

О. О. Семенова, к.т.н.

ІМПУЛЬСНЕ КОДУВАННЯ ФАЗІ-ЛОГІЧНИХ ВЕЛИЧИН

У цій статті запропоновано методи частотно-імпульсного, широтно-імпульсного та фазо-імпульсного кодування фазі-логічних величин. Їх відмінність полягає у тому, що у них значення фазі-логічного нуля кодуються не відсутністю імпульсів, а імпульсами з мінімальною величиною частоти, тривалості або фази. Це дозволяє використовувати ці методи при синтезі елементів, які реалізують операції фазі-логіки.

***Ключові слова:** фазі-логіка, імпульсний сигнал, кодування.*

У сучасній промисловості все більшого поширення набувають пристрої, які функціонують за правилами фазі-логіки. Це можна пояснити тим, що використання подібних пристроїв замість традиційних дозволяє підвищити точність та надійність керування.

Теорії фазі-логіки та її застосуванню у розв'язанні прикладних задач присвячено ряд праць в сучасних, вітчизняних і зарубіжних учених [1 – 4].

У цих працях [5 – 7] представлені схеми елементів систем керування на основі фазі-логіки. У таких елементах вхідна та вихідна інформація представлена аналоговими сигналами змінної напруги або струму. Недоліки цих елементів – їхні низькі точність та завадостійкість. Водночас цифрові пристрої, які реалізують функції фазі-логіки, характеризуються низькою швидкодією через великий час затримки [5].

У ряді статей [8 – 10] досліджується використання імпульсно-модульованих сигналів у фазі-системах і нейронних мережах.

Отже, у літературі наведені схеми фазі-логічних елементів, у яких вхідна та вихідна інформація представлена аналоговими сигналами змінної напруги або змінного струму, що зумовлює їх низьку точність. Водночас використання цифрових сигналів призводить до зниження швидкодії пристроїв.

Підвищити точність систем, які функціонують на основі фазі-логіки, пропонується за рахунок застосування не аналогових, а імпульсних сигналів, оскільки кодування значень фазі-логічних величин параметрами імпульсів, враховуючи можливі похибки і завади, дозволить досягнути більшої точності, ніж формування аналогових сигналів, форма яких відповідає формі функцій належності, бо сформувати сигнал, форма якого – математично ідеальна, майже неможливо.

Попри це пристрої з імпульсними сигналами мають ряд переваг у порівнянні з пристроями з аналоговими або цифровими сигналами, а саме [8]:

- системи з імпульсними сигналами більш завадостійкі у порівнянні з системами з аналоговими сигналами;
- системи з імпульсними сигналами мають більшу швидкодію у порівнянні з системами з цифровими сигналами;
- споживають менше потужності;
- характеризуються більшою гнучкістю при проектуванні.

Мета цієї роботи – підвищення точності систем автоматичного керування на основі фазі-логіки.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі:

- розробити метод кодування фазі-логічних величин частотою імпульсів сигналу;
- розробити метод кодування фазі-логічних величин тривалістю імпульсів сигналу;
- розробити метод кодування фазі-логічних величин фазою імпульсів сигналу.

Методи імпульсного кодування фазі-логічних величин розроблено на основі існуючих методів, описаних у [9]. Основні співвідношення і формули розроблених методів представлені у таблиці.

Імпульсне кодування фазі-величин

Тип кодування	фазі-логічний нуль	фазі-логічна одиниці	допоміжна величина	додаткові умови	кодування фазі-величини
Частотно-імпульсне	f_α	f_β	f_γ	$f_\beta > f_\alpha,$ $f_\gamma = f_\beta - f_\alpha$	$f_\mu = f_\alpha + \mu \cdot f_\gamma$
Широтно-імпульсне	t_α	t_β	$t_\beta^n,$ 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-імпульсне	φ_α	φ_β	2π	$\varphi_\alpha = 0, \varphi_\beta = 2\pi$	$\varphi_\mu = \mu \cdot 2\pi$

Отже, при частотно-імпульсному кодуванні вхідні і вихідні сигнали пристроїв – це імпульси, частота заповнення яких f_μ пропорційна значенню фазі-логічної величини μ . У цьому методі кодування нульовому значенню фазі-величини відповідає частота заповнення імпульсів f_α , а одиничному – f_β ; частотний діапазон, у якому знаходяться значення фазі-величини від 0 до 1, визначається за допомогою частоти заповнення імпульсів f_γ . Звідси маємо

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

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

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

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

Цей метод ілюструють часові діаграми на рис. 1. У цьому випадку частота f_α дорівнює 1 МГц (діаграма А), частота f_β складає 5 МГц (діаграма Б), частота f_γ – 4 МГц (діаграма В), а частота f_μ приблизно дорівнює 2,2 МГц (діаграма Г) і відповідає значенню фазі-логічної величини μ 0,3.

При широтно-імпульсному кодуванні значенню фазі-логічної величини μ відповідає тривалість імпульсу t_μ . Тривалість імпульсу t_α відповідає нульовому значенню фазі-величини, а t_β – одиничному. Звідси маємо

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

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

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

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

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

Цей метод ілюструють часові діаграми на рис. 2. У цьому випадку тривалість імпульсу t_α дорівнює 0,1 мкс (діаграма А), тривалість імпульсу t_β – 1,1 мкс (діаграма Б), а тривалість імпульсу t_μ дорівнює 0,4 мкс (діаграма В) і відповідає значенню фазі-логічної величини μ 0,3.

При фазо-імпульсному кодуванні значенню фазі-логічної величини μ відповідає різниця фаз вхідного і опорного імпульсів φ_μ . Різниця фаз вхідного і опорного сигналів $\varphi_\alpha = 0$ відповідає нульовому значенню функції належності, а різниця фаз вхідного і опорного сигналів $\varphi_\beta = 2\pi$ – одиничному. Звідси маємо:

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

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

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

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

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

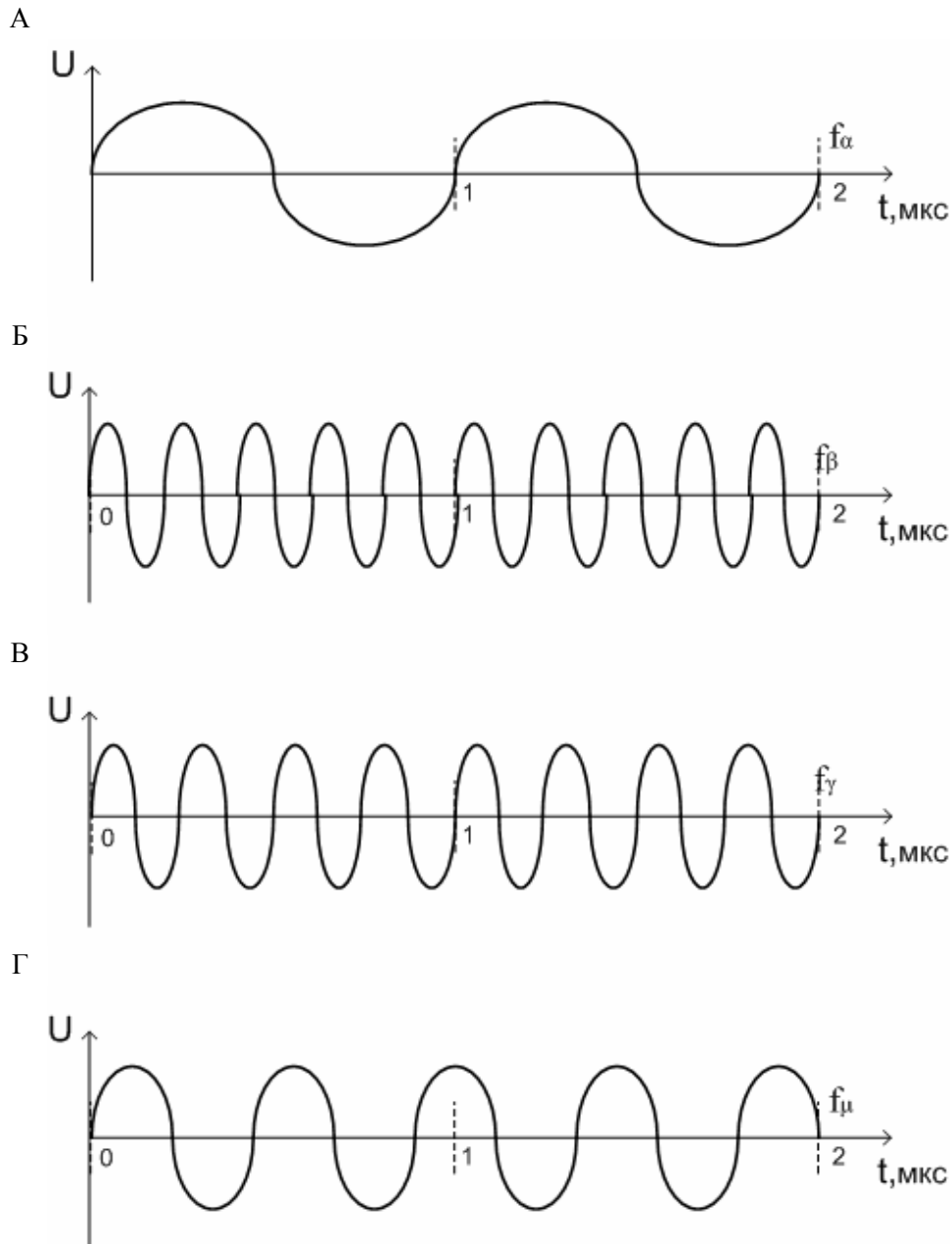


Рис. 1. Часові діаграми частотно-імпульсного кодування

Цей метод ілюструють часові діаграми на рис. 3. В описаному випадку різниця фаз опорного φ_{on} (діаграма А) і нульового коливаль φ_{α} (діаграма Б) дорівнює 0° , різниця фаз опорного φ_{on} і одиничного коливаль φ_{β} (діаграма В) складає 2π , а різниця фаз φ_{μ} (діаграма Г) дорівнює $\frac{3\pi}{5}$ і відповідає значенню фазі-логічної величини $\mu = 0,3$.

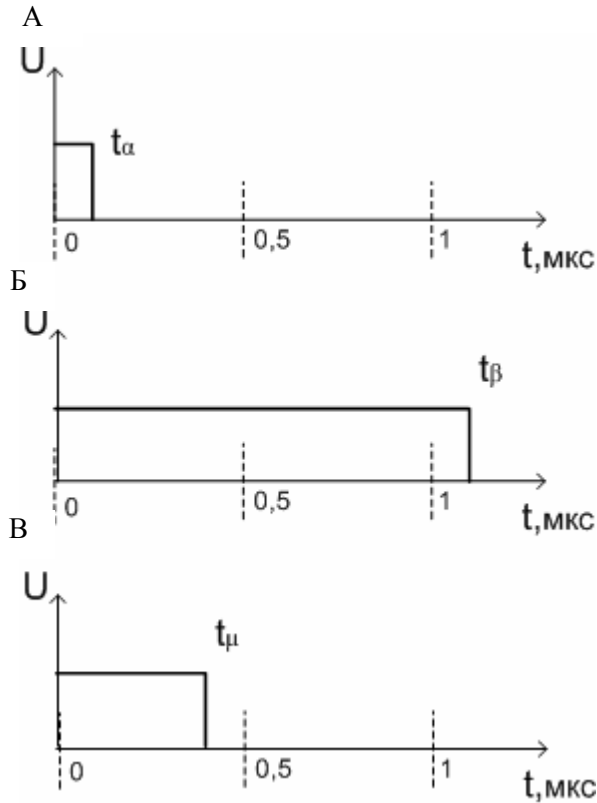


Рис. 2. Часові діаграми широтно-імпульсного кодування

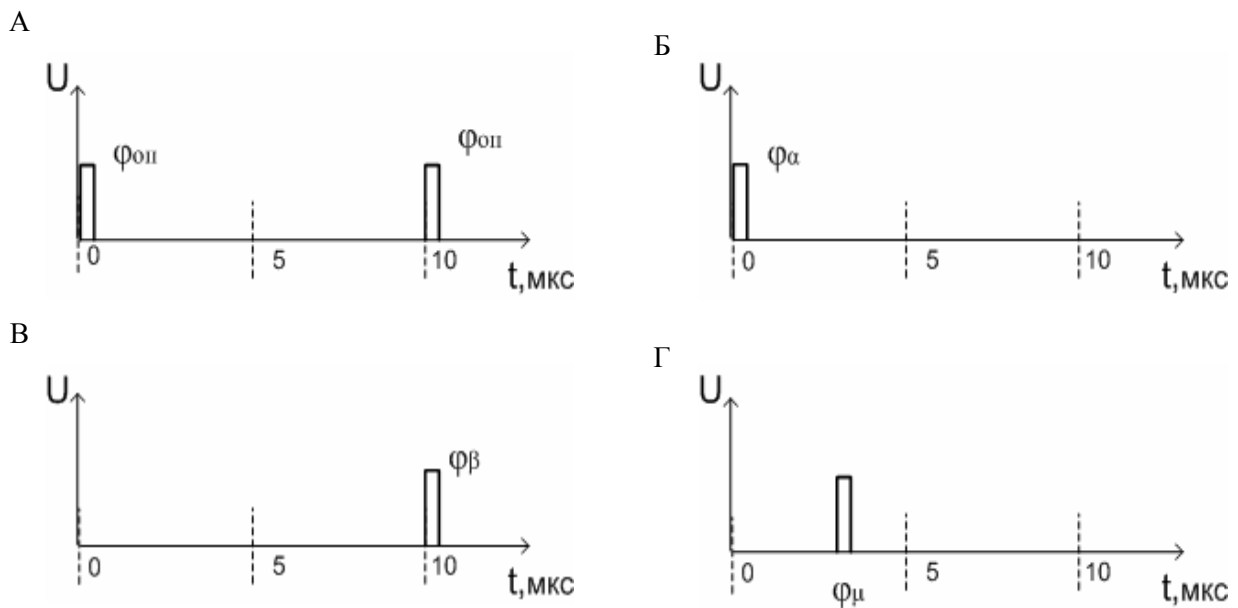


Рис. 3. Часові діаграми фазо-імпульсного кодування

Висновки

Розроблені методи частотно-імпульсного, широтно-імпульсного і фазо-імпульсного кодування фазі-логічних величин, які дозволяють досить точно представити значення функції належності у пристроях, що функціонують на основі фазі-логіки. При цьому значенню функції належності відповідає частота заповнення імпульсів, тривалість імпульсу або різниця фаз. Відмінністю цих методів є те, що у них значення фазі-логічного нуля кодуються не відсутністю імпульсів, а імпульсами з мінімальною величиною частоти, тривалості або фази, що дозволяє синтезувати не лише елементи, які здійснюють логічний висновок типу «макс-мін», а також елементи фазі-логіки, які здійснюють логічний висновок типу «добуток».

Отже, розроблені методи імпульсного кодування пропонується використовувати при проектуванні елементів та пристроїв фазі-логіки, які можуть знайти своє застосування у системах автоматичного керування, вхідні та вихідні сигнали яких є частотно-імпульсними, широтно-імпульсними або фазо-імпульсними.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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 функции-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 Performance 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.

Семенова Олена Олександрівна – асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення.

Вінницький національний технічний університет