

3-7-2019

DISCRETE-STOCHASTIC SIGNAL TRANSFERS IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

M O. Atajonov
Tashkent State Technical University

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Atajonov, M O. (2019) "DISCRETE-STOCHASTIC SIGNAL TRANSFERS IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS," *Scientific-technical journal*: Vol. 2 : Iss. 1 , Article 9.
Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol2/iss1/9>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

DISCRETE-STOCHASTIC SIGNAL TRANSFERS IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

M.O. Atajonov

Tashkent State Technical University

ДИСКРЕТНО – СТОХАСТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

М.О. Атажонов

Ташкентский государственный технический университет

АВТОМАТИК РОСТЛАШ ТИЗИМЛАРИДА СИГНАЛЛАРНИ ДИСКРЕТ-СТОХАСТИК ЎЗГАРТИРГИЧЛАР

М.О. Атажонов

Тошкент давлат техника университети

The article deals with the construction of a digital controller based on a discrete - stochastic approach using the principle of a stochastic analogue - digital signal conversion. The proposed method is implemented when constructing a proportional - integral - differential (PID) algorithm of discrete control, discrete - stochastic representation of continuous signals allows to isolate a useful signal against a background of high - quality noise.

Keywords: automatic control, functional modules, control, microprocessors, discrete stochastic method, PID, control algorithm.

В статье рассматриваются вопросы построения цифрового регулятора на основе дискретно – стохастического подхода использующей принцип стохастического аналога – цифрового преобразования сигналов. Предложенная методика реализована при построение пропорционально- интегрально - дифференциального (ПИД) – алгоритма дискретного управления, дискретно – стохастическое представление непрерывных сигналов позволяет выделить полезный сигнал на фоне высококачественных помех.

Ключевые слова: автоматическое регулирование, функциональные модули, управление, микропроцессоры, дискретно-стохастический метод, ПИД, алгоритм управления.

Мақолада сигналларни рақамли ўзгартирувчи стохастик аналог принциpidан фойдаланувчи дискрет-стохастик ёндашув асосидаги рақамли ростлагични куриши масаласи кўриб чиқилган. Таклиф этилаётган услуб дискрет бошқарувнинг пропорционал-интеграл-дифференциал (ПИД) алгоритми ёрдамида амлга оширилган, узлуксиз сигналларни дискрет-стохастик тасвирланиши юқори сифатли халақитлар фонида фойдали сигнални ажратиб олиши имконини беради.

Таянч сўзлар: автоматик рстлаш, функционал модуллар, бошқарув, микропроцессорлар, дискрет-стохастик усул, ПИД, бошқарув алгоритми.

Одной из тенденций в построении систем автоматического регулирования (АСР), реализуемых на основе современных микропроцессоров и микро ЭВМ, является их децентрализация, позволяющая снизить требования к быстродействию функциональных модулей, входящих в отдельные контуры управление, повысить отказоустойчивость и надежность системы. Дальнейшее улучшение эксплуатационных характеристик возможно за счет построения функциональных блоков с использованием дискретно – стохастического способа представления и обработки информации.

Реализация дискретного алгоритма ПИД – управления предполагает представление непрерывной функции ошибки регулирования $e(t)$ в виде решетчатой функции $e[k]$ (либо $y[k]$) с периодом T_d , используемой затем при формировании управляющего воздействия $u[k]$ [1]. При подключении ПИД – регулятора в замкнутом контуре ко входу объекта управления (ОУ)

$$u[k] = K_p e[k] + c_1 \sum_{i=0}^{k-1} e[i] + c_D (e[k] - e[k - m_D]), \quad (1)$$

где K_p , c_1 , c_D – параметры дискретного ПИД- управления; $e[k] = \omega - y[k]$, ω - задающее воздействие; $m_D \in \{1; 2; \dots\}$ - интервал разнесения дискретных отсчетов при вычислении дифференциальной составляющей – разности первого порядка $\Delta e[k]$.

При перенесении ПИД- регулятора в замкнутом контуре на выход ОУ

$$u[k] = K_p \left\{ v - \left[y[k] + c'_1 \sum_{j=0}^{m-1} y[k - j] + c'_D (y[k] - y[k - m_D]) \right] \right\} + \omega / K_0, \quad (2)$$

где $c'_1 = c_1 / K_p$; $c'_D = c_D / K_p$; $m_I = [1 / c'_1] \in \{1; 2; \dots\}$ - интервал скользящего усреднения регулируемой переменной; K_0 – коэффициент передачи ОУ; $v = 2\omega$ - пересчитанная уставка.

Новый дискретно – стохастический подход к построению ПИД – регуляторов заключается в использовании принципа стохастического аналога – цифрового преобразования для представления сигнала $x(t) \in \{e(t); y(t)\}$ в виде $x[k]$ и в совмещении процесса формирования решетчатой функции с базовыми операциями интегрирования и дифференцирования.

Дискретно – стохастическое представление непрерывного сигнала $x(t) = U(t) / U_{оп}$, где $U_{оп}$ - опорный уровень напряжения, означает:

- формирование на выходе преобразователя напряжение – вероятность (ПНВ) бинарной случайной тактированной последовательности $\{x_i\}$ с вероятностью появления единицы [2]

$$P_x = \begin{cases} x(t), & x(t) \in [0, 1]; \\ 0.5[1 + x(t)], & x(t) \in [-1, 1]; \end{cases}$$

- разбиение последовательности $\{x_i\}$ на фрагменты с периодом дискретности T_d и ее интегрирование (преобразование вероятность-код) на интервале $T_{II} \leq T_d$.

Время преобразования в тактах определяется точностью интегрирования и выбирается кратным периоду последовательности псевдослучайных чисел (ПСЧ), участвующих в процессе преобразования.

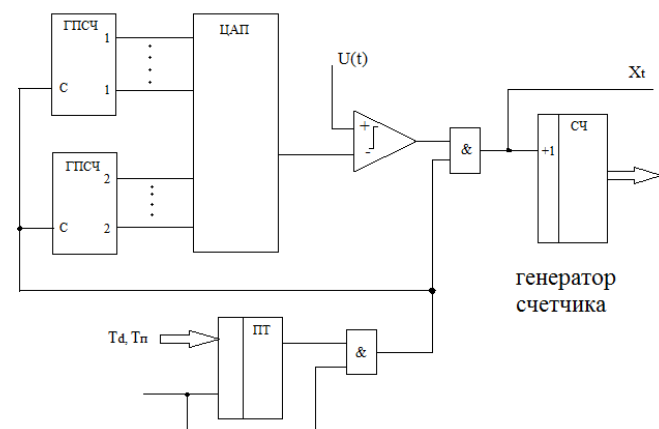


Рис.1. Структура дискретно – стохастического АЦП.

Структура дискретно – стохастического АЦП показана на рис.1. Устройство построено на основе n - разрядного ЦАП, компаратора, двух генераторов ПСЧ с числом и программируемого таймера, управляющего периодам дискретности T_d и временем

Время преобразования в тактах определяется точностью интегрирования и выбирается кратным периоду последовательности псевдослучайных чисел (ПСЧ), участвующих в процессе преобразования.

Основными блоками дискретно – стохастических ПИД – регуляторов, реализующих алгоритмы (1) и (2), являются дискретно – стохастические АЦП, дифференцирующие и интегрирующие устройства (ДУ и ИУ) соответственно).

преобразования T_{II} . Время преобразования выбирается кратным периоду повторения последовательности ПСЧ в ГПСЧ1 $N=2^l$.

Период повторения последовательности в ГПСЧ2 $M = 2^{n1} - 1$ является взаимно простым к N , что исключает корреляцию между последовательностями.

В каждом такте преобразования напряжение на выходе ЦАП, пропорциональное n -разрядному ПСЧ, сравнивается с преобразуемым напряжением $U(t)$ и результат сравнения (1, если $U_{ЦАП} \leq U(t)$, и 0, если $U_{ЦАП} > U(t)$) фиксируется счетчиком.

Представляя значение входного сигнала в виде суммы $U(t) = i2^{-l}U_{оп} + j2^{-n}U_{оп} + \Delta U$, где $\Delta U < 2^{-n}U_{оп}$, для математического ожидания бинарного символа на выходе ПНВ можно написать:

$$M(x_r) = 2^{-l}(i + j/M) \quad (3)$$

Первый член в (3) определяется числом единиц i , получаемых на выходе ПНВ за период работы ГПСЧ1 $N=2^l$.

Второй - числом единиц j , получаемых при кодировании второй составляющей напряжения $U(t)$ в моменты времени, когда значения ПСЧ на выходе ГПСЧ1 равны i .

Для изменяющегося входного сигнала в условиях равномерного распределения составляющих $j2^{-n}U_{оп}$ и ΔU математическое ожидание погрешности преобразования

$$M[x_r - U(t)/U_{оп}] = 0 \quad [3].$$

Дисперсия результата интегрирования последовательности за r циклов преобразования (по $N=2^l$ тактов) ограничена значениями:

$$\frac{r(M-r)}{M-1} D(1-p) \leq D(S_r) \leq \sum_{k=1}^r p_k(1-p_k),$$

где $p_k = j_k/M$ - вероятность появления единицы выход ПНВ (определяемая

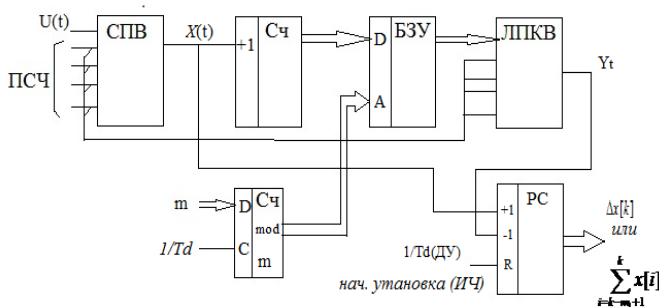


Рис.2. схема дискретно – стохастического ДУ.

второй составляющей напряжения $U(t)$).

Нижняя оценка дисперсии S_r соответствует постоянному значению $U(t)$. Для изменяющегося сигнала при равномерном распределении значений j_k/M в пределах интервала $\Delta P = (j_{max} - j_{min})/M \leq 1$ и $r = M$

$$D(S_M) = \frac{1}{6} \frac{M^2}{m-1} \Delta P \left(1 - \frac{1}{2} \Delta P\right).$$

В качестве дискретно – стохастического ДУ предлагается использовать структуру, изображенную на рис. 2. Здесь счетчик Сч накапливает оценку $x[k]$ текущего значения переменной $x(t)$. На выходе линейного преобразователя код-вероятность (ЛПКВ) формируется бинарная последовательность $y(t)$ с вероятностным параметром

$$p_y = \begin{cases} x[k - m_D], & x(k) \in [0, 1]; \\ 0.5(1 + x[k - m_D]), & x(k) \in [-1, 1]; \end{cases}$$

где $x[k - m_D]$ - оценка входной переменной, полученная в предшествующем $[k - m_D]$ -м цикле преобразования и хранимая в буферном ЗУ (БЗУ) емкостью m_D слов. В реверсивном счетчике (РС) образуется дополнительный код разности $\Delta x[k] = x[k] - x[k - m_D]$, представляющий оценку приращения сигнала $x(t)$ знакопеременная ($x[k] \in [-1, 1]$), то под $\Delta x[k]$ будет представлен в РС в масштабе 0,5.

Для изменения функций устройства достаточно изменить порядок сброса РС. В случае работы устройства как интегрирующего в РС формируется, обновляясь в каждом периоде дискретности, сумма m_1 последовательных дискретных отсчетов $x[k]$, хранящихся в БЗУ.

Непрерывное интегрирование знакопеременного сигнала $x(t) \in [-1, 1]$, предусмотренное алгоритмом (1), просто реализуется РС, оперирующим только бинарной последовательностью $\{x_t\}$.

Перспективы применения дискретно – стохастических вычислительных преобразователей в САР связаны прежде всего со следующими обстоятельствами. Дискретно – стохастическое представление непрерывных сигналов $x(t)$, совмещенное с операциями интегрирования и дифференцирования, сохраняет важное преимущество аналого–стохастического преобразования по сравнению с аналого-цифровым, так как позволяет выделять полезный сигнал на фоне высокочастотных помех, поскольку значениями решетчатой функции $x[k]$ являются не мгновенные, а усредненные на интервал $T_{II} \leq T_d$ значения непрерывного сигнала.

Модули ПИД - управления на основе дискретно - стохастических АЦП, ИУ и ДУ, отличающихся простотой структурной организации, и БИС умножителей могут быть реализованы на одной печатной плате; аппаратные затраты при этом сравнимы с известными микропроцессорными реализациями ПИД - регуляторов, однако системное управление модулями существенно упрощается за счет использования простых функциональных элементов. Следует отметить, что при тактовой частоте работы ЦАП 2 МГц частота дискретизации входного сигнала дискретно-стохастического ПИД - регулятора может быть выбрана порядка 1 кГц, что обеспечивает быстродействие, приемлемое для большинства задач регулирования.

Список литературы

- [1]. Изерман Р. Цифровые системы управления. Пер. с англ. –М.: Мир. 1984.
- [2]. Федоров Р. Ф., Яковлев В. В., Добрис Г. В. Стохастические преобразователи информации. – Л.: Машиностроение, 1978.
- [3]. Федотов Н. Г. Теория признаков распознавания образов на основе стохастической геометрии и функционального анализа. - М.: ФизМатЛит, 2010.