрерывными функциями времени.

Дадим математическое описание процесса цифровой обработки сигналов, основанного на представлении их в виде функции дискретного времени:

$$y(0), y(1), y(2), y(3), \dots, y(k), \quad (1)$$

где индексы 0, 1, 2, 3, ... k имеют смысл текущего времени.

Если указать значение периода квантования T непрерывного выходного сигнала $y(t)$, то устанавливается однозначная связь между этим сигналом и числовой последовательностью. При этом каждое число последовательности $y(k)$ равно значению непрерывного сигнала в момент времени $t = kT$:

$$y(t) = y(kT). \quad (2)$$

Это равенство показывает, что одной и той же последовательности $y(k)$ соответствуют различные непрерывные сигналы, отличающиеся только масштабом по оси времени.

Поскольку выходной квантованный сигнал $y^*(t)$ представляет собой последовательность импульсов с амплитудами $y(kT)$, то его можно описать выражением

$$y^*(t) = \sum_{k=0}^{\infty} y(kT)\delta(t - kT), \quad (3)$$

где $y(t)$ существует для $t > 0$.

Преобразовав по Лапласу выражение (3), получим:

$$L\{y^*(t)\} = \sum_{k=0}^{\infty} y(kT)e^{-ksT} \quad (4)$$

Это выражение представляет собой бесконечный ряд по степеням члена e^{sT} .

Введем комплексную переменную $z = e^{sT}$, (5)

которая осуществляет конформное отображение с s -плоскости на z -плоскость.

Тогда можем определить новое преобразование, называемое Z -преобразованием:

$$Z\{y(t)\} = Z\{y^*(t)\} = \sum_{k=0}^{\infty} y(kT)z^{-k}. \quad (6)$$

В общем случае будем определять Z -преобразование функции как

$$Z\{y(t)\} = Y(z) = \sum_{k=0}^{\infty} y(kT)z^{-k}. \quad (7)$$

Из выражения (7) следует, что при помощи Z -преобразования мы получили из дискретной последовательности $y(kT)$ непрерывную функцию $Y(z)$. При этом $Y(z)$ – это не просто функция, а функция комплексного переменного. То есть $Y(z)$ определена на комплексной плоскости z , и значения $Y(z)$ – тоже комплексные величины.

Данное преобразование называется прямым. Существует и обратное Z -преобразование, когда из функции комплексного переменного $Y(z)$ может быть получена исходная последовательность $y(kT)$.

Прямое и обратное Z -преобразование:

$$\begin{aligned} Z\{y(t)\} &= Y(z), \\ y(t) &= Z^{-1}\{Y(z)\}. \end{aligned} \quad (8)$$

Z -преобразование позволяет отразить основные операции цифровой обработки сигналов: за-

держки на определенное число тактов, умножения отсчетов сигнала на весовые коэффициенты и сложения.

Для дальнейшего анализа сигналов и дискретных цепей рассмотрим важные свойства Z -преобразования.

Свойство линейности. Если последовательности $x(n)$ соответствует Z -преобразование $X(z)$, а последовательности $y(n)$ соответствует Z -преобразование $Y(z)$:

$$\begin{aligned} x(n) &\leftrightarrow X(z), \\ y(n) &\leftrightarrow Y(z), \end{aligned} \quad (9)$$

то суперпозиции этих последовательностей соответствует суперпозиция их Z -преобразований:

$$ax(n) + by(n) \leftrightarrow aX(z) + bY(z), \quad (10)$$

где a и b – матрицы коэффициентов.

Свойство задержки сигнала на целое число периодов дискретизации. Если последовательности $x(n)$ соответствует Z -преобразование $X(z)$, то такой же последовательности, но сдвинутой на k отсчетов в сторону запаздывания соответствует Z -преобразование $z^{-k}X(z)$:

$$x(n - k) \leftrightarrow z^{-k}X(z). \quad (11)$$

Следовательно, задержка последовательности приводит к умножению ее Z -преобразования на z^{-k} .

Свойство свертки последовательностей – эквивалент интеграла наложения для аналоговых цепей. Если последовательности $x(n)$ соответствует Z -преобразование $X(z)$, а последовательности $y(n)$ соответствует Z -преобразование $Y(z)$, то дискретной свертке последовательностей $x(n)$ и $y(n)$ соответствует произведение их Z -преобразований:

$$x(n) \times y(n) \leftrightarrow X(z)Y(z). \quad (12)$$

Выводы. В современных шлифовальных станках с ЧПУ система управления имеет несколько подсистем регулирования, необходимых для обеспечения требуемой точности и качества обработки. Подсистемы шлифовального станка и процесса шлифования имеют различные периоды квантования, по этому при построении цифровых систем мониторинга и управления возникает задача определения частоты квантования каждой из имеющихся подсистем.

Применение математического аппарата теории дискретных систем Z -преобразования позволяет решить задачи анализа устойчивости и качества систем мониторинга и управления процессом шлифования.

За период квантования ЭВМ способна выполнить большое количество вычислений и сформировать выходной сигнал системе управления, который затем используется корректирующим устройством для управления процессом шлифования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новоселов Ю. К. Диагностика операций чистового шлифования по динамике изменения выходных переменных и параметров состояния технологической системы / Ю. К. Новоселов, Э. Э. Ягьяев, Н. Р. Кириенко // Вестник Севастопольского национального технического университета : сборник научных трудов. Вып. 107. – Севастополь, 2010. – С. 170–173.
2. Ту Ю. Современная теория управления / Ю. Ту. – М. : Машиностроение, 1971. – 472 с.
3. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп ; [пер. с англ. Б. И. Копылова]. – М. : Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.