

Е. А. Семёнова, к. т. н.

ИМПУЛЬСНОЕ КОДИРОВАНИЕ ФАЗЗИ-ЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

В данной статье предложены методы частотно-импульсного, длительно-импульсного и фазо-импульсного кодирования фаззи-логических величин. Их отличие состоит в том, что в них значения фаззи-логического нуля кодируются не отсутствием импульсов, а импульсами с минимальной величиной частоты, длительности или фазы. Это позволяет использовать данные методы при синтезе элементов, которые реализуют операции фаззи-логики.

Ключевые слова: фаззи-логика, импульсный сигнал, кодирование.

В современной промышленности всё большее распространение приобретают устройства, которые функционируют по правилам фаззи-логики. Это можно объяснить тем, что использование подобных устройств вместо традиционных позволяет повысить точность и надежность управления.

Теории фаззи-логики и ее применению в решении прикладных задач посвящены работы [1 – 4].

В работах [5 – 7] представлены схемы элементов систем управления на основе фаззи-логики. В таких элементах входная и выходная информация представлены аналоговыми сигналами переменного напряжения или тока. Недостатки таких элементов – их низкие точность и помехоустойчивость. В то же время, цифровые устройства, которые реализуют функции фаззи-логики, характеризуются низким быстродействием из-за большого времени задержки [5].

В статьях [8 – 10] исследуется использование импульсно-модулированных сигналов в фаззи-системах и нейронных сетях.

Таким образом, в литературе приводятся схемы фаззи-логических элементов, в которых входная и выходная информация представлены аналоговыми сигналами переменного напряжения или переменного тока, который предопределяет их низкую точность. В то же время, использование цифровых сигналов приводит к снижению быстродействия устройств.

Повысить точность систем, которые функционируют на основе фаззи-логики, предлагается за счет применения не аналоговых, а импульсных сигналов, поскольку кодирование значений фаззи-логических величин параметрами импульсов, учитывая возможные погрешности и помехи, позволит достичь большей точности, чем формирование аналоговых сигналов, форма которых отвечает форме функций принадлежности, так как сформировать сигнал, форма которого математически идеальна, почти невозможно.

Кроме того, устройства с импульсными сигналами имеют ряд преимуществ по сравнению с устройствами с аналоговыми или цифровыми сигналами, а именно [8]:

- системы с импульсными сигналами более помехоустойчивы по сравнению с системами с аналоговыми сигналами;
- системы с импульсными сигналами имеют большее быстродействие в сравнении с системами с цифровыми сигналами;
- потребляют меньше мощности;
- характеризуются большей гибкостью при проектировании.

Целью данной работы является повышение точности систем автоматического управления на основе фаззи-логики.

Для достижения цели необходимо решить такие задачи:

- разработать метод кодирования фаззи-логических величин частотой импульсов сигнала;
- разработать метод кодирования фаззи-логических величин продолжительностью импульсов сигнала;
- разработать метод кодирования фаззи-логических величин фазой импульсов сигнала.

Методы импульсного кодирования фаззи-логических величин разработаны на основе Наукові праці ВНТУ, 2007, № 1

существующих методов, описанных в [9]. Основные соотношения и формулы разработанных методов представлены в таблице.

Таблица

Импульсное кодирование фаззи-величин

| Тип кодирования | фаззи-логич. нуль | фаззи-логич. единица | вспомогательная величина | дополнительные условия | кодирование фаззи-величины |
|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------|---|--|
| Частотно-импульсное | f_α | f_β | f_γ | $f_\beta > f_\alpha$, $f_\gamma = f_\beta - f_\alpha$ | $f_\mu = f_\alpha + \mu \cdot f_\gamma$ |
| Длительно-импульсное | t_α | t_β | t_β^n , t_α^n | $t_\beta > t_\alpha$, $t_\beta^n < t_\alpha^n$ | $t_\mu = \mu \cdot t_\beta + (1 - \mu) \cdot t_\alpha$ |
| Фазо-импульсное | φ_α | φ_β | 2π | $\varphi_\alpha = 0, \varphi_\beta = 2\pi$ | $\varphi_\mu = \mu \cdot 2\pi$ |

Таким образом, при частотно-импульсном кодировании входные и выходные сигналы устройств представляют собой импульсы, частота заполнения которых f_μ пропорциональна значению фаззи-логической величины μ . В данном методе кодирования нулевому значению фаззи-величины соответствует частота заполнения импульсов f_α , а единичному – f_β ; частотный диапазон, в котором находятся значения фаззи-величины от 0 до 1, определяется с помощью частоты заполнения импульсов f_γ . Тогда имеем:

$$f_\mu \rightarrow \mu,$$

$$f_\mu \rightarrow "0" + \mu \cdot "1"$$

$$f_\mu \rightarrow "0" + \mu \cdot ("1" - "0"),$$

$$f_\mu = f_\alpha + \mu \cdot f_\gamma.$$

Этот метод иллюстрируют временные диаграммы на рис. 1. В данном случае частота f_α равна 1 МГц (диаграмма А), частота f_β составляет 5 МГц (диаграмма Б), частота f_γ – 4 МГц (диаграмма В), а частота f_μ приблизительно равна 2,2 МГц (диаграмма Г) и соответствует значению фаззи-логической величины μ 0,3.

При длительно-импульсном кодировании значению фаззи-логической величины μ соответствует длительность импульса t_μ . Длительность импульса t_α соответствует нулевому значению фаззи-величины, а t_β – единичному. Тогда имеем:

$$t_\mu \rightarrow \mu,$$

$$t_\mu \rightarrow "0" + \mu \cdot "1",$$

$$t_\mu \rightarrow "0" + \mu \cdot ("1" - "0"),$$

$$t_\mu \rightarrow \mu \cdot "1" + (1 - \mu) \cdot "0",$$

$$t_\mu = \mu \cdot t_\beta + (1 - \mu) \cdot t_\alpha.$$

Данный метод иллюстрируют временные диаграммы на рис. 2. В этом случае

длительность импульса t_α равна 0,1 мкс (диаграмма А), длительность импульса $t_\beta - 1,1$ мкс (диаграмма Б), а длительность импульса t_μ равна 0,4 мкс (диаграмма В) и соответствует значению фазы-логической величины μ 0,3.

При фазо-импульсном кодировании значению фазы-логической величины μ соответствует разница фаз входного и опорного импульсов φ_μ . Разница фаз входного и опорного сигналов $\varphi_\alpha = 0$ соответствует нулевому значению функции принадлежности, а разница фаз входного и опорного сигналов $\varphi_\beta = 2\pi$ – единичному. Тогда имеем:

$$\varphi_\mu \rightarrow \mu,$$

$$\varphi_\mu \rightarrow "0" + \mu \cdot "1",$$

$$\varphi_\mu \rightarrow "0" + \mu \cdot ("1" - "0"),$$

$$\varphi_\mu = 0 + \mu \cdot (2\pi - 0),$$

$$\varphi_\mu = \mu \cdot 2\pi.$$

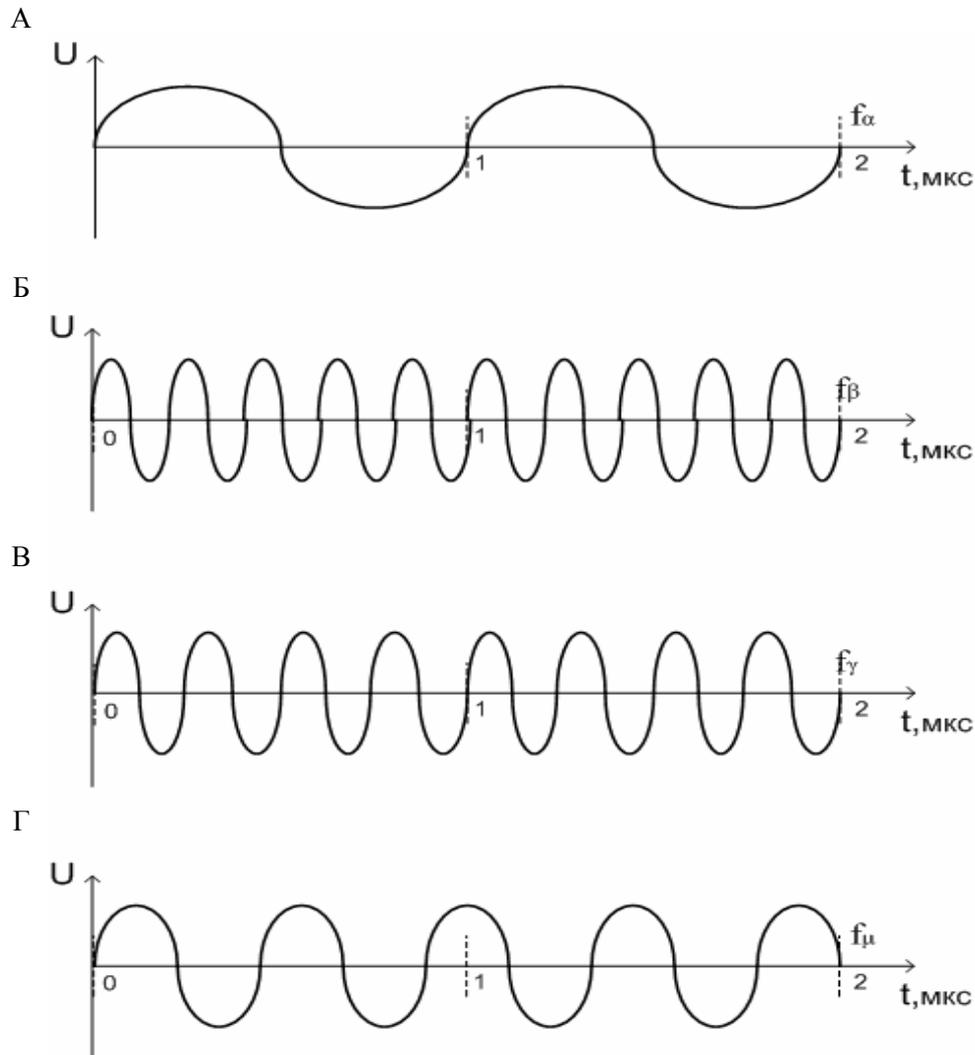


Рис.1. Временные диаграммы частотно-импульсного кодирования

Данный метод иллюстрируют временные диаграммы на рис. 3. В этом случае разница фаз опорного φ_{on} (диаграмма А) и нулевого колебаний φ_{α} (диаграмма Б) равна 0° , разница фаз опорного φ_{on} и единичного колебаний φ_{β} (диаграмма В) составляет 2π , а разница фаз φ_{μ} (диаграмма Г) равна $\frac{3\pi}{5}$ и соответствует значению фаззи-логической величины $\mu = 0,3$.

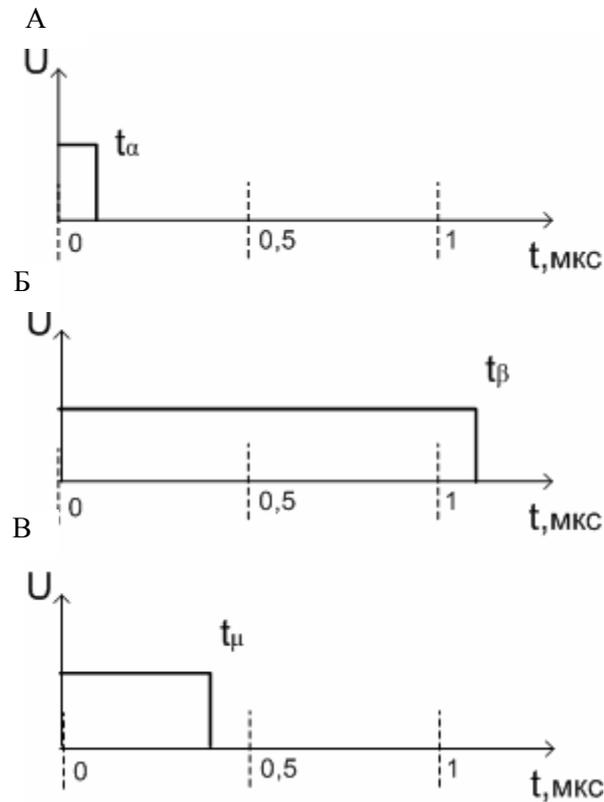


Рис. 2. Временные диаграммы длительно-импульсного кодирования

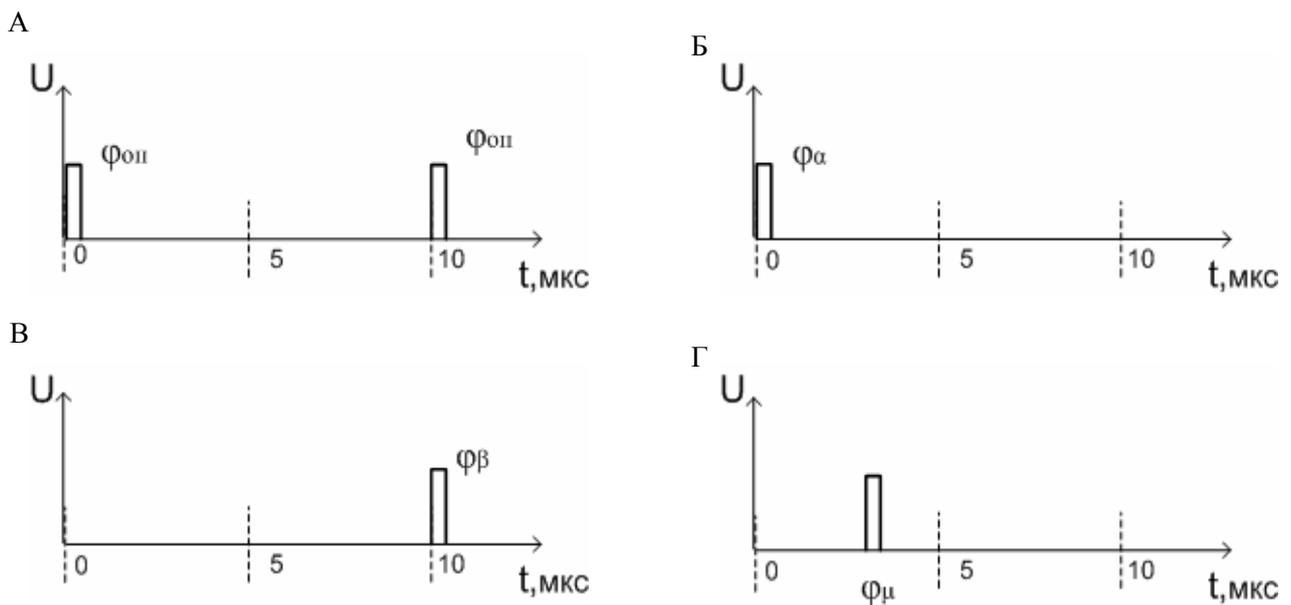


Рис. 3. Временные диаграммы фазо-импульсного кодирования

Выводы

Разработаны методы частотно-импульсного, длительно-импульсного и фазо-импульсного кодирования фаззи-логических величин, которые позволяют довольно точно представить значение функции принадлежности в устройствах, которые функционируют на основе фаззи-логики. При этом значению функции принадлежности соответствует частота заполнения импульсов, длительность импульса или разница фаз. Отличием этих методов является то, что в них значения фаззи-логического нуля кодируются не отсутствием импульсов, а импульсами с минимальной величиной частоты, длительности или фазы, что позволяет синтезировать не только элементы, которые выполняют логический вывод типа "макс-мин", а также элементы фаззи-логики, которые выполняют логический вывод типа "произведение". Таким образом, разработанные методы импульсного кодирования предлагается использовать при проектировании элементов и устройств фаззи-логики, которые могут найти свое применение в системах автоматического управления, входные и выходные сигналы являются частотно-импульсными, длительно-импульсными или фазо-импульсными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации. – Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 320 с.
2. Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. Soft Computing: идентификация закономерностей нечёткими базами знаний. Монография. – Винница: Універсум-Вінниця, 2002. – 145с.
3. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмшин Н.А. Системы фуцци-управления. – К.: Техніка, 1997. – 208с.
4. Robert Fullér. On fuzzy reasoning schemes // The State of the Art of Information Systems Applications in 2007. – Turku Centre for Computer Science, Åbo, 1999. – Vol.16. – P. 85 - 112.
5. Angel Rodriguez-Vázquez, Rafael Navas-González, Manuel Delgado-Restituto M., Fernando Vidal-Verdú. A modular programmable CMOS analog fuzzy controller chip // IEEE Transactions on Circuits and Systems. – 1999. – Vol. 46, №3. – P. 251 - 265.
6. Ota Y., Wilamowski B. M. CMOS Implementation of a Voltage-Mode Fuzzy Min-Max Controller // Journal of Circuits, Systems and Computers. – 1996. – Vol.6, №2. – P. 171 - 184.
7. Ota Y., Wilamowski B.M. Current-Mode CMOS Implementation of a Fuzzy Min-Max Network // World Congress of Neural Networks. – Washington DC (USA). – 1995. – Vol.2. – P. 480 - 483.
8. Reyneri L.M. A Performace Analysis of Pulse Stream Neural and Fuzzy Computing Systems // IEEE Trans. on Circuits and Systems - II, Vol. 42, no. 10, October 1995, pp. 642 - 660.
9. Reyneri L.M. Neuro-Fuzzy Hardware: Design, Development and Performance // Proc. of FEPCONN III, Skukuza (South Africa), 12 - 15 July 1998.
10. Reyneri L.M., Withagen H.C.A.M., Hegt J.A., Chiaberge M. A Comparison between Analog and Pulse Stream VLSI Hardware for Neural Networks and Fuzzy Systems // Proc. of Int'l Conf. on Microelectronics for Neural Networks and Fuzzy Systems (MICRONEURO 94). – Torino (Italy). – 1994. – P. 77 - 86.

Семёнова Елена Александровна – ассистент кафедры телекоммуникационных систем и телевидения.

Винницкий национальный технический университет