

УДК 656.25:656.257

СОТНИК В.О., інженер (Південна залізниця)

## Нейромережеве моделювання функцій дешифрування кодів АЛСН

У роботі знайшли подальший розвиток елементи теорії штучних нейронних мереж та окремих положень теорії автоматичного керування в частині моделювання функцій пристрою дешифрування кодів АЛСН. Отримано аналітичні вирази, які в сукупності дозволяють поставити відповідно до вхідних сигналів прийомні датчики і містять дискретні значення амплітуди кодів АЛСН, вихідний – вектор дешифрованих сигналів, що призначений для забезпечення показань локомотивного світлофора. Проведено синтез нейромережевих моделей, що виконують функцію фіксації часових параметрів імпульсів в числових кодах АЛСН, включаючи можливість тригерного реагування на зміну вхідного сигналу. На відміну від існуючих методів дешифрування, пропонується підхід дозволяє гнучкіше реагувати на зовнішні впливи та зміну часових чинників в кодах, які приймаються.

**Ключові слова:** амплітуда, сигнал, датчик, нейронна мережа, модель, декодування, числові коди, АЛСН.

### Вступ, аналіз публікацій, формулювання задачі дослідження

Однією з основних складових забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті є локомотивні пристрої системи автоматичної локомотивної сигналізації (АЛСН). Як зазначено в роботах [1 - 3], наразі існує ряд принципових недоліків, які суттєво обмежують функціональні можливості систем, та усунення яких можливе тільки за умови вирішення наступної наукової задачі – синтез моделей, які в сукупності дозволять виконати розробку пристрою дешифрування кодів АЛСН.

### Основний матеріал

У зв'язку з тим, що принципи кодування та коди АЛСН були розроблені на основі можливостей релейної елементної бази [1,3], застосування сталих методів прийому сигналів, зокрема кореляційного, не є доцільним [2]. Тому, по-перше, виконаємо синтез моделі елемента, яка здатна виконувати функцію фіксації часових параметрів імпульсів в кодах АЛСН, включаючи можливість тригерного реагування на зміну вхідного сигналу.

З одного боку, існують сталі методи проектування тригерних елементів [4], з іншого – моделі всіх нейромережевих складових розроблені, результати їх функціонування наведені в монографії [5]. Враховуючи розроблену нейромережеву модель розпізнавання тривалості імпульсів та інтервалів кодів АЛСН [3], з метою застосування єдиного математичного апарату моделювання для синтезу тригерного елемента застосуємо модель «2ТАК-НІ» [5].

У зв'язку з тим, що в моделі «2ТАК-НІ» застосовані логістичні функції збудження всіх нейронів, його функціональність залежить лише від значень їх нахилу та вагових коефіцієнтів. Тому доцільно ввести формалізацію, в якій буде представлена як структура мережі, так і визначені чинники. З урахуванням вищезазначеного введемо наступне:

$$\bar{y}(x_k) = \bar{\&}(x_k) \left\{ \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{c|c|c} w_1 & w_1 & \\ \hline s_{1,1} & s_{2,1} & \dots \\ \hline \dots & \dots & \dots \\ \hline w_n & w_n & \\ \hline \dots & \dots & \dots \\ \hline s_{1,k} & s_{2,k} & \dots \\ \hline \dots & \dots & \dots \\ \hline w_n & w_n & \end{array} \right] \end{array} \right\}, \quad (1)$$

де  $\bar{\&}$  – позначення нейронної мережі;  $\bar{y}(x_k)$  – вектор вихідних значень при  $k$  – значеннях вхідного вектору  $\bar{x}_k$ ;  $s_{z,k}$  – значення нахилу логістичної функції

відповідного нейрону в шарі  $Z$ ;  $W_1, W_2, \dots, W_n$  – вагові коефіцієнти відповідних нейронів.

Застосовуючи програмне забезпечення [6] для проведення процедури навчання, розраховані значення

$$y(\bar{x}) = \bar{\&}(x_1, x_2) \left\{ \begin{array}{l} -45,18617184 \left| \begin{array}{l} -1,255633 \\ -0,800396 \end{array} \right|, -2,42311834 \left| \begin{array}{l} 160414,4 \\ -7880147,0 \end{array} \right| \\ -7,10067246 \left| \begin{array}{l} 7,094443 \\ 7,34706 \end{array} \right| \end{array} \right\} \quad (2)$$

де  $x_1, x_2$  – два входи моделі;  $y(x)$  – її вихід.

Як відомо з положень теорії дискретних пристроїв, RS-тригер має найпростішу структуру, яка складається з двох елементів «2ТАК-НІ». Але з урахуванням того, що він має декілька невизначених станів [6], нейромережеве моделювання почнемо зі структури, яка відповідає D-тригеру і має чотири однакових елементи «2ТАК-НІ» (рис. 1). За аналогією з

класичним D-тригером, нейромережева модель має два входи (D – інформаційний та C – синхронізації) та два виходи ( $Q$  – прямий,  $\bar{Q}$  – інверсний).

Враховуючи вираз (2) функціонування моделі нейромережевого D-тригеру в дискретному часі можна представити наступним виразом:

$$[Q(t_i), \bar{Q}(t_i)] = F_D[D(t_i), C(t_i)] = \begin{cases} y_1(\bar{x}_1(t_i)) = \bar{\&}_1(D(t_i), C(t_i)) \\ y_2(\bar{x}_2(t_i)) = \bar{\&}_2(y_1(\bar{x}_1(t_i)), C(t_i)) \\ y_3(\bar{x}_3(t_i)) = \bar{\&}_3(y_1(\bar{x}_1(t_i)), y_4(\bar{x}_4(t_i))) \\ y_4(\bar{x}_4(t_i)) = \bar{\&}_4(y_3(\bar{x}_3(t_i)), y_2(\bar{x}_2(t_i))) \end{cases} \quad (3)$$

при цьому  $Q(t_i) = y_3(\bar{x}_3(t_i))$  та  $\bar{Q}(t_i) = y_4(\bar{x}_4(t_i))$ , що впливає зі структури моделі (див. рис. 1).

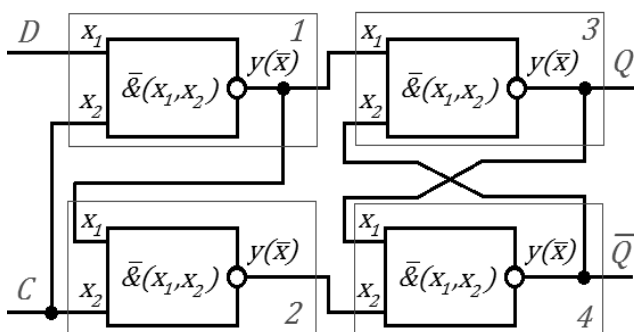


Рис. 1. Структура моделі нейромережевого D-тригера

Розглянемо функціонування моделі (3) при подаванні на її входи послідовності імпульсів (рис. 2).

Так, нейромережева модель D-тригера повністю відтворює функціонування класичної дискретної моделі при значеннях входів, які приймають значення

амплітуди 0,0 або 1,0. Перемикання тригеру в протилежний стан відбувається в момент «прозорості», тобто коли значення входу  $C = 0$  (див. рис. 2).

Основною перевагою нейромережевої моделі (3) є те, що діапазон амплітуд вхідних значень – вся множина дійсних чисел. Це обумовлено областю визначення логістичної функції збудження нейронів [5]. Так діапазон рівнів амплітуд входів  $]-\infty; 0,2]$  вважається нульовим, а  $]0,2; \infty[$  – одиничним. При цьому виходи можуть набувати тільки значень 0,0 або 1,0.

Слід зазначити, що для вирішення основної задачі моделювання, а саме, створення елемента, який фіксує часові параметри імпульсів в кодах АЛСН, необхідно дещо ускладнити структуру нейромережевої моделі D-тригера для перетворення її до лічильного ТТ-тригера [4], тобто виконати моделювання за структурою, наведеною на рис. 3.

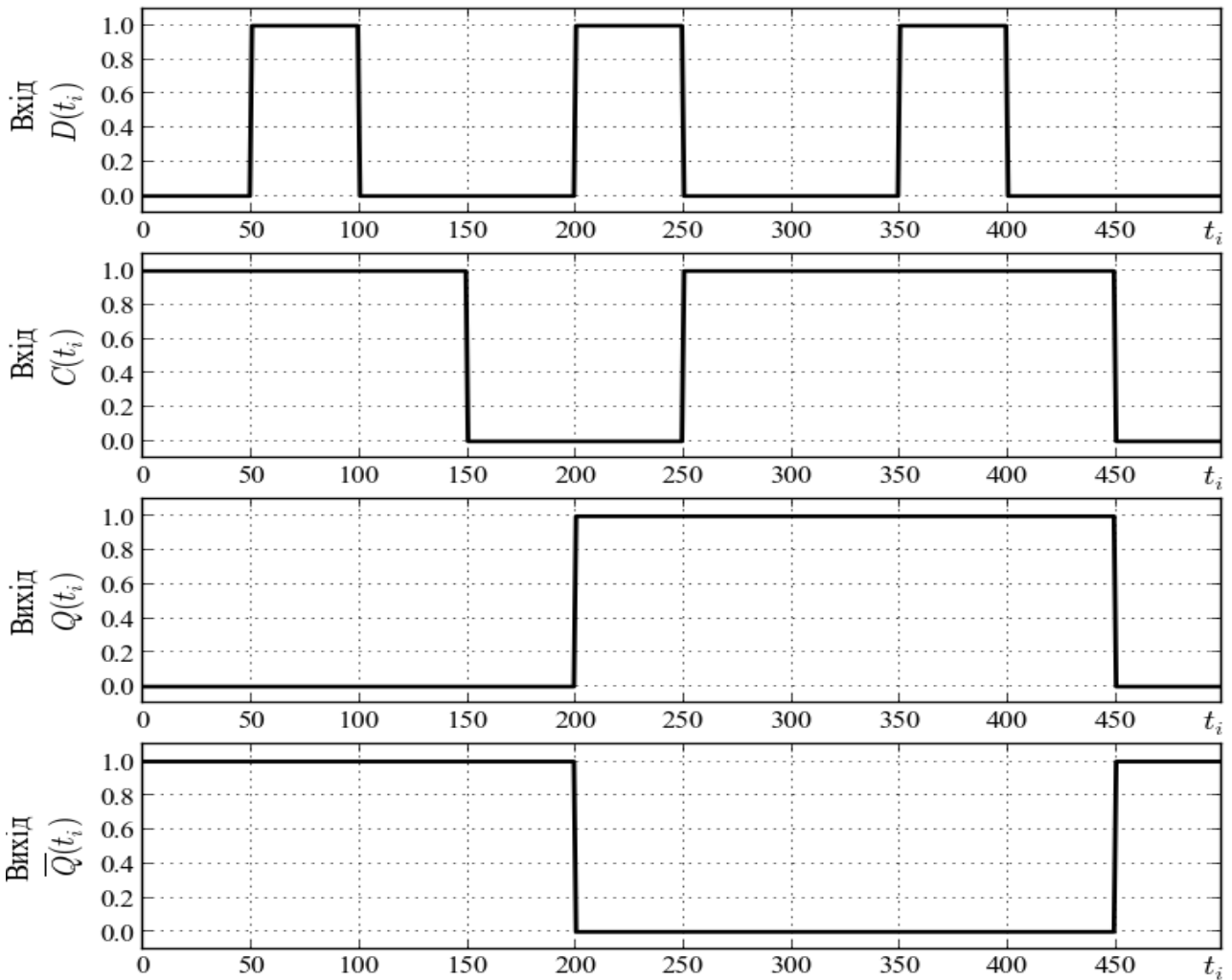
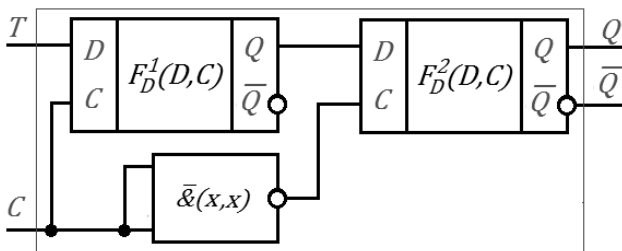


Рис. 2. Функціонування моделі неймережевого D-тригера



ТТ-тригер складається з двох D-тригерів та елемента інверсії, в якості якого застосовуємо елементи «2ТАК-НІ», два входи якого об'єднані. Тоді з урахуванням (2), (3) для дискретного часу маємо наступне:

Рис. 3. Структура моделі неймережевого ТТ-тригера

$$[Q(t_i), \bar{Q}(t_i)] = F_T [T(t_i), C(t_i), R(t_i)] = \begin{cases} [Q_D^1(t_i), \bar{Q}_D^1(t_i)] = F_D^1 [T(t_i), C(t_i)] \\ [Q_D^2(t_i), \bar{Q}_D^2(t_i)] = F_D^2 [Q_D^1(t_i), y(t_i)] \\ y(t_i) = \bar{X}(C(t_i), C(t_i)) \\ Q(t_i) = 0, \bar{Q}(t_i) = 1, \text{якщо } R(t_i) = 1 \end{cases}, \quad (4)$$

при цьому  $Q(t_i) = Q_B^2(t_i)$  та  $\bar{Q}(t_i) = \bar{Q}_B^2(t_i)$ , тобто виходи ТТ-тригера є виходами другого D-тригера (див. рис. 3). До моделі (4) доданий вхід  $R(t_i)$  (reset) – примусове встановлення нульового стану в момент часу  $t_i$ .

Як видно на часовій діаграмі функціонування ТТ-тригера (рис. 4), йому властива пряма залежність від синхронізуючого імпульсу. Перемикання до стану, який відповідає встановленому на вході Т, здійснюється за фронтом сигналу, що діє на вході С.

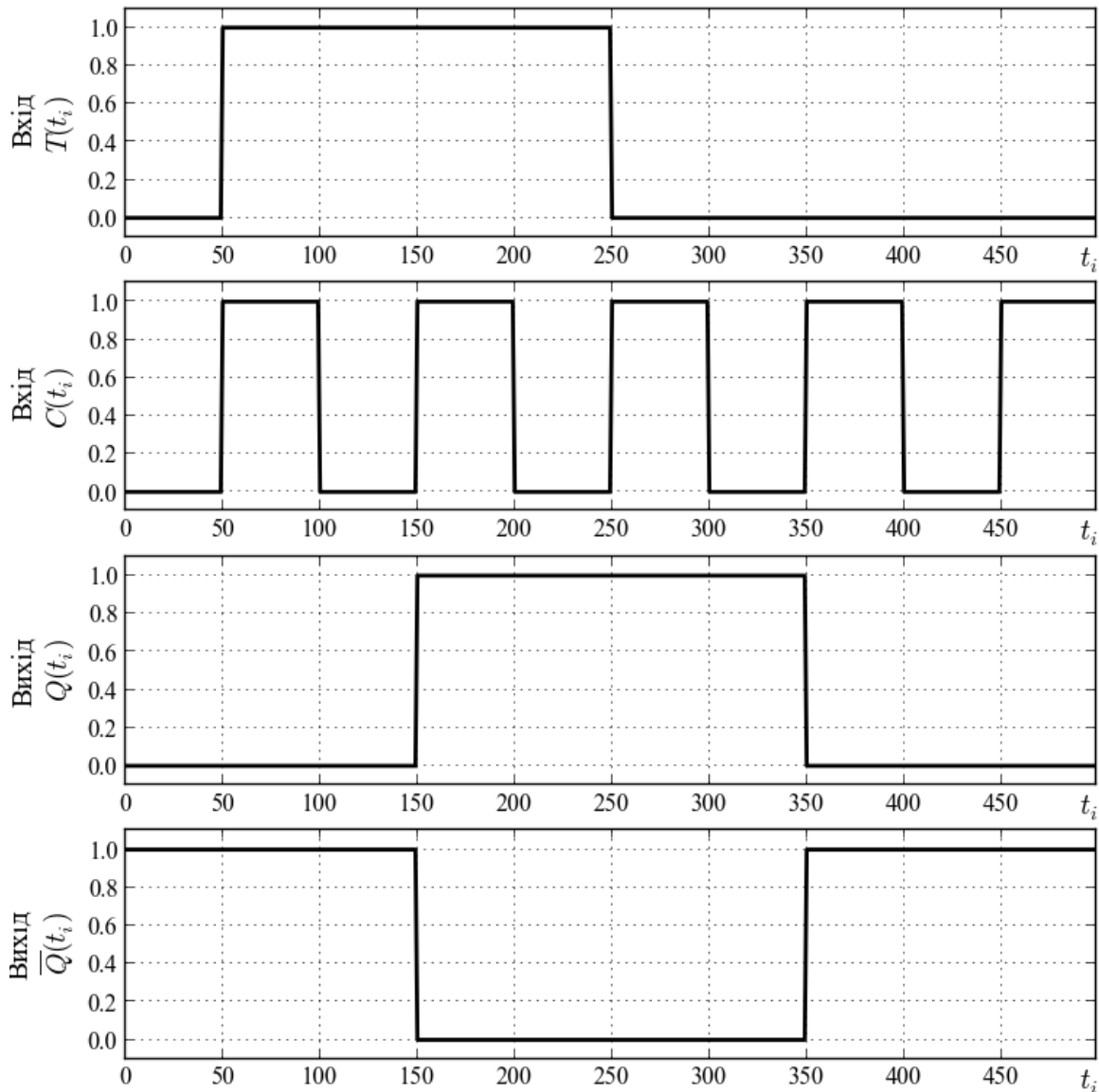
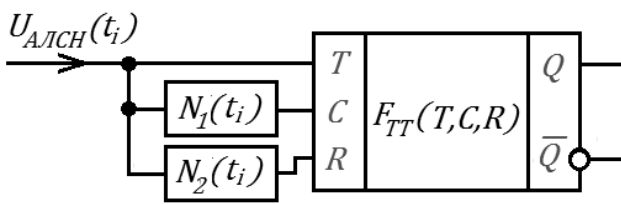


Рис. 4. Функціонування моделі неймережевого ТТ-тригера

З оглядом на викладене в роботі [3], структура моделі елемента, який виконує часову селекцію сигналу, складатиметься з двох неймережевих моделей розпізнавання часових параметрів імпульсів –  $N_1(t_i)$ ,  $N_2(t_i)$  та моделі неймережевого ТТ-тригера (рис. 5).  $N_1(t_i)$ , яка призначена для

організації затримки на перемикання ТТ-тригера в одиничний стан з метою запобігання впливу короткотривалих завад. В свою чергу, завдяки моделі  $N_2(t_i)$  виконується розпізнавання часових параметрів кодів АЛСН.



З урахуванням виразів (2) - (4), функціонування моделі  $F_{RT}[U_{АЛСН}(t_i)]$  відбувається відповідно до виразу

Рис. 5. Структура моделі нейромережевого тригерного елемента розпізнавання часових параметрів кодів АЛСН

$$[Q(t_i), \bar{Q}(t_i)] = F_{RT}[U_{АЛСН}(t_i)] = F_{TT}[U_{АЛСН}(t_i), N_1(t_i), N_2(t_i)], \quad (5)$$

при початкових умовах  $R_1(t_0) = 0$  та  $R_2(t_0) = 1$  (вираз (3) в роботі [3]), тобто в моделі  $N_1(t_i)$  фіксується нарощування сигналу до рівня  $\sim 0,98$ , а в моделі  $N_2(t_i)$  – зменшення до рівня  $\sim 0,02$ .

Встановимо параметри селекції моделі  $N_1(t_i)$  – 0,02 с (фільтрація короткотривалих завад), а  $N_2(t_i)$  – 0,55 с (селекція кодового інтервалу) [3]. Тоді результати функціонування моделі (2) – (5), при подаванні на її вхід коду «КЖ» (КПТ-5) тривалістю дві секунди, відповідають представленому на рис. 6.

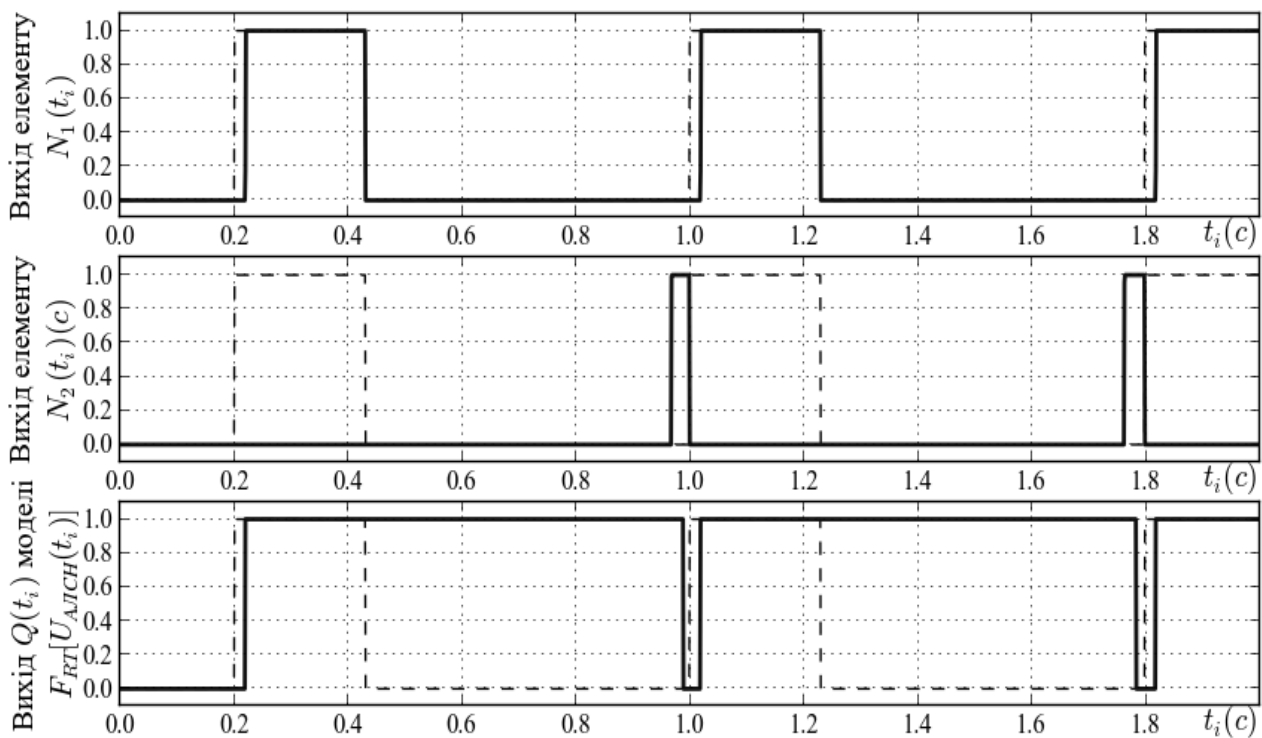


Рис. 6. Результат функціонування моделі  $F_{RT}[U_{АЛСН}(t_i)]$  при подаванні на її вхід коду «КЖ» (КПТ-5)

На часовій діаграмі видно, що вихідний стан нейромережевого елемента  $N_1(t_i)$  стає рівним одиниці тільки після того, коли розпізнано збільшення вхідного сигналу тривалістю більше 20 мс. Результат –

переведення в одиничний стан тригерного елемента  $F_{TT}[U_{АЛСН}(t_i), N_1(t_i), N_2(t_i)]$  (5). Далі, коли в коді спостерігається інтервал, нейромережевим

елементом  $N_2(t_i)$  встановлюється його тривалість.

Якщо вона перебільшує 0,55 секунди, відбувається скидання тригерного елемента, модель переходить в нульовий стан.

Як впливає з результатів моделювання (2) – (5), розроблений неймережевий тригерний елемент, який виконує часову селекцію сигналу (див. структуру на рис. 5), має два змінних параметри: затримка часу на спрацювання ( $T_1$ ) та на скидання ( $T_0$ ). З урахуванням

того, що в подальшому будемо застосовувати саме цей елемент для моделювання, введемо його схематичне позначення (рис. 7) та скорочення – НТЕ ЧСС.

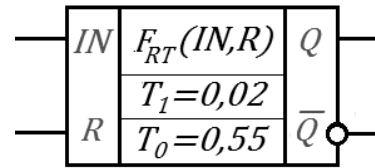


Рис. 7. Схематичне позначення неймережевого тригерного елемента, який виконує часову селекцію сигналу

#### Дешифрування коду «КЖ»

Структура моделі дешифрування коду «КЖ» (рис. 8) складається з двох НТЕ ЧСС:  $F_{RT}^1[IN, R]$  та  $F_{RT}^2[IN, R]$ , неймережевих елементів AND-NOT та OR [3].

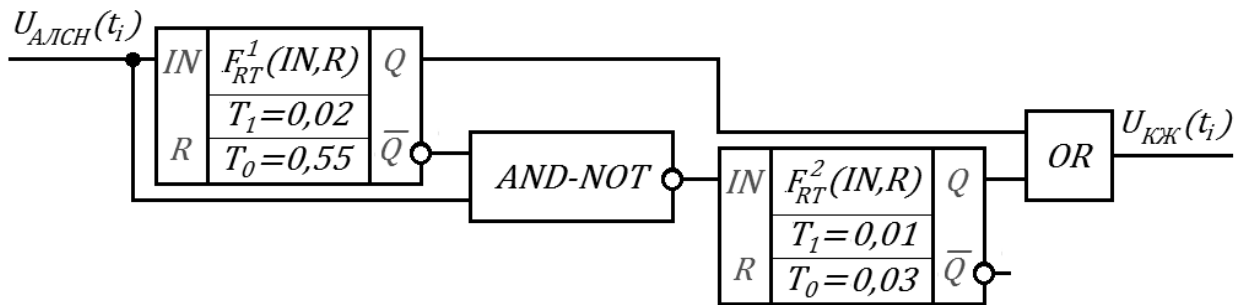


Рис. 8. Структура моделі дешифрування коду «КЖ»

Сигнал  $U_{ALCH}(t_i)$  надходить до входу НТЕ ЧСС

$F_{RT}^1[IN, R]$  (рис. 9). Якщо його рівень збільшується (початок імпульсу коду), то з затримкою 0,02 (с)  $F_{RT}^1[IN, R]$  переходить в одиничний стан. Після цього через елемент AND-NOT на НТЕ ЧСС  $F_{RT}^2[IN, R]$  починає поступати інверсний вхідний сигнал. В свою чергу, коли імпульс коду припиняється,  $F_{RT}^2[IN, R]$  переходить в одиничний стан, а  $F_{RT}^1[IN, R]$  – в нульовий після затримки часу 0,55 (с). Елемент OR формує вихідний сигнал дешифратора  $U_{KZ}(t_i)$ .

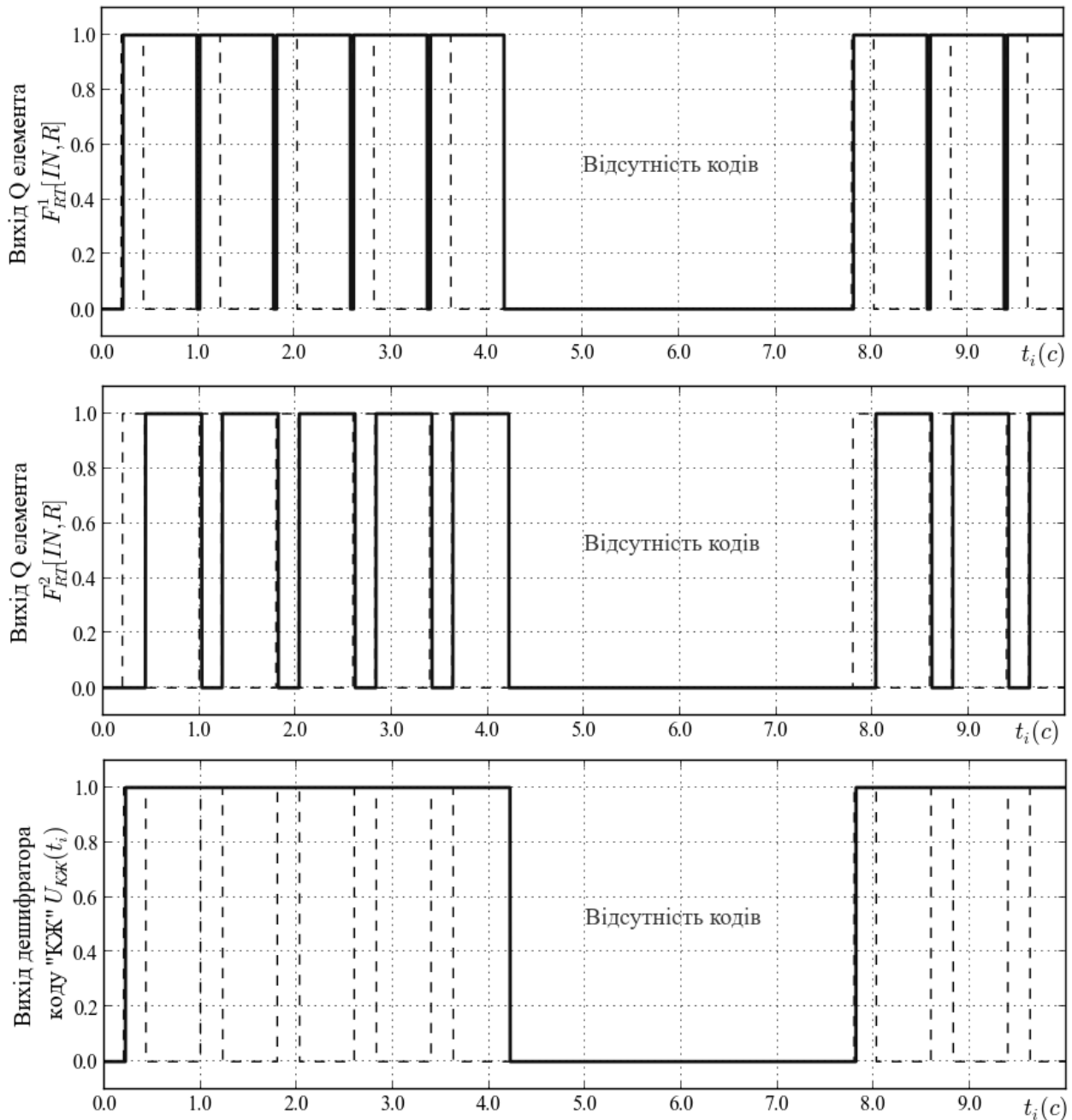


Рис. 9. Результат функціонування моделі дешифрування коду «КЖ»

Аналітичний вираз, який відповідає функціональності моделі дешифрування коду «КЖ», виглядає наступним чином:

$$U_{KZ}(t_i) = V [Q_{RT}^1, Q_{RT}^2]. \quad (6)$$

де

$$[Q_{RT}^1, \overline{Q_{RT}^1}] = F_{RT}^1[u_{ALSN}(t_i), 0] \quad \text{та} \quad (7)$$

$$[Q_{RT}^2, \overline{Q_{RT}^2}] = F_{RT}^2[\&[u_{ALSN}(t_i), \overline{Q_{RT}^1}], 0]. \quad (8)$$

де вирази (7), (8) відповідають функціонуванню першого та другого НТЕ ЧСС,  $\&[\cdot]$  - нейромережвий елемент «2ТАК-НІ» (2), позначений на рис. 8 як «AND-NOT». В свою чергу, нейромережевому елементу «2АБО» (позначеному як «OR») відповідає вираз

$$V(x_1, x_2) \left\{ \begin{array}{l} -3,88031978 \begin{vmatrix} 1,439543 \\ 1,473209 \end{vmatrix}, -7,30079015 \begin{vmatrix} 1435,01 \\ -8257,184 \end{vmatrix} \\ -14,66165937 \begin{vmatrix} -0,8601665 \\ -0,4807604 \end{vmatrix} \end{array} \right\} \quad (9)$$

в якому значення параметрів розраховані відповідно до методики [5], із застосуванням програмного забезпечення [6].

Таким чином, як свідчать результати комп'ютерного моделювання в часовій області (див. рис. 9), модель (6) – (9) здатна виконувати функції дешифрування коду «КЖ». Вочевидь, якість її роботи залежить від встановлених затримок на перехід в одиничний та нульовий стани кожного з тригерних елементів. У зв'язку з цим, при моделюванні роботи пристрою дешифрування всіх кодів АЛСН будемо орієнтуватися на апробовану часом структуру та параметри, приведені в роботі [1].

Таблиця 1

Часові параметри тригерних елементів

Тригерний елемент	Затримка на перехід в одиничний стан, (с)	Затримка на перехід в нульовий стан, (с)
$F_1[IN, R]$	0,07	0,25
$F_2[IN, R]$	0,07	0,34
$F_3[IN, R]$	0,07	0,25
$F_{1A}[IN, R]$	0,07	0,34
$F_{2A}[IN, R]$	0,07	0,29
$F_{КЖ}^{код}[IN, R]$	0,07	1,3
$F_{Ж}^{код}[IN, R]$	0,07	1,5
$F_3^{код}[IN, R]$	0,07	1,8

#### Моделювання функцій дешифратора кодів АЛСН

Так згідно [1], прийом кодів здійснюють п'ять НТЕ ЧСС. Введемо їх позначення:  $F_1[IN, R]$ ,  $F_2[IN, R]$ ,

$F_3[IN, R]$  – тригерні елементи, призначені для фіксації імпульсів кодів, та  $F_{1A}[IN, R]$ ,  $F_{2A}[IN, R]$  –

інтервалів. Крім цього застосуємо три елементи для фіксації прийнятого коду:  $F_{КЖ}^{код}[IN, R]$ ,  $F_{Ж}^{код}[IN, R]$ ,

$F_3^{код}[IN, R]$ . Часові параметри цих елементів наведені в таблиці 1.

З урахуванням вищезазначеного, структура моделі пристрою дешифрування кодів АЛСН набуває вигляду, наведеного на рис. 10.



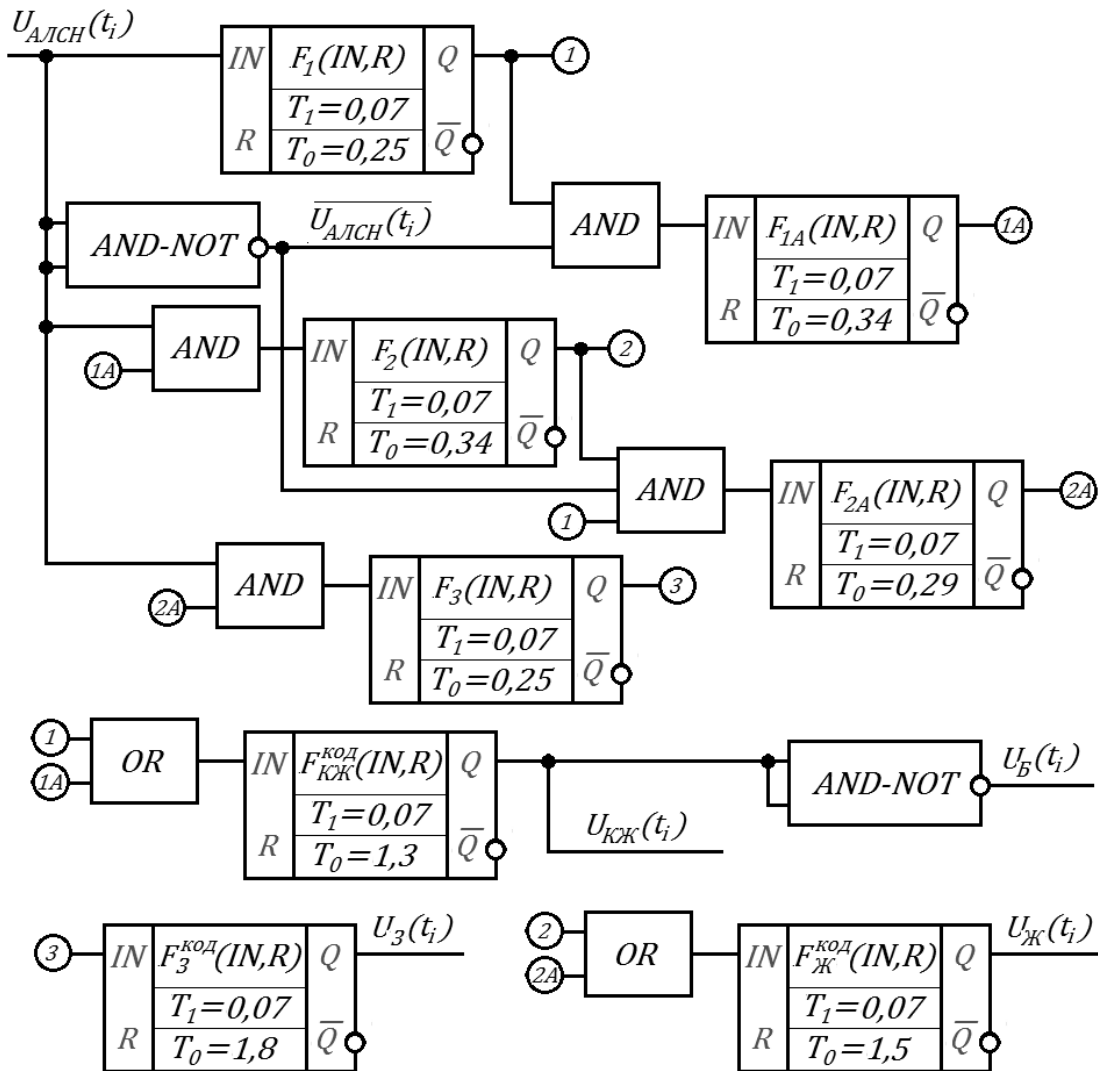


Рис. 10. Структура моделі пристрою дешифрування кодів АЛСН

При дешифруванні будь-якої кодової комбінації перший імпульс вхідного сигналу  $U_{АЛСН}(t_i)$  призводить до встановлення одиничного стану НТЕ ЧСС  $F_1[IN, R]$  (з затримкою на спрацювання 0,07 с). В інтервалі, який за цим слідує, на вхід «2ТАК» поступає дві одиниці: перша – з виходу  $F_1[IN, R]$ , друга – за рахунок інверсії вхідного сигналу  $\overline{U_{АЛСН}}(t_i)$ . Елемент  $F_{1A}[IN, R]$  також переходить в одиничний стан (рис. 11).

В інтервалі тригерний елемент  $F_1[IN, R]$  залишається в одиничному стані за рахунок затримки тривалістю 0,25 с. (див. табл. 1). У зв'язку з цим, якщо поступає короткотривалий інтервал (код «Ж» або «3»), він ігнорується. В свою чергу, наявність довготривалого інтервалу призводить до його встановлення в нульовий стан.

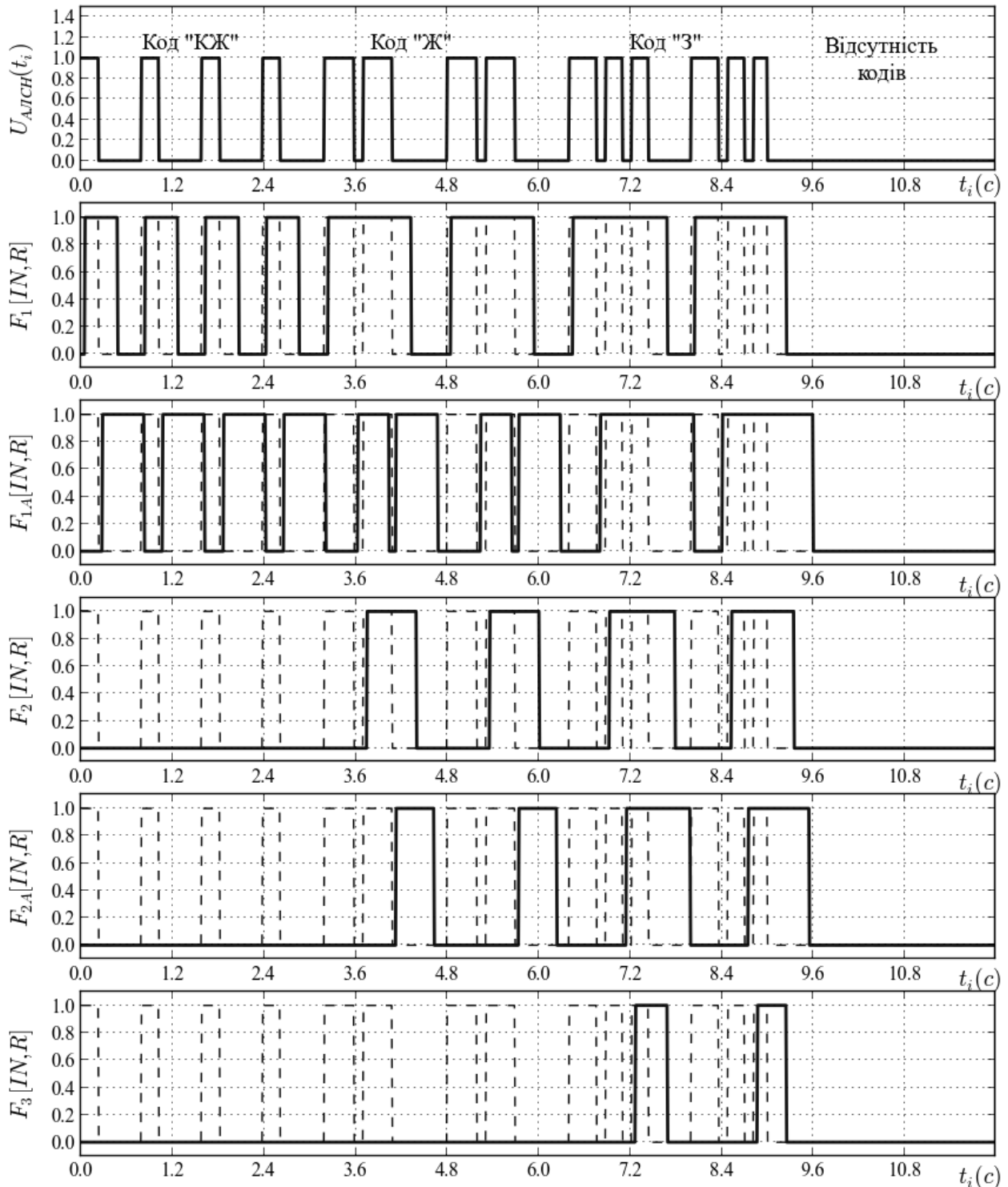


Рис. 11. Часова діаграма функціонування елементів моделі пристрою дешифрування кодів АЛСН

Таким чином, при наявності будь-якого з кодів, формуванні вихідних сигналів дешифратора функціонують НТЕ ЧСС  $F_1[IN,R]$  та  $F_{1A}[IN,R]$ . Це  $U_{КЖ}(t_i)$  – наявність коду «КЖ» та  $U_{Б}(t_i)$  – використовується в роботі елемента  $F_{КЖ}^{КОД}[IN,R]$  при відсутність кодів (рис. 12).

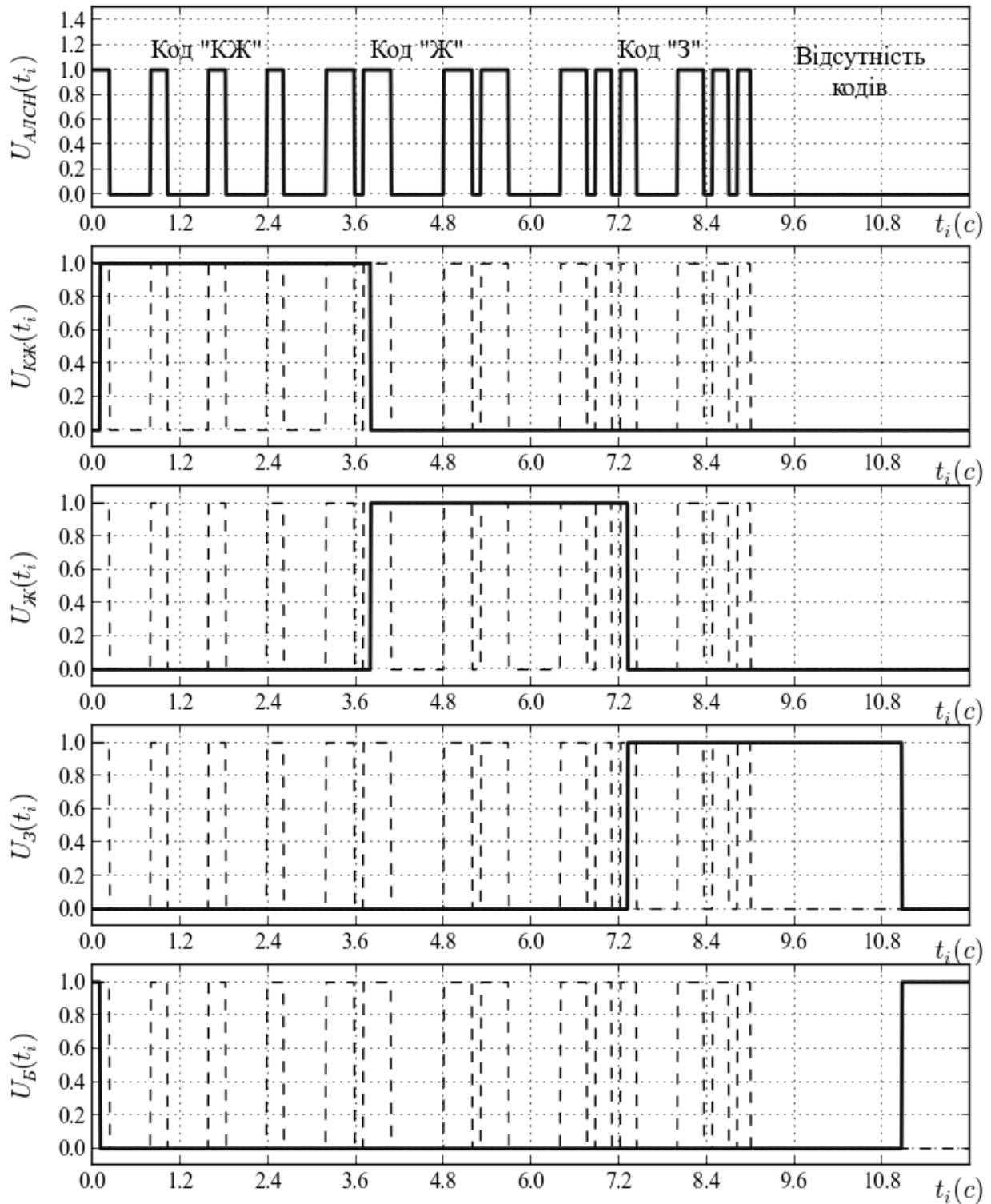


Рис. 12. Вихідні сигнали моделі пристрою дешифрування кодів АЛСН

За рахунок застосування елемента «2ТАК» НТЕ у випадку знаходження в цьому стані  $F_{1A}[IN,R]$  та ЧСС  $F_2[IN,R]$  може перейти в одиничний стан тільки при наявності імпульсу на вході (див. рис. 10).

Аналогічно увімкнені тригерні елементи  $F_{2A}[IN, R]$

та  $F_3[IN, R]$ , які починають функціонувати тільки у випадку наявності динамічної роботи елементів, до яких вони підключені. За рахунок встановлення часових параметрів роботи кожного елемента виконується належна селекція вхідного сигналу. Як впливає з часової діаграми (див. рис. 12), моделлю, побудованою за структурою, що представлена на рис. 10, виконується стійке дешифрування кодів АЛСН. Вираз, який характеризує роботу пристрою дешифрування і ставить у відповідність вектор вихідних сигналів та нейромережеві елементи, функціонуючі в дискретному часі, має наступний вигляд:

$$\begin{bmatrix} U_{КЖ}(t_i) \\ U_{Ж}(t_i) \\ U_3(t_i) \\ U_Б(t_i) \end{bmatrix} = \begin{cases} F_1[U_{АЛСН}(t_i), 0] \\ F_{1A}[\&(U_{АЛСН}(t_i), Q_1), 0] \\ F_2[\&(U_{АЛСН}(t_i), Q_{1A}), 0] \\ F_{2A}[\&(U_{АЛСН}(t_i), Q_1, Q_2), 0] \\ F_3[\&(U_{АЛСН}(t_i), Q_{2A}), 0] \\ U_{КЖ}(t_i) = F_{КЖ}^{КОД}[V(Q_1, Q_{1A}), 0] \\ U_{Ж}(t_i) = F_{Ж}^{КОД}[V(Q_2, Q_{2A}), 0] \\ U_3(t_i) = F_3^{КОД}[Q_3, 0] \\ U_Б(t_i) = \overline{U_{КЖ}(t_i)} \end{cases}, \quad (10)$$

де нейромережевому елементу «2АБО» (позначеному на рис. 10 як «OR») відповідає вираз (9); елементу «2ТАК»:

$$\&(x_1, x_2) \left\{ \begin{array}{l} -6,88357983 \left| \begin{array}{l} 0,39991 \\ 0,2469119 \end{array} \right|, -17,34365683 \left| \begin{array}{l} 31332,15 \\ -86464,54 \end{array} \right| \\ -13,66428483 \left| \begin{array}{l} -0,1709988 \\ -0,07118292 \end{array} \right| \end{array} \right\}, \quad (11)$$

елементу «3ТАК»:

$$\&(x_1, x_2, x_3) \left\{ \begin{array}{l} -13,17064 \left| \begin{array}{l} -0,04844623 \\ -0,4328671 \\ -0,2421596 \end{array} \right|, -4,658137 \left| \begin{array}{l} -28583,61 \\ 10890,46 \\ -145703,5 \end{array} \right| \\ -2,644686 \left| \begin{array}{l} 0,02805855 \\ 0,01504178 \\ 0,02027338 \end{array} \right| \\ -13,05136 \left| \begin{array}{l} 0,1783577 \\ 0,1815413 \\ 0,1943126 \end{array} \right| \end{array} \right\}. \quad (12)$$

### Висновки та практичні рекомендації

Таким чином, у роботі знайшли подальший розвиток елементи теорії штучних нейронних мереж та окремих положень теорії автоматичного керування в частині моделювання функцій пристрою дешифрування кодів АЛСН. В результаті отримано аналітичні вирази (2) – (12), що в сукупності дозволяють поставити у відповідність вхідному сигналу, який отримується з прийомних датчиків і містить дискретні значення амплітуди кодів АЛСН, вихідний – вектор дешифрованих сигналів, призначений для забезпечення показань локомотивного світлофора.

На відміну від існуючих методів дешифрування, пропонується підхід дозволяє гнучкіше реагувати на зовнішні впливи та зміну часових чинників в кодах, які приймаються. З оглядом на сучасні тенденції розвитку мікропроцесорної елементної бази та в зв'язку з розробкою ефективних нейронних мереж, результати моделювання пристосовані для впровадження з мінімальними витратами на їх адаптацію та програмування.

## Література

1. Леонов А.А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации [5-е изд., перераб. и доп.] / А.А. Леонов. – М.: Транспорт, 1982. – 255с.
2. Сотник В.О. Аналіз кореляційних залежностей для синтезу приймача кодів АЛСН / В.О. Сотник, М.М. Бабаєв, М.М. Чепцов // Зб. Наук. Праць. ДонІЗТ. – Донецьк: №34, – 2013, – С.49-56
3. Сотник В.О. Нейромережева модель розпізнавання тривалості імпульсів та інтервалів кодів АЛСН / В.О. Сотник, М.М. Бабаєв, М.М. Чепцов // Зб. Наук. Праць. ДонІЗТ. – Донецьк: №36, – 2013, – С.67-78
4. Рабаи Ж.М., Чандракасан А., Николич Б. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования – 2-ое изд. – М.: «Вильямс», 2007. – 912 с.
5. Чепцов М.М, Блиндюк В.С., Кузьменко Д.М. Нейромережеве моделювання в системах керування на залізничному транспорті: Монографія. – Донецьк: “ДонІЗТ”, – 2013. – 143 С.
6. Авт. свідоцтво №39465, реєстр. 03.08.2011, МОН України, Державний департамент інтелектуальної власності. Комп’ютерна програма “Модель динамічної нейронної мережі з модифікованим алгоритмом навчання за методом зворотного поширення помилки” (“Model of Dynamic Neural Network”) / М.М. Чепцов, В.С. Блиндюк, Д.М. Кузьменко, О.О. Германенко; заявка від 23.05.2011 № 39639.

**Сотник В.А. Нейросетевое моделирование функций дешифровки кодов АЛСН.** В работе нашли дальнейшее развитие элементы теории искусственных нейронных сетей и отдельных положений теории автоматического управления в части моделирования функций устройства дешифровки кодов АЛСН. Получены аналитические выражения, которые в совокупности позволяют поставить в соответствие входным сигналам приемные датчики и содержат дискретные значения амплитуды кодов АЛСН, исходный – вектор дешифрованных сигналов, который предназначен для обеспечения показаний локомотивного светофора. Проведен синтез нейросетевых моделей, которые выполняют функцию фиксации временных параметров импульсов в числовых кодах АЛСН, включая возможность триггерного реагирования на смену входного сигнала. В отличие от существующих методов дешифровки, предлагаемый подход позволяет более гибко реагировать на внешние влияния и изменения временных факторов в принимаемых кодах.

**Ключевые слова:** амплитуда, сигнал, датчик, нейронная сеть, модель, декодирование, числовые коды, АЛСН.

**Sotnik V. A. Connectionist modeling of CACS (continuous automatic cab signaling) codes decoding function.** Elements of artificial neural net theory and separate points of automatic control theory in the part of modeling of the functions of CACS codes decoding device have found their further development in the present work. Analytical expressions which in the aggregate allow setting receivers in compliance with input signal and contain discrete values of CACS code amplitude, with the initial being the vector of decoded signals intended for the provision with locomotive light-signal aspects have been obtained. The analyses of connectionist models which perform the function of the fixation of impulse time parameters in CACS numerical codes, including the possibility of trigger reaction to the change of an input signal has been conducted. Unlike the existing decoding methods, the approach proposed allows reacting to external impacts and changes of time factors in codes received more flexibly.

**Key words:** amplitude, a signal, a sensor, a neural network, model, decoding, numerical codes, CACS.

Рецензент д.т.н., професор Бабаєв М.М.  
(УкрДАЗТ)

*Поступила 17.02.2014г.*