

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування  
рухом поїздів**

**ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОЕЛЕКТРОННОЇ  
СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ  
СИГНАЛІЗАЦІЇ АЛС-ЕН**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до лабораторної роботи з дисципліни**  
**«СИСТЕМИ СИГНАЛЬНОГО АВТОРЕГУЛЮВАННЯ»**

**Харків – 2019**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного

телекерування рухом поїздів 12 березня 2018 р., протокол № 7.

Наведено методику вивчення та аналізу принципів побудови й функціонування багатозначної системи автоматичної локомотивної сигналізації неперервного типу з дворазовою фазорізнісною модуляцією – АЛС-ЕН. Дано опис функціональних можливостей системи, побудови та роботи основних схемних вузлів колійних та бортових складових системи. Розглянуто принципи кодування і декодування цифрової інформації, що передається з колії на рухомий склад, та способи перетворення бортовими пристроями аналогової інформації в дискретну. Надано опис лабораторного стенда, програму та методику для практичного дослідження роботи бортових пристроїв АЛС-ЕН.

Методичні вказівки призначені для студентів рівня магістр спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» усіх форм навчання, що вивчають дисципліну «Системи сигнального авторегулювання».

Укладач

доц. С. В. Кошевий

Рецензент

проф. М. М. Бабаєв

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОЕЛЕКТРОННОЇ  
СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ  
СИГНАЛІЗАЦІЇ АЛС-ЕН

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до лабораторної роботи з дисципліни  
«СИСТЕМИ СИГНАЛЬНОГО АВТОРЕГУЛЮВАННЯ»

Відповідальний за випуск Кошевий С. В.

Редактор Еткало О. О.

---

Підписано до друку 16.04.18 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,5. Тираж 35. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

## ЗМІСТ

Вступ . . . . .	4
1 Загальні положення . . . . .	5
2 Опис робочого місця . . . . .	25
3 Програма виконання лабораторної роботи . . . . .	25
4 Методика виконання . . . . .	26
5 Зміст звіту . . . . .	27
Контрольні питання . . . . .	28
Список літератури . . . . .	30

## ВСТУП

Перед початком лабораторних робіт студент повинен ознайомитися з цими методичними вказівками, а також опрацювати відповідні розділи теоретичного курсу за підручниками, конспектами лекцій і рекомендованою літературою.

Необхідною умовою успішного виконання лабораторної роботи з дослідження мікроелектронної системи автоматичної локомотивної сигналізації АЛС-ЕН є засвоєння навчального матеріалу дисциплін «Автоматизація технологічних процесів», «Системи автоматики на перегонах», зокрема у частині побудови й функціонування систем автоблокування та колійних пристроїв кодування рейкових кіл числовим кодом автоматичної локомотивної сигналізації на перегонах та станціях.

Заготовка до лабораторної роботи виконується в окремому учнівському зошиті або на аркушах формату А4. Вона має бути підготовлена заздалегідь (до початку виконання лабораторної роботи) і містити матеріал, який необхідно вносити до звіту, зазначений для кожного завдання, наведеного у розділі «Зміст звіту».

До виконання чергової лабораторної роботи допускаються лише студенти, які успішно виконали попередні роботи та пройшли допуск на підставі письмового опитування або тестування на ЕОМ. Перевірка знань та практичних навичок студентів здійснюється індивідуально. Студенти, які не допущені до виконання двох і більше лабораторних робіт, до наступних лабораторних робіт допускаються тільки з дозволу деканату або завідувача кафедри.

Результати виконаних під час лабораторної роботи вимірювань і спостережень необхідно узгодити із викладачем (керівником роботи). Тільки після цього практична частина роботи, що виконана за лабораторним стендом, вважається відпрацьованою.

Лабораторні роботи, пропущені з поважної причини, відпрацьовуються за погодженням із викладачем.

Під час проведення занять у навчальній лабораторії студент зобов'язаний дотримуватися правил безпечної роботи з

електричним обладнанням, норм етичної поведінки, виконувати вказівки викладача.

Категорично забороняються несанкціоноване керівником лабораторних робіт увімкнення електричного обладнання, комп'ютерної техніки та будь-які маніпуляції з ними. За порушення зазначених норм студенти несуть персональну відповідальність.

## **Мета роботи**

Метою роботи є вивчення та аналіз принципів побудови й функціонування мікроелектронної системи автоматичної локомотивної сигналізації АЛС-ЕН, способів технічної реалізації її основних колійних та бортових схемних вузлів, а також принцип кодування та декодування інформації, що передається з колії на рухомий склад.

## **1 Загальні положення**

Автоматична локомотивна сигналізація АЛС-ЕН є багатозначною системою неперервного типу з однією носійною частотою і містить у своєму складі колійні та локомотивні пристрої.

Передача сигналів з колії на локомотив здійснюється індуктивним способом, сигнальна інформація подана у цифровій формі. Колійні пристрої, що мають інформаційний зв'язок з колійними світлофорами, передають на локомотив, що рухається, за допомогою пристроїв передачі сигналів повідомлення про стан цих світлофорів, тобто поїзний стан попереду поїзда. Для неперервної передачі сигнальної інформації від колійних пристроїв на локомотив використовуються ходові рейки колії, по яких цифрова інформація у послідовному форматі пропускається назустріч поїзду у вигляді модульованого змінного струму, що утворює навкруг рейок змінне магнітне поле.

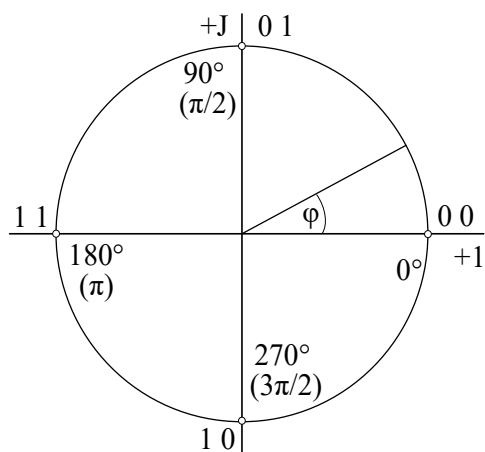
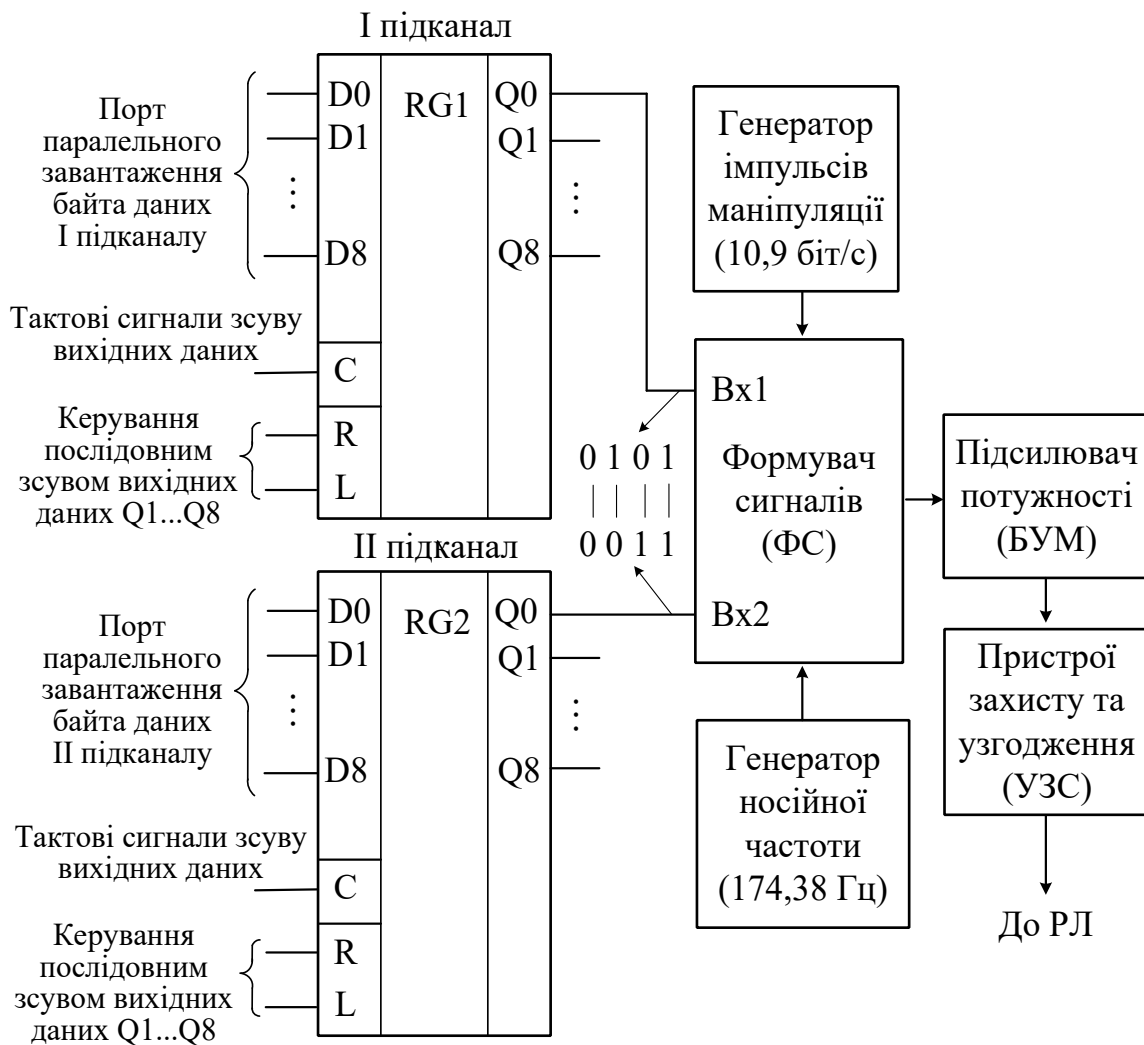
У системі АЛС-ЕН з колії на локомотив передається така інформація:

– наявність вільних блок-ділянок попереду поїзда та їх кількість (від 1 до 6);

- наближення поїзда до закритого світлофора (сигнал КЖ на локомотивному індикаторі);
- швидкість проходження наступного світлофора (16 градацій від 0 до 200 км/год);
- довжина блок-ділянки попереду поїзда (показник, що має два значення – довжина блок-ділянки більша або менша від гальмівного шляху нормативного поїзда);
- напрям руху по колії (парний чи непарний) двоколійної ділянки (для захисту від підживлення індуктивного каналу зв'язку між локомотивними та колійними пристроями сусідньої колії);
- непарна або парна блок-ділянка колії перегону, по якій рухається поїзд (захист від підживлення приймальних пристроїв локомотива від суміжних блок-ділянок та з-під коліс поїзда, що рухається попереду);
- шлях, по якому пролягає маршрут руху поїзда з перегону на станцію (по головній колії станції або з відхиленням на бокову колію);
- рух поїзда на станцію по запрошувальному сигналу (на локомотивному індикаторі білий миготливий вогонь БМ).

За умовами безпеки руху поїздів потрібна висока завадозахищеність передачі інформації і, як наслідок, введення надлишковості (інформаційної та часової) у вигляді контрольних символів у цифрових кодових комбінаціях. Це збільшує довжину кодової послідовності і час передачі одного повідомлення (у кодовій послідовності інформаційна частина скорочується удвічі за рахунок введення контрольних символів).

Для зменшення часу передачі інформації та забезпечення високої завадозахищеності в системі АЛС-ЕН використовується дворазова фазорізницева модуляція з двома незалежними фазовими підканалами. Принцип перетворення цифрової сигнальної інформації, записаної у двох підканалах у вигляді 8-розрядних кодових слів, у модульовану імпульсну послідовність носійної частоти ( $174,38 \pm 0,1$  Гц), що подається у рейки, полягає у такому (рисунок 1, на якому схема не реальна, а пояснює принцип формування фазомодульованих кодових сигналів).



Значення однойменних бітів у байтах двох підканалів		Кут зміни фази, град.
I підканал	II підканал	
0	0	0°
0	1	90° (π/2)
1	1	180° (π)
1	0	270° (3π/2)

Рисунок 1 – Принцип формування сигнальної інформації  
колійними пристроями АЛС-ЕН

Два 8-розрядні регістри зсуву з паралельним завантаженням

даних підключені одним виходом однойменних бітів (на рисунку 1 біти D0) до входів формувача сигналів (ФС). Один регістр (RG1) завантажується байтом інформації I фазового підканалу даних, другий (RG2) – відповідно II фазового підканалу. Якщо після завантаження даних запустити регістри одночасно від генератора імпульсів у режимі зсуву даних ( $D8 \rightarrow D7, D7 \rightarrow D6, \dots, D1 \rightarrow D0, D0 \rightarrow D8$ , тобто зсув даних по колу), то однойменні біти регістрів двох підканалів будуть подаватися відповідно до входів Vx1 та Vx2 формувача сигналів ФС і матимуть на входах ФС чотири значення: 00, 01, 10, 11.

Для кожного із значень отриманого співвідношення бітів підканалів ставиться у відповідність кут зміни фази між імпульсними послідовностями у рейках (див. діаграму й таблицю зміни фаз відносно значення однойменних бітів на рисунку 1).

ФС забезпечує генерування фазомодульованих сигналів відповідно до інформації, що надходить від пристроїв автоблокування (АБ) або електричної централізації (ЕЦ). Кодові серії надходять на вхід підсилювача потужності (БУМ), з виходу якого через пристрої захисту та узгодження (УЗС) передаються в рейкову лінію. Живлення пристроїв здійснюється блоком живлення формувача сигналів БПФС. Блок ФС має діагностичні виходи, до яких включені реле часткової ЧО і повної ПО відмови (на рисунку 1 не показані).

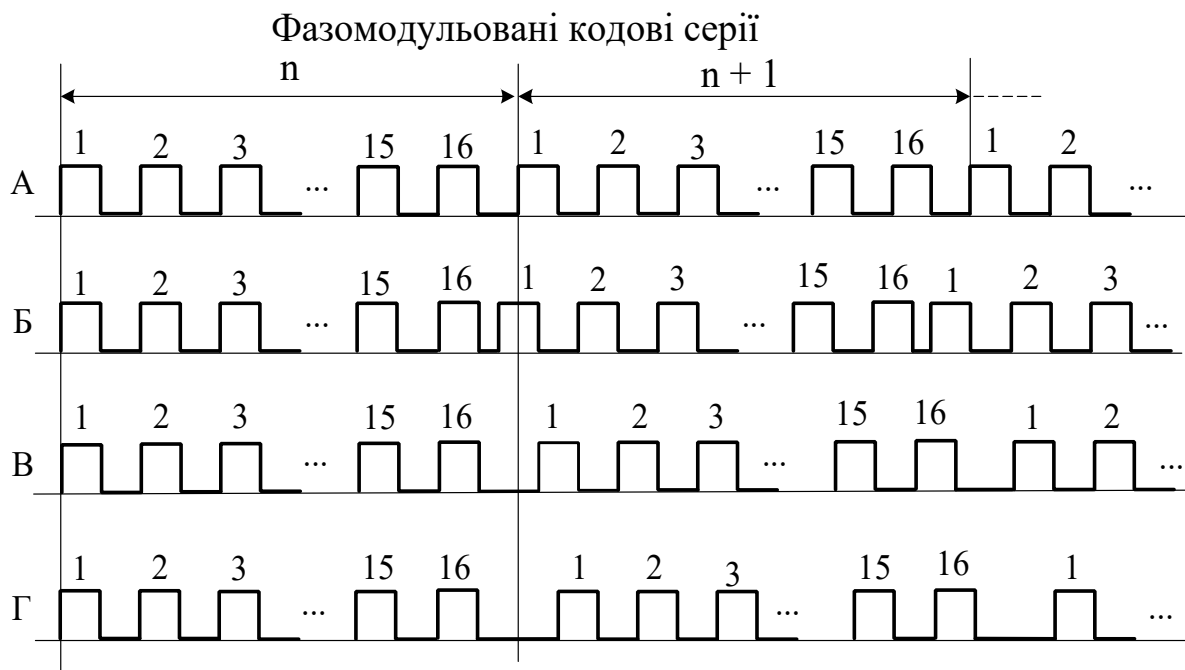
Відповідно до значень однойменних розрядів інформаційних посилок обох підканалів шляхом зміни фази сигналу носійної частоти, що здійснюється один раз через кожні 16 періодів кодової серії, сформовані послідовні фазомодульовані кодові сигнали (рисунок 2), які є обвідною імпульсних сигналів носійної частоти, що видаються в рейкову лінію.

Кодові комбінації, що передаються по I фазовому підканалу, містять інформацію:

- наявність вільних блок-ділянок попереду поїзда та їх кількість (від 1 до 6);
- наближення поїзда до закритого світлофора (КЖ) або рух по запрошувальному сигналу (миготливий Б);
- швидкість проходження наступного світлофора (16 градацій цільової швидкості від 0 до 200 км/год);
- довжина блок-ділянки попереду поїзда (більша або менша



від гальмівного шляху нормативного поїзда).



Імпульсні послідовності фазомодульованих інформаційних посилок:

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| А – зсув фази $\varphi = 0^\circ$                | (розряди підканалів 00); |
| Б – зсув фази $\varphi = 90^\circ$ ( $\pi/2$ )   | (розряди підканалів 01); |
| В – зсув фази $\varphi = 270^\circ$ ( $3\pi/2$ ) | (розряди підканалів 10); |
| Г – зсув фази $\varphi = 180^\circ$ ( $\pi$ )    | (розряди підканалів 11); |

Рисунок 2 – Діаграми фазомодульованих кодових сигналів залежно від значення однойменних розрядів двох підканалів

Інформація, що передається по II фазовому підканалі – так звані сигнали циклової синхронізації у вигляді зосереджених синхрогруп (СГ) тієї ж розрядності, що і кодові комбінації про параметри руху, розширює інформацію I підканалу. Використання як СГ кількох кодових слів дає змогу збільшити обсяг інформації, що передається, і реалізувати кодовий захист по сигналах СГ інформації, якою кодується блок-ділянка, від впливу кодових сигналів сусідньої колії на перегонах і станціях та від суміжних блок-ділянок (при появі кодових сигналів з-під коліс поїзда, що йде попереду).

Передача сигналів АЛС-ЕН здійснюється у вузькій смузі частот – приблизно 15 Гц. За цих умов при наявності потужних електромагнітних завад та заданій довжині елементарного біта забезпечується впевнене приймання інформації, при якому смуга

займаних частот визначається як  $\Delta f = 1,5/t_b$ , де  $t_b$  – тривалість елементарного біта кодової послідовності.

У кожному з підканалів використовуються 8-розрядні комбінації модифікованого коду Бауера із самосинхронізацією та кодовою відстанню  $d = 4$  з чотирма інформаційними розрядами і чотирма – контрольними (таблиця 1). Це дає змогу в кожному фазовому підканалі мати  $2^4 = 16$  інформаційних кодових комбінацій, що забезпечує інформаційну ємність системи з використанням двох підканалів  $16 \times 16 = 256$  двійкових комбінацій.

У модифікованому коді Бауера старша тетрада байта (D4-D7) – інформаційні біти, молодша тетрада (D0-D3) – контрольні біти. В обох підканалах значення бітів перевіркової частини визначається таким чином. Якщо  $D4+D5+D6+D7=0$ , то  $D1=D5$ ,  $D2=D6$ ,  $D3=D7$ , а біт D0 дорівнює інверсному значенню D4. Якщо ж  $D4+D5+D6+D7=1$ , то  $D0=D4$ , а D1, D2, D3 дорівнюють інверсним значенням D5, D6, D7.

Таблиця 1 – Коди Бауера, що дозвільні для передачі інформації по підканалах АЛС-ЕН

Номер коду	8-розрядний модифікований код Бауера		Номер коду	8-розрядний модифікований код Бауера	
	інформаційні біти (старша тетрада)	контрольні біти (молодша тетрада)		інформаційні біти (старша тетрада)	контрольні біти (молодша тетрада)
0	0000	0001	8	1000	0110
1	0001	1111	9	1001	1000
2	0010	1100	10	1010	1011
3	0011	0010	11	1011	0101
4	0100	1010	12	1100	1101
5	0101	0100	13	1101	0011
6	0110	0111	14	1110	0000
7	0111	1001	15	1111	1110

Розглянемо, наприклад, кодову комбінацію 01010100 (номер коду 5 таблиці 1). При складанні інформаційних бітів старшої тетради ( $D7+D6+D5+D4$ ) маємо  $0+1+0+1 = 0$  (біт переносу не враховується). Тому три старші біти контрольних символів (D3, D2, D1) дорівнюють значенню трьох старших інформаційних бітів (D7, D6, D5, тобто 010), а молодший біт

контрольних символів має інверсне значення ( $D0 = 0$ ) відповідно до значення молодшого інформаційного біта ( $D4 = 1$ ):

Інформаційні біти	Контрольні біти
$D7+D6+D5+D4$	$D3=\overline{D7}, D2=\overline{D6}, D1=\overline{D5}, D0=\overline{D4}$
$0 + 1 + 0 + 1 = 0 \rightarrow$	0      1      0      0

Кодова комбінація 14 визначена таким чином:

Інформаційні біти	Контрольні біти
$D7+D6+D5+D4$	$D3=\overline{D7} \quad D2=\overline{D6} \quad D1=\overline{D5} \quad D0=\overline{D4}$
$1 + 1 + 1 + 0 = 1 \rightarrow$	0      0      0      0

Сума інформаційних бітів  $1+1+1+0 = 1$ , тому три старші контрольні біти мають значення 0 (інверсні), а молодший контрольний біт дорівнює значенню інформаційного молодшого біта, Кодова комбінація 14 таблиці 1 набуває значення 11100000. Аналогічно визначаються значення контрольних бітів усіх інших дозвільних кодових посилок (номерів коду) з таблиці 1.

Алгоритм синтезу необхідної послідовності зсувів фаз носійного сигналу залежно від кодової комбінації наведений у таблиці 2.

Таблиця 2 – Алгоритм синтезу послідовності зсувів фаз носійного сигналу кодової комбінації 13

Послідовність значення зсуву фази	$0^0$	$0^0$	$+90_0$	$180^0$	$-90^0$	$-90^0$	$180^0$	$-90^0$	Номер кодової комбінації
	Двійковий код Бауера								i
Номер коду по I підканалю	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	01Н				Контрольні біти				
Номер коду по II підканалю	0	0	1	1	0	0	1	0	3
	03Н				Контрольні біти				
На цифрових індикаторах висвічується номер кодової комбінації									
<b>13</b>									

Використання в системі АЛС-ЕН дворазової фазорізницевої модуляції і завадозахищеності кодування дає змогу значно

зменшити потужність передавальних пристроїв. Рівень корисного сигналу на вході локомотивного приймача досягається при сигнальному струмі на входному кінці блок-ділянки 0,15 А, що значно менше, ніж у системі АЛСН числового коду (від 1,2 до 2 А залежно від роду тяги поїздів), і у два рази менше, ніж у багаточастотній системі АЛСЧ. Усі повідомлення в системі АЛС-ЕН передаються з колії на локомотив по рейковому індуктивному каналу зв'язку. Використовується один частотний канал на носійній частоті ( $174,38 \pm 0,1$ ) Гц. Порівняно з АЛСЧ діапазон використовуваних частот зменшений у 5 разів, що значно спрощує технічну реалізацію пристроїв передачі та приймання кодових сигналів. Швидкість передачі інформації у фазових підканалах 10,9 біт/с. Канал АЛС-ЕН у послідовному форматі може передати на локомотив один байт інформації за один цикл близько 0,8 с, що значно перевищує обсяг інформації, що передається по каналу АЛСН числового коду.

Формувач сигналів ФС-ЕН являє собою моноблокову конструкцію, що встановлюється на полицю статива ЕЦ або шафи АБ, і займає 2 місця типорозміру реле ДСШ. Конструкція ФС-ЕН складається з двох знімних синтезаторів сигналів АЛС-ЕН, які функціонують паралельно (один із синтезаторів працює в гарячому резерві). Фазоманіпульований сигнал (ФМС) надходить на вихід блока з одного із синтезаторів. У випадку відмови робочого синтезатора активним автоматично стає другий (резервний, справний) синтезатор.

Вихідний інформаційний сигнал від ФС-ЕН у рейкове коло надходить за допомогою узгоджувальних пристроїв, що застосовуються сумісно з ФСС, а саме через блок трансформаторів БТКУ-Ф і резонансний контур, що складається з блоків ДС та БК (рисунок 3).



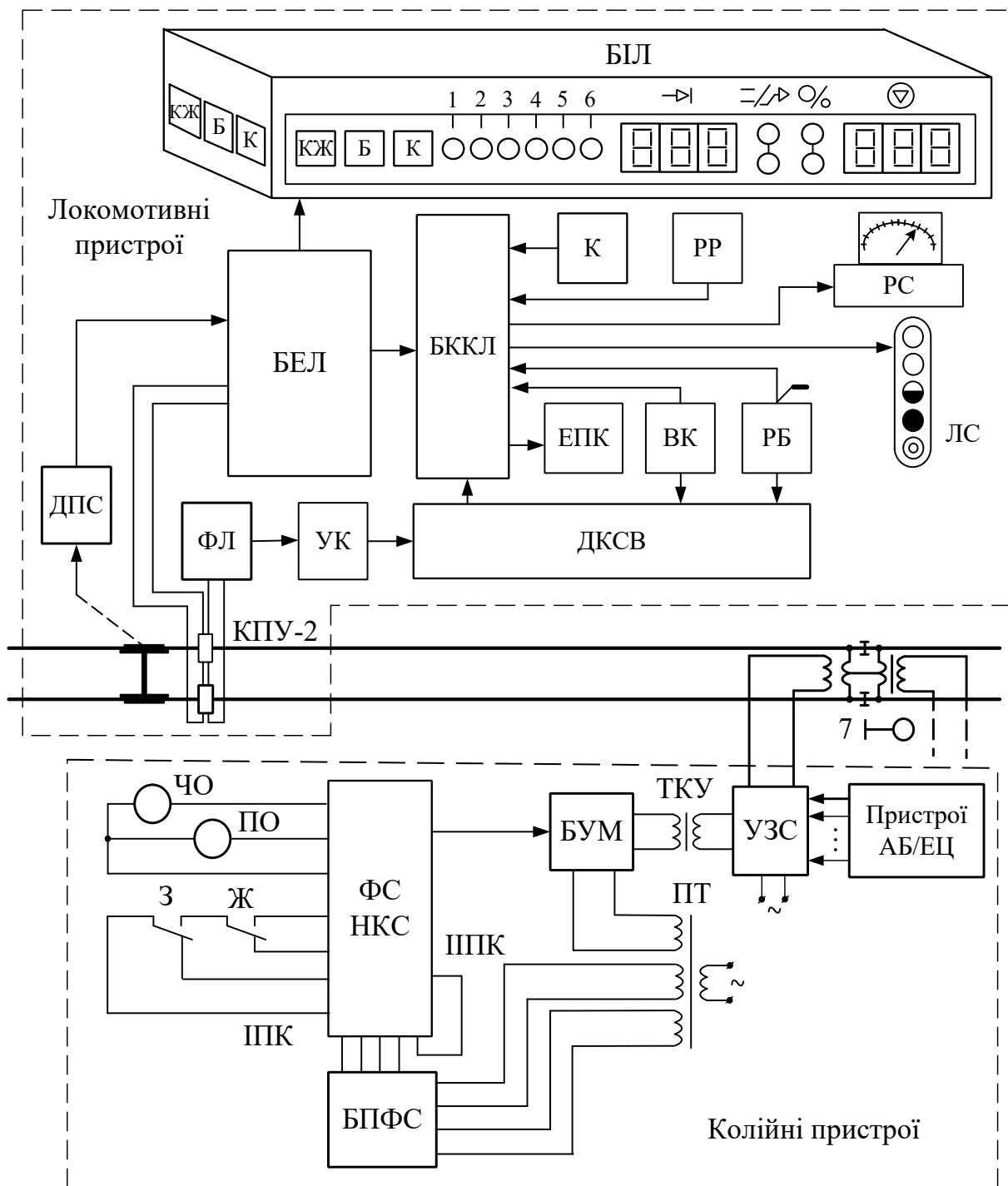


Рисунок 4 – Структурна схема колійних та бортових пристроїв системи АЛС-ЕН

До БЕЛ входить приймач сигналів АЛС-ЕН, вимірювач швидкості руху поїзда з двома датчиками шляху і швидкості (ДПС), які встановлюються на редукторі або буксовому вузлі двох візків локомотива.

БЕЛ здійснює декодування сигналів АЛС, логічну обробку інформації за результатами порівняння фактичної,

контрольованої і допустимої швидкості руху, формування сигналу керування ЕПК та контроль функціонування апаратури.

На блоці індикації БІЛ є сигнальні лампи жовто-червоного (КЖ), червоного (К) і білого (Б) вогнів, призначення яких аналогічне призначенню відповідних ламп на ЛС системи АЛСН числового коду. Лампа білого вогню використовується також для індикації в миготливому режимі при русі поїзда по запрошувальних сигналах станційних поїзних світлофорів. Лампи мають повторювачі на боковій стінці блока БІЛ у зоні видимості помічника машиніста.

Індикація вільності колії попереду поїзда здійснюється шістьма світлодіодами (1...6), що дають вимогу інформувати локомотивну бригаду про кількість вільних попереду блок-ділянок (до шести). Семисегментні світлодіодні індикатори на три розряди відображають показання фактичної швидкості руху поїзда ( $\rightarrow|$ ) і контрольовану (цільову) швидкість руху ( $\nabla$ ), яку поїзд повинен мати на виході (у кінці) цієї блок-ділянки.

Дві пари вертикально розміщених світлодіодів інформують відповідно про приймання поїзда на станцію на головну / бокову колію ( $\equiv/\rightarrow$ ) та рух по колії перегону у правильному / неправильному напрямі ( $\%$ ).

При дешифруванні кодової сигнальної інформації, що надходить з колії, визначається значення фази зсуву обвідної носійної частоти з використанням спеціального лічильника фази. Зсув фази між сигналами опорної частоти локомотивного генератора й обвідної носійної частоти, прийнятої від колійних пристроїв, визначається за кількістю імпульсів тактової частоти 1,5 МГц, що надійшли на вхід лічильника фази за період часу між заднім фронтом імпульсу опорного сигналу і переднім фронтом імпульсу сигналу носійної частоти АЛС-ЕН, прийнятого з колії (рисунок 5).

На рисунку 5 зображені відповідно:

А – імпульсна послідовність опорного сигналу генератора локомотива ( $f_{оп} = 0,5 f_H$ );

Б – зсув фази ( $t_1 \rightarrow t_1$ ) між опорною та інформаційною імпульсними послідовностями у випадку  $\varphi = 0^\circ$  (розряди підканалів 00);

В – зсув фази ( $t_1 \rightarrow t_2$ ) між опорною та інформаційною імпульсними послідовностями у випадку  $\varphi = 90^\circ$  ( $\pi/2$ ) (розряди

підканалів 01);

Г – зсув фази ( $t_1 \rightarrow t_3$ ) між опорною та інформаційною імпульсними послідовностями у випадку  $\varphi = 270^\circ (3\pi/2)$  (розряди підканалів 10);

Д – зсув фази ( $t_1 \rightarrow t_4$ ) між опорною та інформаційною імпульсними послідовностями у випадку  $\varphi = 180^\circ (\pi)$  (розряди підканалів 11).

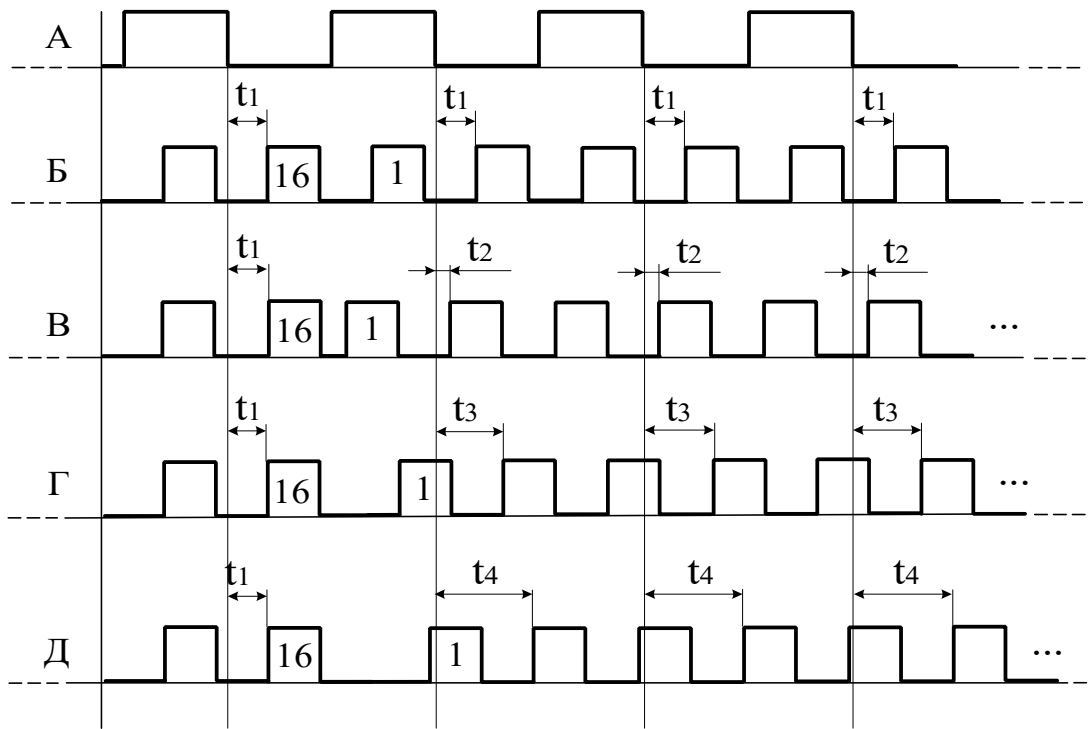


Рисунок 5 – Визначення значення фази зсуву сигналу носійної частоти АЛС-ЕН

Частота опорного сигналу бортових пристроїв у два рази нижча від частоти модуляції носійної частоти сигналу АЛС-ЕН, що надходить з колії. Кожний біт інформації в каналі АЛС-ЕН передається протягом 16 періодів частоти модуляції, що відповідає 8 періодам опорної частоти генератора БЕЛ, тому бортовими пристроями в граничному випадку можна зафіксувати черговий зсув фази носійної частоти сигналу АЛС-ЕН вісім разів. Для прийняття рішення використовується п'ять обчислень значення зсуву фази, тобто принцип «5 з 8». Для цього використовуються чотири двійкових лічильники, значення у кожному з них підлягає операції інкременту при відповідному значенні зсуву фази між опорними сигналами та сигналами,



прийнятими з колії. Сполучення бітів підканалів, що визначаються за зсувом фази, заносяться до відповідних бітів регістрів підканалів, у яких формуються підсумкові змінні пам'яті: перша містить кодову комбінацію (КК), друга – код синхрогрупи (СГ). Старші тетради байта пам'яті (D4 - D7) містять інформаційний код, молодші тетради – контрольні біти (D0 - D3) (код надмірності).

Кодова комбінація (КК) – кодове слово модифікованого коду Бауера, передане по I фазовому підканалі АЛС-ЕН (вміст восьми бітів байта I підканалу ІПК). КК формується з урахуванням синхрогрупи і містить дані про показання ЛС, кількість вільних блок-ділянок, цільову швидкість (швидкість проходження поїздом розташованого попереду об'єкта, що може впливати на величину швидкості руху) та ін.

Код синхрогрупи (СГ) – кодове слово модифікованого коду Бауера, передане по II фазовому підканалі АЛС-ЕН (вміст восьми бітів байта II підканалу ІПК). Коди СГ забезпечують захист інформації, що передається з колії на локомотив, від впливу сигналів сусідніх колій і суміжних блок-ділянок. Містить дані про рух поїзда по колії у правильному або неправильному напрямі, рух у маршрутах приймання і відправлення по стрілочних переводах прямо (по головній колії) або з відхиленням.

Для захисту від приймання неправдивої інформації і визначення межі блок-ділянок в АЛС-ЕН для кодів СГ введено поняття «налаштування». Змінна «налаштування» містить номер групи сполучення й ознаку допустимості синхрогрупи, які зчитуються з таблиці їх характеристик для конкретного перегону. При прийманні чергової синхрогрупи аналізується її відповідність групі сполучення. Попередні значення цих параметрів зберігаються в байті «налаштування».

Система АЛС-ЕН також використовується в комплексному локомотивному уніфікованому пристрої безпеки КЛУБ-У. До складу блока електроніки КЛУБ-У входить блок зовнішніх пристроїв (БВУ), що призначений для приймання сигналів АЛСН та АЛС-ЕН і складається з комірок ВУ1 та ВУ2. Кожна комірка має два ідентичні незалежні канали обробки сигналів.

На рисунку 6 наведена структурна схема одного каналу

комірки ВУ1. Функціональне призначення комірки ВУ1:

- приймання з КПУ сигналів АЛСН та виділення обвідної сигналу для ВУ2;
- приймання з КПУ сигналів АЛС-ЕН для ВУ2;
- налаштування приймального тракту на частоту 25, 50А (при автономній тязі), 50Э (при електротязі), 75 Гц згідно з бітами налаштування носійної від ВУ2;
- живлення власне та ВУ2.

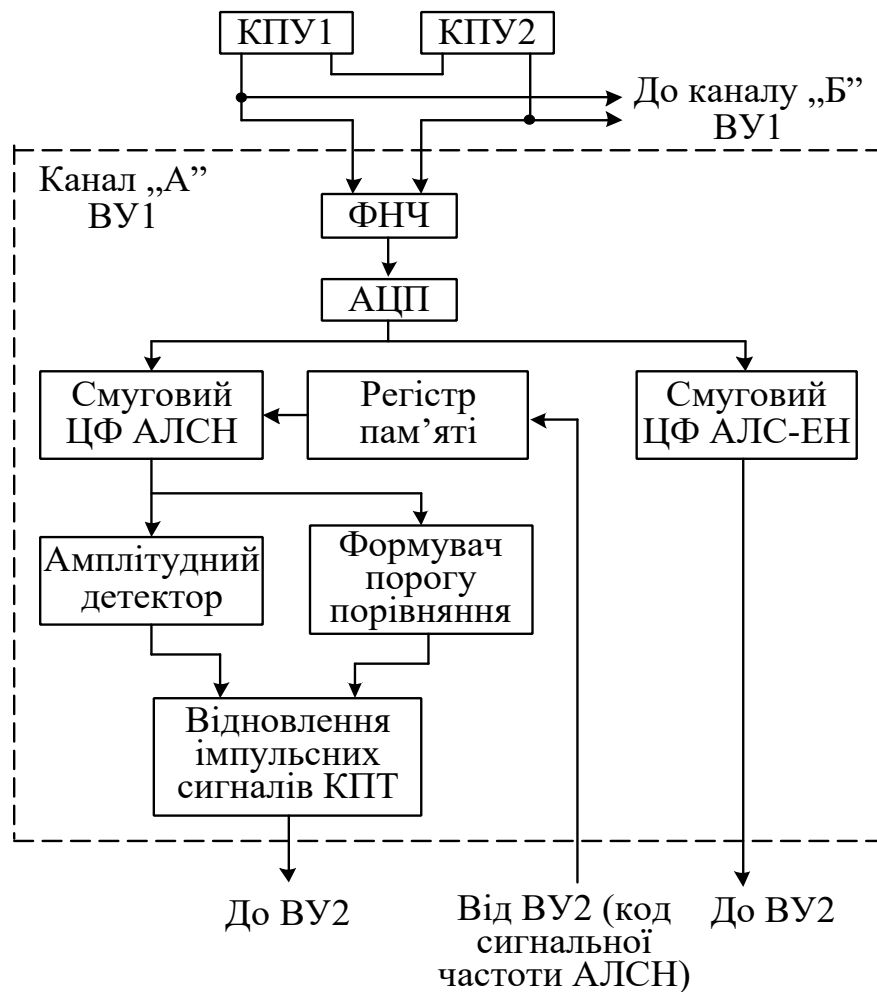


Рисунок 6 – Структурна схема комірки ВУ1

Сигнали АЛСН і АЛС-ЕН сприймаються приймальними котушками (КПУ) і надходять на вхід фільтра низьких частот (ФНЧ) і далі – в аналого-цифровий перетворювач (АЦП), з виходу якого миттєві значення напруги з частотою квантування 8 кГц перетворюються в цифрову форму. Отримана інформація зазнає математичної обробки – фільтрації і детектування.

Фільтрація сигналів здійснюється за допомогою смугових цифрових фільтрів. Центральні частоти цих фільтрів відповідають одній з носійних частот сигналів АЛС (25, 75 або 50 Гц). Коди цих частот зберігаються в регістрі пам'яті (РП) і надходять у комірку ВУ1 з ВУ2. Значення сигнальної частоти АЛСН задаються машиністом за допомогою блока БВЛ-У, якщо немає електронної карти колії (ЕК), а при наявності ЕК – витягуються з ЕК.

Часові діаграми (епюри напруги) можливих способів перетворення й обробки аналогових сигналів у цифрові за допомогою мікроконтролера з виділенням обвідної (виділення в інформаційних сигналах імпульсів від інтервалів) сигналу наведені нижче.

Згідно з першим способом визначення величини напруги імпульсів та інтервалів вхідного сигналу контролер циклічно зчитує миттєві значення сигналу з виходу АЦП. За аналізом величини зчитаної напруги знаходиться екстремальне значення півхвилі сигналу (функція пікового детектора), яке стає діючим в інтервалі часу до екстремуму наступної півхвилі напруги, який у свою чергу стає діючим до подальшого екстремуму (рисунок 7).

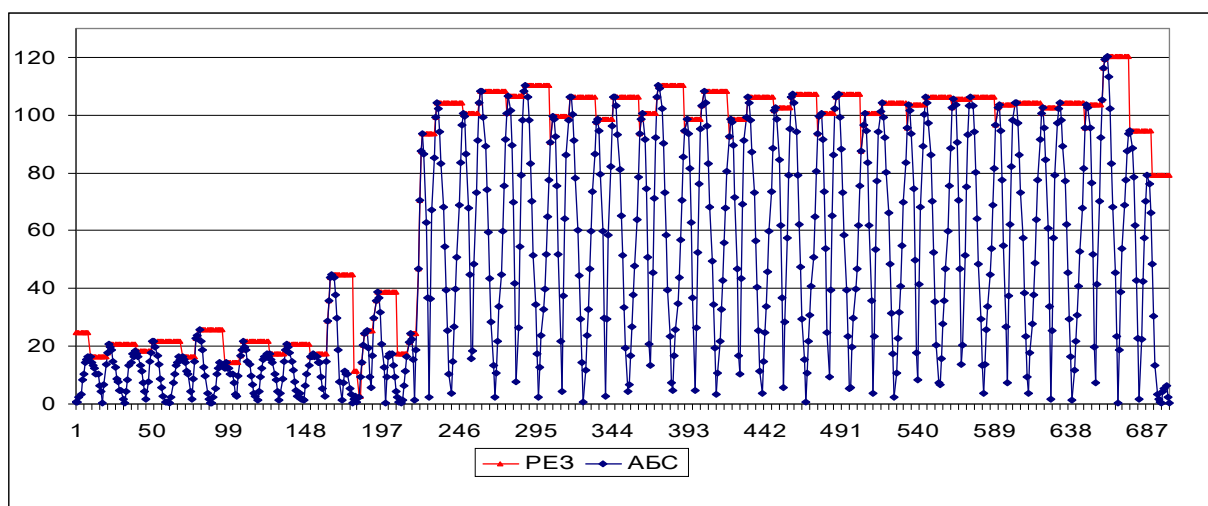


Рисунок 7 – Визначення середнього значення кодових сигналів АЛС шляхом використання програмного «імпульсного фільтра»

Синусоїдальний сигнал таким чином перетворюється у ступінчасту функцію, у якій, наприклад, на рівні чутливості наявного локомотивного приймача-підсилювача може бути

встановлений поріг, який дасть змогу у кодовому сигналі розрізнити за рівнями напруги імпульси від інтервалів.

Сутність пропонованого другого способу цифрової обробки та визначення кодових сигналів полягає у такому:

1) сигнал, який часто спотворений електромагнітними завадами, попередньо фільтрується (рисунок 8, а);

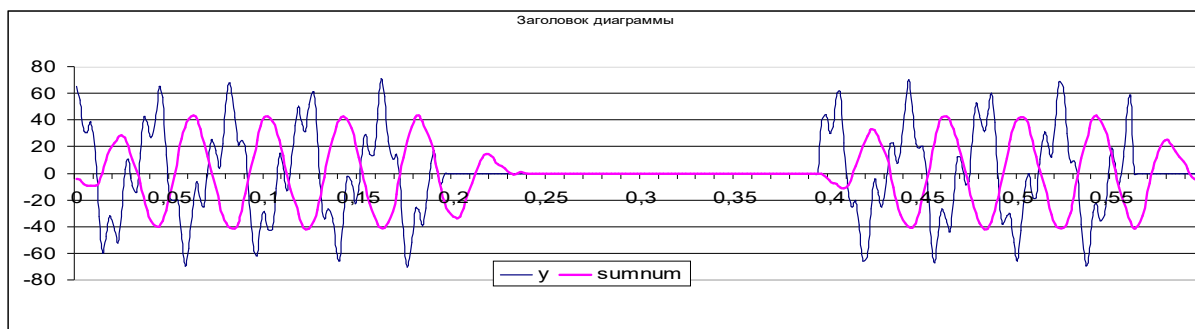
2) після фільтрації сигнал підлягає двопівперіодному випрямленню програмним способом;

3) проводиться циклічне зчитування миттєвих значень напруги кодового сигналу. За кожною фіксованою кількістю циклів зчитування розраховується середнє арифметичне значення напруги сигналу на цьому фіксованому відрізку часу. Проводиться «проріджування» сигналів з постійним коефіцієнтом перерахунку кількості значень сигналу і визначенням їх середнього арифметичного, як фактичного значення напруги на цьому інтервалі часу. Коефіцієнт перерахунку обирається довільним, але його значення істотно впливає на форму отриманого за результатами обробки імпульсу постійного струму. Так, на рисунку 8, б зображено епюри напруги:

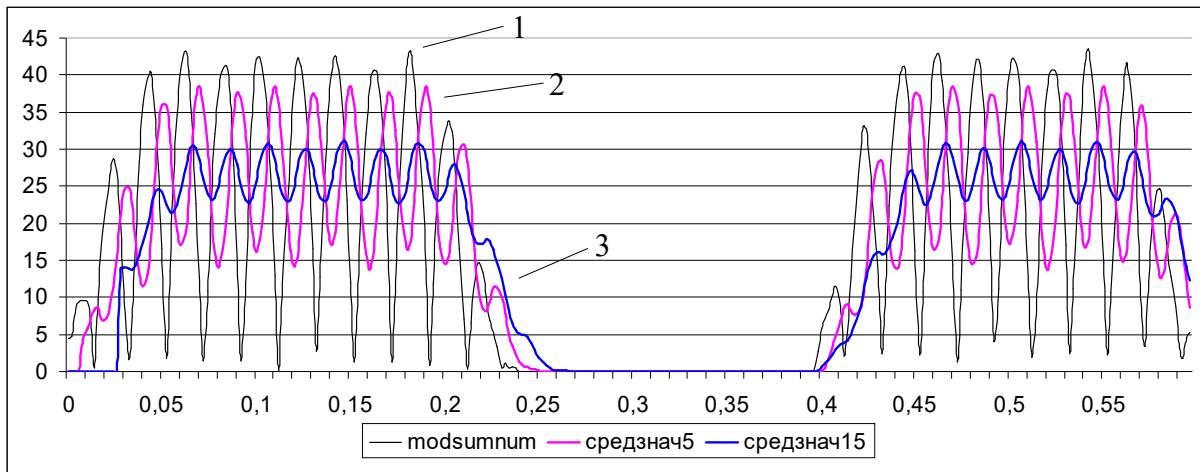
1 – випрямленого сигналу, попередньо обробленого фільтром;

2 – сигналу, точки якого розраховані за 5 циклами зчитування АЦП з розрахунком середнього значення за цими 5 циклами;

3 – сигналу, точки якого розраховані за 15 циклами зчитування АЦП з розрахунком середнього значення за цими 15 циклами.



а



(епюра 1) (епюра 2) (епюра 3)

*б*

*а* – попередня фільтрація; *б* – випрямлення й визначення імпульсів та інтервалів за різними коефіцієнтами (5 та 15) розрахунку середнього від миттєвих значень напруги  
Рисунок 8 – Цифрова обробка кодового сигналу АЛС

Суміщені епюри напруг, що цілісно показують процедуру виділення мікроконтролером із кодового сигналу змінного струму обвідної носійної частоти, наведені на рисунку 9.

У ВУ1 проводиться порівняння сигналів, що надходять з виходів кожного з двох каналів обробки, і, в разі фіксації їх відмінності, формується повідомлення про помилку або несправності комірки. Відновлені сигнали АЛС надходять у комірку ВУ2 для подальшої обробки.

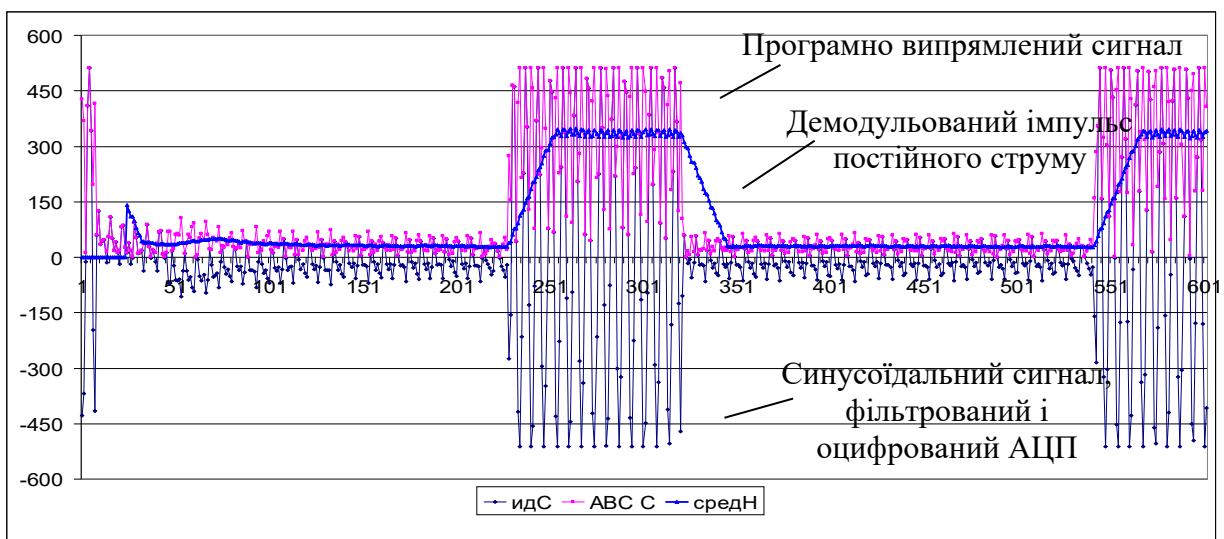


Рисунок 9 – Програмна обробка сигналу числового коду КЖ з частотою сигнального струму 50 Гц

Структурна схема модуля ВУ2 наведена на рисунку 10.

Функціональне призначення комірки ВУ2:

- декодування сигналів АЛСН, АЛС-ЕН;
- енергонезалежне зберігання бітів налаштування сигнальної частоти АЛСН;
- видача у системний інтерфейс CAN вихідної інформації про значення сигналів АЛС-ЕН.

Сигнали АЛСН і АЛС-ЕН після обробки у ВУ1 по окремих колах надходять у комірку ВУ2 і у подальшому одночасно обробляються різними дешифраторами. Відповідно до вимог безпеки комірка ВУ2 має два канали обробки. При одночасному прийманні сигналів АЛСН та АЛС-ЕН з ВУ2 в системний інтерфейс надходять після обробки лише сигнали з каналу АЛС-ЕН.

При надходженні сигналів з каналу АЛС-ЕН процесор комірки ВУ2 кожен мілісекунду опитує вхід, на який надходить цей сигнал. Для дешифрування кодів визначаються моменти зсуву фази носійної частоти. Для цього використовується лічильник фази, вміст якого зчитується спеціальною процедурою. При приході переднього фронту кожного імпульсу АЛС-ЕН лічильник фази відкривається. Зсув фази визначається за кількістю імпульсів тактової частоти 1,5 МГц, що надійшли на вхід лічильника фази за період часу між моментами приходу заднього фронту опорного сигналу і переднього фронту імпульсу АЛС-ЕН. Опорний сигнал формується генератором комірки ВУ2. Його частота у два рази нижче частоти модуляції носійного сигналу АЛС-ЕН. Надходження колійних сигналів у ВУ2 з генератором опорного сигналу не синхронізується.

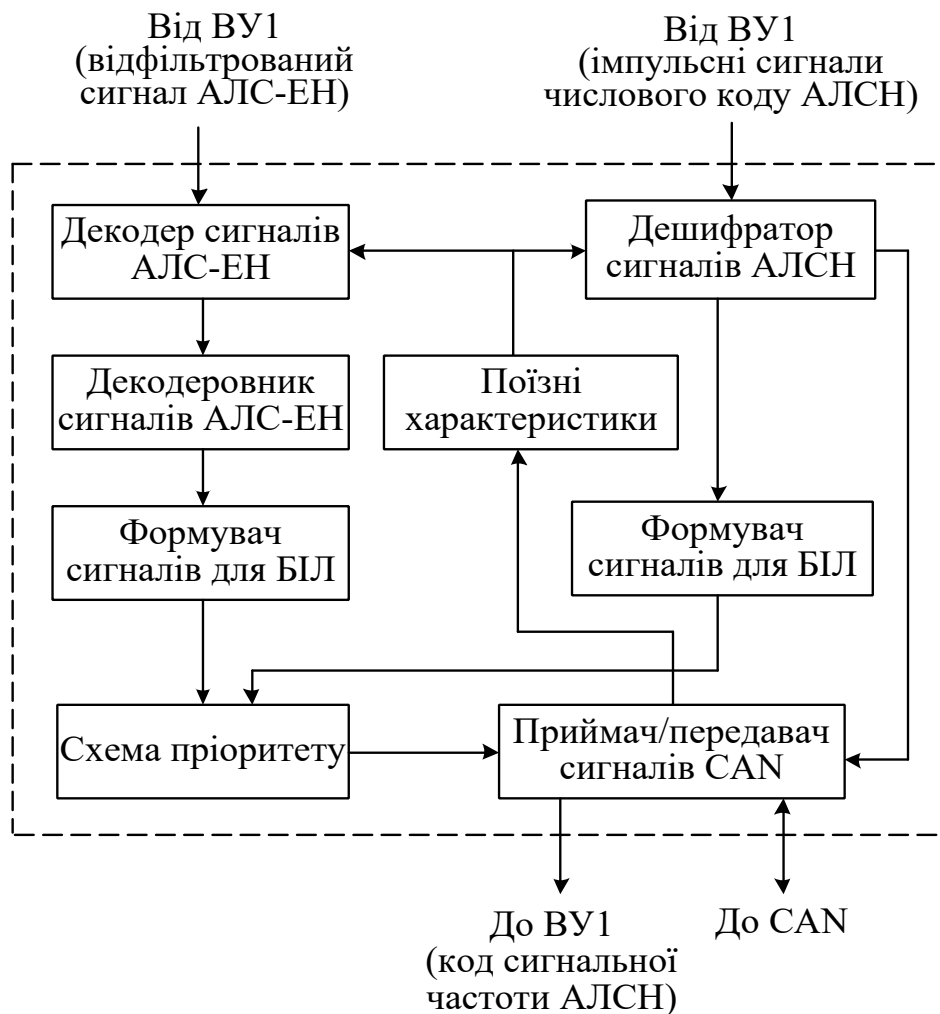


Рисунок 10 – Структурна схема комірки ВУ2

Потім з поточного зафіксованого значення лічильника фази віднімається останнє значення, яке зберігається в спеціально відведеній комірці пам'яті. За отриманою різницею визначаються числові значення зсуву фази. Розрахунковим шляхом отримані діапазони значень різниць чисел, відповідні зсуву фази (0,  $1/2\pi$ ,  $\pi$ ,  $3/2\pi$ ). Після обчислення різниці фаз визначається, у який діапазон потрапила ця різниця, і формується код зсуву фази відповідно до таблиці 2. Кожен біт інформації в каналі АЛС-ЕН передається протягом 16 періодів частоти модуляції, що відповідає восьми періодам опорної частоти, тому в граничному випадку можна зафіксувати черговий зсув фази вісім разів. Для приймання рішення використовується п'ять обчислених значень зсуву фази, що належать одному діапазону. Є чотири лічильники по модулю 5, кожен з яких інкрементується при приході відповідного йому

коду зсуву фази. Як тільки вміст одного з лічильників досягає 5, відбувається обнуління всіх лічильників і приймається рішення про величину зсуву фази, яка запам'ятовується у вигляді 8-розрядного коду в лічильнику фази. Старший і молодший біти коду зсуву фази заносяться у відповідні комірки пам'яті, кожна з яких накопичує поточну логічну інформацію з надмірністю, яка визначається кодом Бауера. Старші тетради байта містять інформаційний код, а молодші – контрольний код. Після цього проводиться занесення інформації в комірки підканалів і формується підсумкова змінна, яка поміщається у дві комірки пам'яті. Перша з них містить КК, а друга – код СГ.

Реалізація алгоритму декодування інформації, переданої в бортові пристрої КЛУБ-У з каналу АЛС-ЕН, полягає в аналізі стану підсумкової змінної і порівнянні отриманих значень КК і СГ зі значеннями, наведеними в таблиці 1.

Для видачі даних у CAN-інтерфейс ВУ2 формує такі дані:

- показання світлофора / кількість вільних блок-ділянок;
- ознака руху по прямій ділянці або по боковій колії;
- значення цільової швидкості;
- значення допустимої швидкості;
- код номера синхрогрупи і кодової комбінації АЛС-ЕН;
- тип колійного кодового трансмітера;
- код сигнальної частоти АЛСН;
- код сигналу АЛСН;
- сигнал проходження межі блок-ділянки при надходженні сигналів з каналу АЛС-ЕН;
- довжина блок-ділянки, що лежить попереду;
- результат внутрішнього тесту.

Крім інформаційних повідомлень, ВУ2 видає діагностичні дані про порушення у своїй роботі, які записуються на касету реєстрації. Ці дані містять номер версії програми роботи ВУ2, контрольну суму програмного файлу та ознаки справності роботи окремих вузлів модуля. Повідомлення про свій стан ВУ2 передає в системний інтерфейс періодично через час  $\approx 500$  мс.

## **2 Опис робочого місця**

Лабораторна робота виконується із використанням



структурних схем системи АЛС-ЕН та часових діаграм кодових послідовностей, що розкривають принцип кодування та декодування сигнальної інформації, використовуваної в АЛС-ЕН.

Практичне вивчення роботи АЛС-ЕН здійснюється на робочому місці, що містить блок електронний локомотивний (БЕЛ) та блок індикації локомотивний (БІЛ). Елементна база БЕЛ – мікросхеми ТТЛ логіки малого ступеня інтеграції. Зовнішній вигляд лицьової панелі БІЛ наведений на рисунку 4.

Для спостереження за роботою бортових пристроїв АЛС-ЕН на вхід БЕЛ подається одна з кількох кодових комбінацій, яка обирається увімкненням одного з тумблерів, установлених на вертикальному пульті керування, що кріпиться до задньої стінки БІЛ.

Тумблерами пульта керування здійснюється увімкнення імітатора видачі кодових комбінацій з колії на вхід БЕЛ для таких поїзних ситуацій:

- «Прямуювання поїзда по перегону. Попереду вільно чотири блок-ділянки»;
- «Проїзд світлофора із заборонним вогнем»;
- «Прямуювання по некодованій ділянці»;
- «Приймання по запрошувальному сигналу»;
- «Наближення до світлофора з червоним вогнем».

### **3 Програма виконання лабораторної роботи**

3.1 Вивчення принципів побудови і функціонування колійних та бортових складових системи АЛС-ЕН як самостійної системи, так і у складі комплексного локомотивного уніфікованого пристрою безпеки КЛУБ-У.

3.2 Аналіз шляхів досягнення функціональної безпеки АЛС-ЕН (самостійної системи і у складі комплексного локомотивного пристрою безпеки КЛУБ-У).

3.3 Проходження допуску до виконання лабораторної роботи.

3.4 Ознайомлення з лабораторним стендом бортових пристроїв (БЕЛ, БІЛ) мікроелектронної системи АЛС-ЕН та засвоєння правил і методів роботи з нею.

3.5 Дослідження структурних схем колійних та бортових

пристроїв системи АЛС-ЕН, принципів взаємодії їх складових компонентів.

3.6 Дослідження принципів завадозахищеного кодування сигналів колійними пристроями АЛС-ЕН з використанням модифікованого коду Бауера.

3.7 Дослідження принципів декодування сигналів бортовими пристроями АЛС-ЕН.

3.8 Самоперевірка за контрольними запитаннями, наведеними у кінці цих методичних вказівок.

## **4 Методика виконання роботи**

### ***Завдання 1. Самопідготовка та допуск до виконання роботи***

1 За пунктом 2 цих методичних вказівок та рекомендованою літературою [1–3] ознайомитися з функціональними можливостями АЛС-ЕН, особливостями побудови основних схемних вузлів колійних та бортових пристроїв, принципами кодування та декодування сигнальної інформації, шляхами досягнення функціональної безпеки.

2 Підготувати заготовку (макет) звіту з лабораторної роботи відповідно до вимог розділу 5 «Зміст звіту».

3 На основі виконаної теоретичної підготовки пройти допуск до виконання лабораторної роботи письмово або шляхом тестування на ЕОМ та надати викладачу заготовку звіту про роботу.

### ***Завдання 2. Дослідження роботи бортових пристроїв АЛС-ЕН лабораторного макета***

1 Проконтролювати і за необхідності на пульті керування встановити всі тумблери керування імітатором видачі кодових комбінацій з колії на вхід БЕЛ у положення «Викл».

2 Установити тумблер живлення лабораторного макета (праворуч на торцевій частині корпусу БІЛ) в положення «Вкл».

3 На пульті керування послідовно здійснити нижче наведені операції.

3.1 Перевести у положення «Вкл» тумблер вибору кодової комбінації, що імітує передачу сигнальної інформації з колії на

локомотив про «Прямування поїзда по перегону. Попереду вільно чотири блок-ділянки».

3.2 Спостерігати за індикацію на БІЛ.

3.3 Перевести увімкнений тумблер у положення «Викл».

3.4 Повторити операції за пунктами 3.1 – 3.3 переключенням відповідних тумблерів для видачі кодових комбінацій у такій послідовності:

- «Проїзд світлофора з заборонним вогнем»;
- «Прямування по некодованій ділянці»;
- «Приймання по запрошувальному сигналу»;
- «Наближення до світлофора з червоним вогнем».

4 Результати спостереження за показаннями БІЛ узагальнити у вигляді таблиці довільної форми.

## **5 Зміст звіту**

5.1 Назва і мета роботи.

5.2 Стислі (до двох сторінок) короткі теоретичні відомості про АЛС-ЕН: призначення, експлуатаційно-технічні характеристики, принципи побудови колійних та бортових пристроїв.

5.3 Таблиця довільної форми за результатами спостереження роботи АЛС-ЕН згідно з пунктом 4 завдання 2 розділу 4.

5.4 Результати індивідуальної роботи за завданням викладача – керівника лабораторних робіт.

5.5 Загальні висновки по роботі (від третини до половини сторінки).

## **Контрольні питання**

1 Перелічити основні експлуатаційно-технічні показники системи автоматичної локомотивної сигналізації АЛС-ЕН.

2 У чому полягає принцип перетворення цифрової інформації двох фазових підканалів у кодові сигнали в рейках?

3 У чому полягає сутність кодування інформації з використанням модифікованого коду Бауера?

4 Які заходи передбачені в системі АЛС-ЕН для підвищення рівня безпеки руху поїздів та ефективності процесу перевезень?

5 Пояснити призначення та склад основних схемних вузлів:

– колійних пристроїв системи АЛС-ЕН;

– бортових пристроїв АЛС-ЕН: 1) як автономної системи;  
2) у складі пристроїв КЛУБ-У.

6 Яка інформація від БІЛ надається машиністу поїзда та його помічнику?

7 Що розуміється під термінами швидкості: дозвільна, цільова, контрольована?

8 Розкрити сутність перетворення аналогових сигналів, що сприймаються з колії локомотивними ПК, у цифрові сигнали, що використовуються мікроконтролерами ВУ для прийняття рішень про значення отриманої сигнальної інформації.

9 Призначення підканалу кодових комбінацій (КК), яка інформація в ньому міститься?

10 Призначення підканалу коду синхрогруп (СГ), яка інформація в ньому міститься?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Казаков, А. А. Автоматизированные системы интервального регулирования движения поездов [Текст] / А. А. Казаков, В. Д. Бубнов, Е. А. Казаков. – М. :

Транспорт, 1995. – 320 с.

2 Кравцов, Ю. А. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] / Ю. А. Кравцов, В. Л. Нестеров, Г. Ф. Лекута; под ред. Ю. А. Кравцова. – М. : Транспорт, 1996. – 400 с.

3 Астрахан, В. И. Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У) [Текст] / В. И. Астрахан, В. И. Зорин, Г. Ф. Кисельгоф. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 177 с.