

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерних технологій і систем»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи

бакалавра

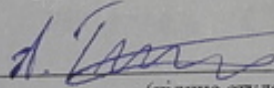
(ступінь вищої освіти)

на тему: Підвищення безпеки руху поїздів шляхом впровадження  
багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації

за освітньою програмою Системи керування рухом поїздів

зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт  
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи СК19120

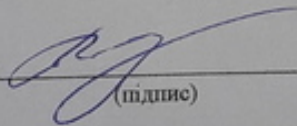


(підпис студента)

/ Андрій ГІРНИК /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:



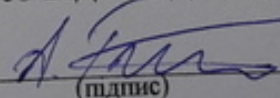
(підпис)

/ доцент Костянтин ГОНЧАРОВ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент



(підпис)

Дніпро – 2022 рік

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем  
Кафедра: Автоматика та телекомунікації  
Рівень вищої освіти: Перший (бакалаврський)  
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів  
Спеціальність: 273 Залізничний транспорт

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри АТ

\_\_\_\_\_ Володимир ГАВРИЛЮК

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу \_\_\_\_\_ бакалавра

(ступінь вищої освіти)

студенту \_\_\_\_\_ Гірнику Андрію Володимировичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

**1. Тема роботи:** \_\_\_\_\_ Підвищення безпеки руху поїздів шляхом впровадження багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації

Керівник роботи: \_\_\_\_\_ Гончаров Костянтин Вікторович, к.т.н., доцент  
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 202\_\_ р. № \_\_\_\_\_

**2. Строк подання студентом роботи:** 29.05.2022 р.

**3. Вихідні дані до роботи:** \_\_\_\_\_ технічні характеристики систем автоматичної локомотивної сигналізації АЛСН, АЛС-ЕН, TVM, ВАСС

**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):**

4.1 Аналітична частина: виконати порівняльний аналіз багатозначних систем автоматичної локомотивної сигналізації

4.2 Основна частина: 1) розробити загальні принципи побудови системи багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації;

2) розробити колійний генератор багатозначної локомотивної сигналізації;

3) розробити приймач сигналів багатозначної локомотивної сигналізації

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**

Структурні та принципові електричні схеми, блок-схеми алгоритмів колійного генератора та локомотивного приймача багатозначної АЛС

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Порівняльний аналіз багатозначних систем автоматичної локомотивної сигналізації	28.02.2022	
2	Розробка загальних принципів побудови системи багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації для ПАТ «Укрзалізниця»	28.03.2022	
3	Розробка колійного генератора багатозначної локомотивної сигналізації	25.04.2022	
4	Розробка приймача сигналів багатозначної локомотивної сигналізації	23.05.22	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	30.05.2022	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	13.06.2022 – 24.06.2022	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Андрій ГІРНИК

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Костянтин ГОНЧАРОВ

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

**Відомості про об'єм пояснювальної записки:** 52 сторінки, 2 таблиці, 14 рисунків, 10 літературних джерел.

**Ключові слова:** автоматична локомотивна сигналізація, багатозначна система локомотивної сигналізації, колійний генератор, локомотивний приймач сигналів, мікроконтролер.

**Об'єкт проектування:** колійні та локомотивні пристрої забезпечення безпеки руху поїздів.

**Мета бакалаврської роботи:** підвищення безпеки руху поїздів шляхом впровадження багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації.

У першому розділі розглянуто існуючі багатозначні системи автоматичної локомотивної сигналізації АЛС. Зроблена характеристика та описано принцип дії таких АЛС як: точкова, безперервна та на базі радіозв'язку.

У другому розділі описується можливість впровадження нової багатозначної системи АЛСН+ із застосуванням додаткового сигналу з частотою 175 Гц. Розроблено систему команд та схему підключення генератора АЛСН+.

У третьому розділі розроблено колійний генератор багатозначної локомотивної сигналізації для сигналів частотою 175 Гц та його алгоритм роботи. Створена принципова схема генератора, а також зроблені розрахунки елементів генератора.

У четвертому розділі розроблено локомотивний приймач сигналів та його алгоритм роботи. Створено принципову схему локомотивного приймача сигналів, а також зроблені розрахунки смугових фільтрів частотою 25, 50 та 175 Гц, які входять до складу приймача.

**Галузь застосування:** системи залізничної автоматики.

**Висновок:** Впровадження багатозначної локомотивної сигналізації з додатковим сигналом частотою 175 Гц дозволить підвищити безпеку руху поїздів, збільшити кількість команд локомотивної сигналізації та підвищити пропускну спроможність залізниці.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БАГАТОЗНАЧНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ.....	8
1.1 Призначення та класифікація систем багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації.....	8
1.2 Безперервні системи автоматичної локомотивної сигналізації.....	11
1.2.1 Система АЛС-ЕН.....	12
1.2.2 Системи TVM 300/430.....	14
1.2.3 Система ВАСС.....	16
1.3 Висновки по розділу 1.....	18
РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ БАГАТОЗНАЧНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ.....	20
2.1 Система команд багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації.....	20
2.2 Схеми підключення генератора багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації до рейкових кіл.....	23
2.3 Розрахунок та дослідження колійного фільтра багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації.....	25
2.4 Висновки по розділу 2.....	27
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА КОЛІЙНОГО ГЕНЕРАТОРА БАГАТОЗНАЧНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ.....	28
3.1 Структура та принцип дії колійного генератора АЛСН+.....	28
3.2 Алгоритм роботи колійного генератора АЛСН+.....	29
3.3 Опис принципової електричної схеми колійного генератора АЛСН+.....	31
3.4 Розрахунок підсилювача потужності.....	34
3.5 Розрахунок смугового фільтра.....	37
3.6 Висновки по розділу 3.....	40

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРИЙМАЧА СИГНАЛІВ БАГАТОЗНАЧНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ.....	41
4.1 Структура та принцип дії локомотивного приймача АЛСН+.....	41
4.2 Алгоритм роботи локомотивного приймача АЛСН+.....	42
4.3 Опис принципової електричної схеми локомотивного приймача.....	44
4.4 Розрахунок смугового фільтра 25 Гц.....	47
4.5 Висновки по розділу 4.....	50
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	52

## ВСТУП

Безпека руху поїздів та безпека пасажирів і робітників залізниці є дуже важливим аспектом залізниці. Тому можна вважати, що локомотивна сигналізація є одним з найважливіших елементів залізниць України та світу.

Всі системи автоматичної локомотивної сигналізації які використовуються на вітчизняних та зарубіжних залізницях вже доволі старі, вони були розроблені ще у 20 сторіччі, тому зрозуміло, що такі системи потребують заміни або покращення, адже в умовах появи нових технологій і постійного підвищення швидкостей руху на залізницях такі застарілі системи не зможуть виконувати поставлені задачі та не зможуть забезпечити достатню безпеку руху.

Впровадження нової багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації дасть змогу замінити старі ненадійні системи, збільшити кількість команд АЛС та тим самим дозволить підвищити загальну швидкість на лініях залізниці, підвищити пропускну спроможність та значно підвищить безпеку руху поїздів. А головне нову систему, незважаючи на високі стандарти безпеки, можна буде використовувати на високошвидкісних лініях, які все дедалі частіше з'являються на різних залізницях світу.

Проаналізувавши локомотивні системи та їх стан стає зрозумілим, що підвищення безпеки руху поїздів шляхом впровадження багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації є актуальною проблемою.

## РОЗДІЛ 1 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БАГАТОЗНАЧНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

### 1.1 Призначення та класифікація систем багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації

Автоматична локомотивна сигналізація (АЛС) призначена для оповіщення локомотивної бригади про сигнали світлофора, до якого наближається локомотив, а також у випадках, коли локомотивна сигналізація застосовується як самостійний засіб сигналізації та зв'язку, вказує на кількість вільних блок-ділянок попереду. Сигнали виводяться на невеликий світлофор, розташований в кабіні машиніста. Додатково локомотивна сигналізація контролює машиніста щодо проїзду червоного сигналу. У випадку проїзду АЛС приведе у дію гальма.

Основною задачею пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації, як і інших пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки, є підвищення безпеки руху поїздів, виключення аварійних ситуацій при зближенні поїздів або перевищення допустимої швидкості руху. Одночасно пристрої АЛС дозволяють підвищити пропускну спроможність ліній, поліпшити умови роботи локомотивних бригад (машиністів), особливо в умовах зростання інтенсивності і швидкості руху, при поганій видимості сигналів шляхових світлофорів, забезпечуючи можливість руху з встановленими швидкостями, і тим самим виконати графік руху поїздів незалежно від часу доби і метеорологічних умов. Пристрої автоматичної локомотивної сигналізації обладнуються автостопом і пристроями перевірки пильності машиніста і контролю швидкості руху поїзда [9].

Автостоп являє собою пристрій на локомотиві, за допомогою якого приводяться в дію автоматичні гальма поїзда і здійснюється екстрене гальмування поїзда при втраті пильності машиністом.

Будь-яка система АЛС містить передавальні (коліїні) і локомотивні (поїзні) пристрої. Передавальні пристрої на основі обробки інформації про вільність

блок-дільниць, показаннях світлофорів, завданні маршруту виробляють сигнали, призначені для передачі на локомотив. Ці сигнали сприймаються локомотивними приймальними пристроями, дешифруються і використовуються для управління поїздом [1].

Класифікація АЛС представлена на рисунку 1.1. Передачу інформації між стаціонарним колійним пристроєм і поїзним пристроєм на локомотиві можна здійснювати двома способами.

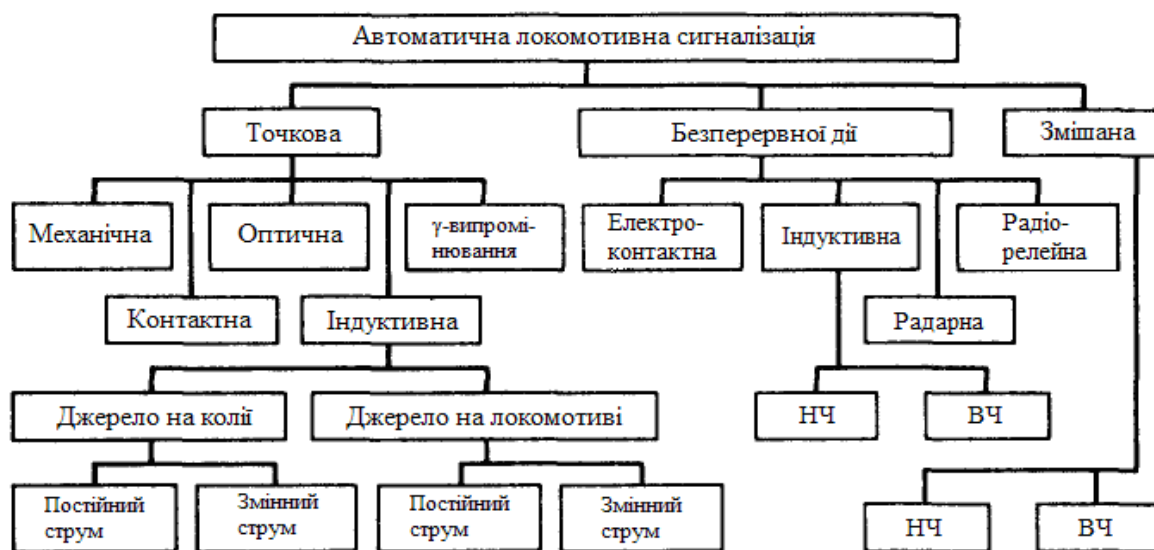


Рисунок 1.1 - Класифікація систем АЛС

В першому випадку інформація передається на певних ділянках (точках) лише у відведених місцях, в так званих інформаційних точках. Існує п'ять видів точкових систем за принципом дії [3]:

а) Механічні - які працюють таким чином, що при заборонному показанні важіль, який встановлений на колії повернутий у вертикальне положення, при проїзді локомотивом цього важеля зачіпляється вентиль гальмівної системи поїзда, що приводить до вимушеної зупинки через випуск стиснутого повітря. Такі системи застосовувались на лініях метрополітену.

б) Контактні - в яких для передачі сигналів використовують постійний струм від джерела живлення, яке розміщене на колії. Струм через перемикач полярності подається на контактну шину, яка розміщена на шпалах між

рейками. При проїзді локомотива на якому встановленні контактні щітки, струм замикається через обмотку поляризованого приймального реле, яке знаходиться на локомотиві. Положення перемикача залежить від показання світлофора. Приймальне реле реагує на полярність струму.

в) Оптичні - в цих системах була використана оптична передача інформації з колії на локомотив. Джерело світла і фотоприймач розташовували на локомотиві, на колії біля семафору встановлювали скляну призму, що поверталася в залежності від показань семафору.

г) Індуктивні - такі системи характеризуються тим, що зв'язок між приймачем та передавачем здійснюється за рахунок магнітного поля, постійним чи який гармонічно змінюється. Бувають індуктивні системи які працюють на постійному та на змінному струмі, та з джерелом магнітного поля як на локомотиві так і на колії.

д) З  $\gamma$ -випромінюванням - на колії біля світлофора встановлюють спеціальні пристрої (олов'яні футляри), а спеціальні детектори  $\gamma$ -часток на локомотиві зчитують показання.

В другому випадку - постійно (безперервно) без урахування положення поїзда на колії. Безперервні АЛС за принципом дії поділяються на:

- а) Електро-контактні;
- б) Індуктивні;
- в) Радарні;
- г) Радіо-релейні.

Відрізняються ці системи способом передачі інформації на локомотив. Індуктивні системи АЛС бувають низькочастотні - використовується сигнальний струм низької частоти в межах 20-2000 Гц, та високочастотні - в яких сигнальний струм займає спектр вище 30 кГц. В низькочастотних системах рейкові нитки використовують як лінії зв'язку, по яким пропускають сигнальні струми, що утворюють магнітне поле навколо рейок. У високочастотних системах сигнальні струми пропускають по спеціальним

кабельним лініям - шлейфам, які прокладають між рейками по шпалам, рейкові нитки не використовують через велике загасання сигналу.

Обидва способи точковий та безперервний, можуть бути об'єднані в змішані системи, у яких одна частина інформації передається постійно, а друга – точково.

## **1.2 Безперервні системи автоматичної локомотивної сигналізації**

Автоматична локомотивна сигналізація безперервної дії (АЛСН) числового коду представляє собою сукупність шляхових і локомотивних пристроїв, за допомогою яких: здійснюється неперервна передача сигналів шляхових світлофорів до кабіни локомотива; виконується періодична перевірка пильності машиніста при жовтому, жовтому з червоним, червоному і білих вогнях локомотивного світлофора одноразова перевірка пильності за будь-якої зміни сигналів; контролюється швидкість при жовтому з червоним і червоному вогнях з примусовою зупинкою поїзда приладами у випадку втрати пильності машиністом чи перевищенні швидкості [10].

Системи АЛС поділяють на низькочастотні, що працюють зі струмами сигнальних частот в межах 25-2000 Гц, і високочастотні, у яких сигнальні струми займають спектр вище 30 кГц. У системах, що використовують низькочастотний діапазон, в якості ліній зв'язку застосовують рейкові нитки, за якими пропускають сигнальні струми, що утворюють магнітне поле навколо рейок [3].

Високочастотні системи АЛС безперервної дії передають інформацію на локомотив частотами вище 30 кГц. Між рейками по шпалах прокладають спеціальні кабельні лінії - шлейфи, по ним пропускають високочастотні сигнальні струми. Навколо проводів лінії утворюється магнітне поле, яке перетинає спеціальні приймальні котушки на феритових сердечниках, закріплених на локомотиві. Сигнал, що знімається з прийомних котушок, посилюється і надходить до дешифраторного пристрою та на виконавчі органи.

Найчастіше застосовують двійковий код, в якому «1» відповідає одна частота, а «0» - інша. Інформація передається телеграмою комбінацією нулів і одиниць.

Недоліками високочастотних систем АЛС є легка пошкоджуваність кабельного шлейфу при ремонті залізничної колії, зміні шпал і рейок, зварюванні рейок. Шлейф випромінює електромагнітну енергію і тому створює завади для ліній зв'язку. Пошкодження ізоляції призводить до збільшення загасання, а сніг, що покриває шлейф в зимовий час, збільшує його в значних межах.

Найбільш широке застосування в даний час отримали системи АЛС з використанням в якості каналу зв'язку рейкових ниток, що живляться кодовим сигнальним струмом низькочастотного діапазону.

Розглянемо найбільш розповсюджені системи багатозначної АЛС з безперервною передачею сигналу.

### **1.2.1 Система АЛС-ЕН**

АЛС-ЕН - система нового покоління з абсолютним ступінчастим контролем всіх градацій швидкості, в якій передаються повідомлення про кількість вільних блок-ділянок (до шести), про швидкість проходження чергового світлофора (16 градацій в діапазоні від 0 до 200 км/год), про довжину попередньої блок-ділянки (більше або менше гальмівного шляху нормативного поїзда), про рух поїзда по перегону (головна колія на станції або з відхиленням на бокову колію). Також передаються повідомлення про наближення поїзда до закритого світлофора або світлофора з запрошувальним вогнем. На цифровому індикаторі машиніста відображається інформація про швидкість, яка полягає в показаннях колійних вхідних, маршрутних, вихідних і прохідних світлофорів (32 сигнальних показання). Таким чином, має місце повна відповідність показань колійних світлофорів та локомотивного індикатора. Технічні засоби системи АЛС-ЕН дозволяють при зеленому і жовтому вогнях світлофора передавати на локомотив, що наближається до цих світлофорів, різні кодові

комбінації, що несуть інформацію про градації постійного обмеження швидкості, про стан колії та штучних споруд в межах блок-ділянки [1].

В системі АЛС-ЕН реалізований ступінчастий абсолютний контроль швидкості. Передбачено абсолютний контроль всіх градацій швидкостей, у тому числі автоматичне обмеження максимальної швидкості руху на зелений вогонь колійного світлофора і при русі по місячно-білому вогню локомотивного світлофора. Максимальні швидкості руху на зелений вогонь вводяться вручну в локомотивний пристрій для різних категорій поїздів перед початком руху. Максимальна швидкість руху по місячно-білому вогню 20 км/год є граничною при виконанні маневрової роботи.

В системі АЛС-ЕН структурна схема якої показана на рисунку 1.2, вся інформація передається з колії на локомотив по рейковому індуктивному каналі зв'язку, використовується один частотний канал (175 Гц).

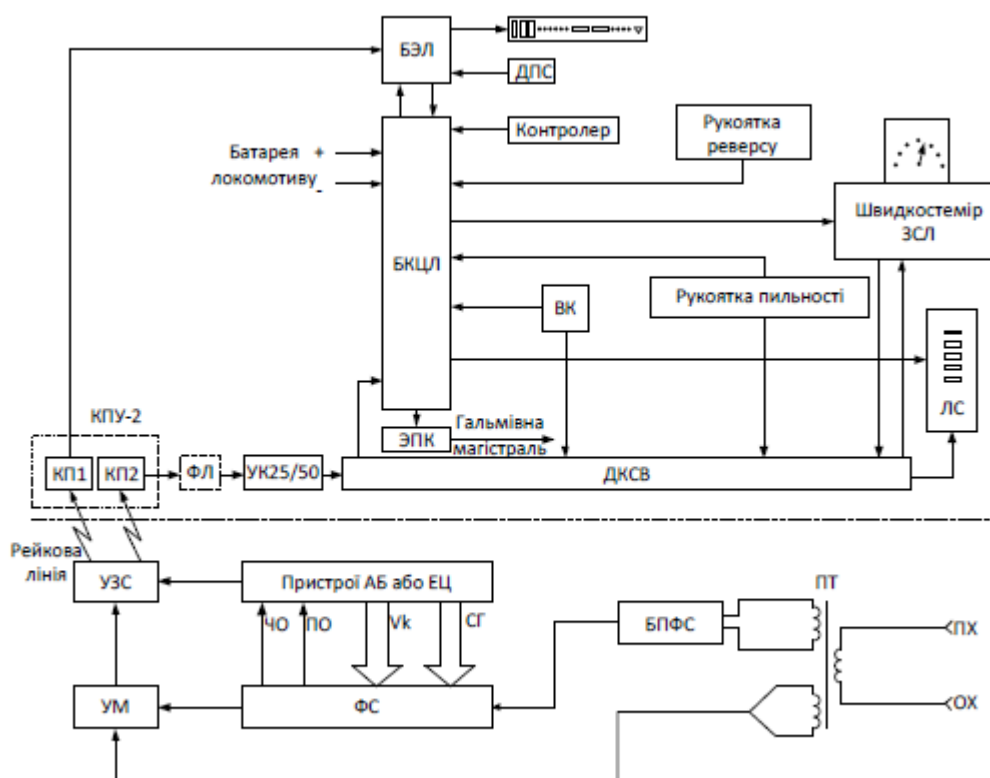


Рисунок 1.2 - Структурна схема системи АЛС-ЕН

Колійні пристрої АЛС-ЕН мають формувач сигналів ФС, з виходу якого фазоманіпульований сигнал поступає на підсилювач потужності УМ і далі через прилади захисту та узгодження УЗС в рейкову лінію РЛ. Формувач сигналів ФС формує сигнали АЛС по інформації, яка поступає від приладів автоблокування чи електричної централізації.

Локомотивні пристрої системи АЛС-ЕН містять у собі приймальні котушки КПУ-2, блок електронний локомотивний БЕЛ, блок індикації локомотивний БІЛ і блок комутації ланцюгів локомотива БКЛЛ.

В блок БЕЛ входять приймач сигналів АЛС-ЕН, вимірювач швидкості руху поїзда з датчиком шляху і швидкості ДПС, який встановлюється на редукторі чи на буксі локомотива. Блок БЕЛ здійснює кодування сигналів АЛС, логічну обробку інформації в результаті порівняння фактичної, контрольованої і допустимої швидкостей руху поїзда, контроль функціонування апаратури і формування сигналу керування клапаном екстреного гальмування.

На блоці індикації БІЛ є сигнальні лампи жовто-червоного, червоного і білого вогнів, ці лампи мають повторювачі на боковій стінці блока БІЛ в зоні видимості помічника машиніста.

### **1.2.2 Системи TVM 300/430**

У 80-ті роки минулого століття на мережі залізниць SNCF (Франція) організовано рух поїздів зі швидкістю до 300 км/год та допустимим інтервалом попутного прямування близько 4 хв. Основним засобом локомотивної сигналізації на цих лініях є пристрої АЛС безперервного принципу дії типу TVM 300.

Так, на лінії Париж-Ліон, протяжністю 390 км без перегінних світлофорів, максимальна швидкість руху поїздів досягає 270 км/год. Вся сигнальна інформація на локомотив надходить по рейкових нитках на несучих частотах 1700 та 2300 Гц для парного шляху та 2000 та 2600 Гц для непарного. Ці сигнали модулюються частотами 10,3 - 29 Гц, що дозволяє при кроці модуляції

1,1 Гц отримати 18 частотних діапазонів залежно від допустимої швидкості руху поїздів. Крива контролю швидкості в системі TVM 300 представлена на рисунку 1.3 [2].

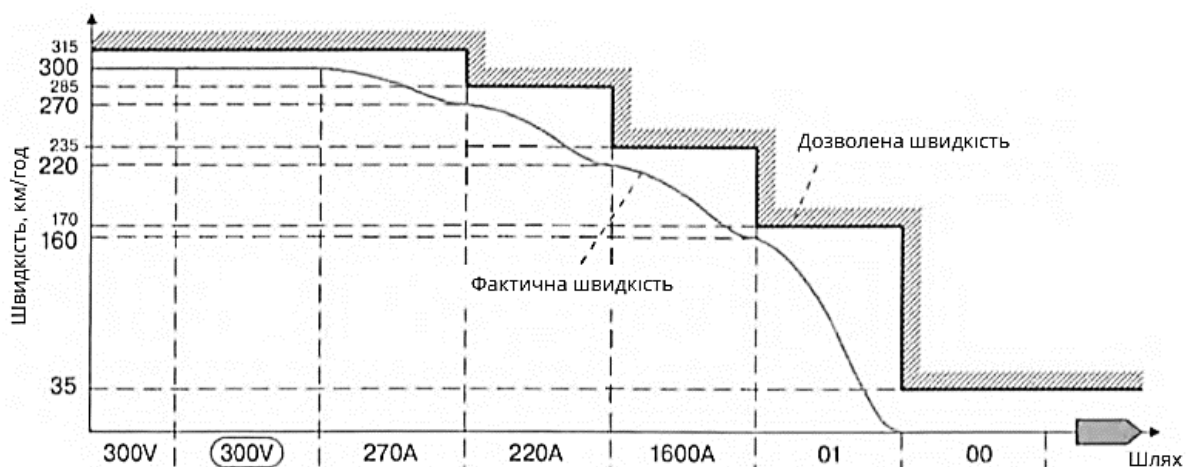


Рисунок 1.3 - Контроль гальмування в системі TVM 300

На Північній залізничній лінії Франції з максимальною швидкістю руху поїздів 320 км/год та мінімальним інтервалом попутного прямування 3 хв. використовуються удосконалені пристрої АЛС типу TVM 430.

Управління рухом поїздів на вказаних високошвидкісних лініях здійснюється з єдиного центру управління, основними функціями якого є:

- а) контроль руху поїздів;
- б) дистанційне керування об'єктами СЦБ - переведення стрілок, зміна тягових підстанцій, приготування маршрутів, включення вогнів світлофорів.

Безстиківий шлях ліній обладнаний РЦ типу VM 71 і через кожні 20 км між дорогами - блоками контролю швидкості. Це дозволяє передавати по рейкових нитках на локомотив інформацію про допустиму швидкість руху поїзда, а машиністу постійно порівнювати її значення з фактичною. У точках шляху з блоками контролю швидкості локомотивним комп'ютером автоматично перевіряється умова перевищення допустимої швидкості над фактичною. Якщо ця умова виконується, то управлінські функції машиніста не обмежуються і навпаки, якщо зазначена умова не виконується, автоматично здійснюється зниження швидкості руху поїзда аж до його зупинки.

Основною відмінністю пристроїв TVM 430 від TVM 300 є те, що вони можуть сприймати збільшене число градацій допустимих швидкостей руху поїздів 170, 230, 270, 300 та 320 км/год. Це викликано скороченням мінімального інтервалу попутного прямування поїздів до 3 хв та зменшенням довжини РЦ до 1500 м-коду.

При русі високошвидкісною магістраллю, локомотиви не обладнанні пристроями TVM 430, пристроями АЛСТ сприймаються градації швидкості лише 170 і 230 км/год.

З метою зменшення впливу інерційності системи при зміні сигнальних показань TVM 430 передбачено два види індикації. Індикація значення допустимої швидкості, що не мигає, інформує машиніста про можливість руху поїзда по наступній блок-дільниці без зниження швидкості, а миготлива - зі зниженням швидкості.

Надійність та безпека роботи пристроїв TVM 430 ґрунтуються на інформаційній, тимчасовій та апаратній надмірності.

### **1.2.3 Система ВАСС**

Автоматичне блокування кодованого струму (ВАСС - *Vlocco Automatico a correnti codificate*) - це система захисту поїздів, використовується в Італії на залізничних лініях з електрифікацією 3 кВ постійного струму (магістральні та регіональні лінії). Система вимірює магнітне поле, створене кодовим рейковим струмом, та аналізує їх сигнал та модуляцію у пошуках аномалій як джерела струму, так і детекторів. ВАСС – це проста система сигналізації, яка вимагає від машиніста підтвердження будь-якої зміни аспекту наступного сигналу, безперервно відстежує швидкість поїзда та обчислює криві гальмування відповідно до довжини, маси та гальмівної здатності поїзда [5].

Рейкові кола, що використовуються для контролю поїзда, також передають поїздам кодовані сигнали, які використовуються для захисту поїздів і

сигналізації в кабінах. Системами захисту поїздів, що використовують ВАСС, є RS4 Codici, RS9 Codici та SCMT.

Інформація передається шляхом накладання двох амплітудно-модульованих змінних струмів в рейках (з несучою частотою 50 Гц і 178 Гц відповідно). Приймальні котушки перед першою віссю локомотива або вагона управління використовуються для виявлення сигналу [4].

У той час як RS4 Codici є простою системою сигналізації в кабіні, яка вимагає від машиніста підтвердження будь-якої зміни аспекту наступного сигналу, SSB (бортова підсистема) обладнання RS9 також постійно відстежує швидкість поїзда і обчислює криві гальмування (рисунок 1.4) відповідно до довжини поїзда, маси та гальмівної здатності, дев'ять ступенів швидкості (таблиця 1.1) [2].

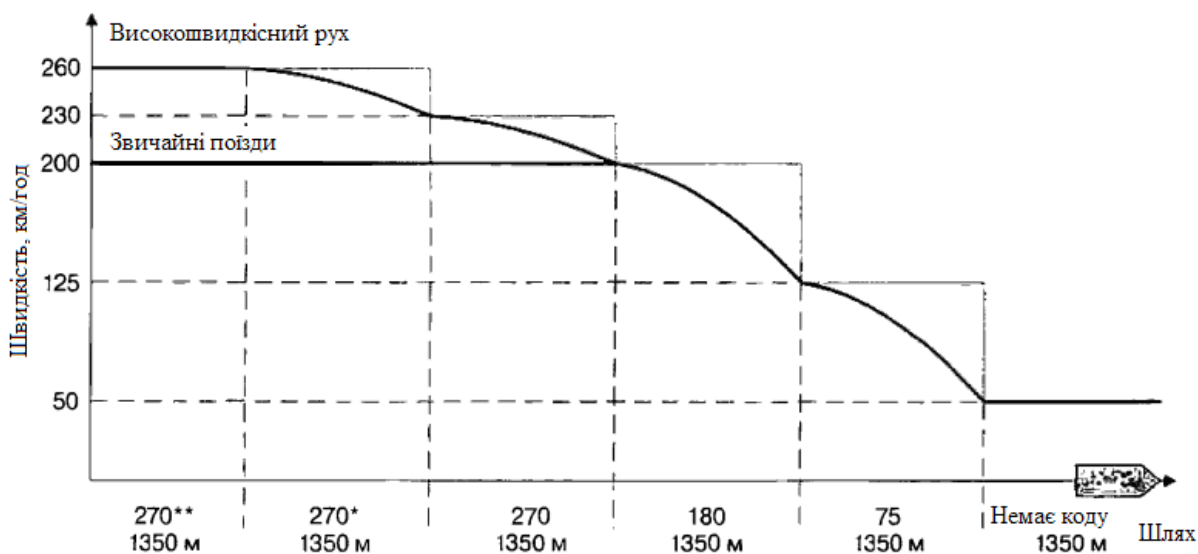


Рисунок 1.4 - Крива швидкості при гальмуванні в системі ВАСС

RS4 Codici використовує один змінний струм частотою 50 Гц. Всі коди, які не використовують 178 Гц, використовуються однаково як для RS4, так і для RS9 Codici. Таким чином, RS9 зворотно сумісний з RS4 Codici.

У кабіні звучить сигналізація, якщо поїзд перевищує задану швидкість більш ніж на 3 км/год. Якщо поїзд перевищує задану швидкість більш ніж на 5

км/год або не потрапляє до призначеного місця зупинки, система застосовує екстрене гальмування.

Таблиця 1.1 - Локомотивна та колійна сигналізація в системі ВАСС

Назва коду	Код на несучій частоті 50 Гц	Код на несучій частоті 178 Гц	Значення (по відношенню до кінця рейкового кола)	Максимальна допустима швидкість на кінці рейкового кола, км/год	Колійний сигнал на кінці рейкового кола
270**	4,5 Гц	2 Гц	5400 м вільні	260	З
270*	4,5 Гц	1,25 Гц	4050 м вільні	230	
270	4,5 Гц	-	2700 м вільні	205	
180*	3 Гц	1,25 Гц	1350 м вільні, потім обмеження 100-130 км/год	155	Ж
180	3 Гц	-	1350 м вільні, потім обмеження 30-60 км/год чи зупинка	125	
120**	2 Гц	3 Гц	Обмеження 130 км/год на наступній ділянці	135	КЖ
120*	2 Гц	1,25 Гц	Обмеження 100 км/год на наступній ділянці	105	
120	2 Гц	-	Обмеження 30-60 км/год на наступній ділянці	65	
75	1,25 Гц	-	Сигнал закритий	90	К

### 1.3 Висновки по розділу 1

В першому розділі були розглянуті вже існуючі системи АЛС, деякі з цих систем використовуються вже доволі давно, деякі системи є сучасними розробками. Завдяки аналізу цих систем можна зрозуміти як розвивалися системи АЛС, та які з систем будуть використовуватися в найближчому майбутньому. Також був проведений порівняльний аналіз багатозначних систем автоматичної локомотивної сигналізації.

Були розглянуті точкові системи АЛС, та проведений опис прикладів таких систем. Проведене порівняння та опис найрозповсюдженіших безперервних систем АЛС. А також був проведений опис доволі нових систем локомотивної сигналізації на базі радіозв'язку.

## РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ БАГАТОЗНАЧНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

### 2.1 Система команд багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації

В рамках даної роботи пропонується багатозначна автоматична локомотивна сигналізація АЛСН+, в якій стандартні сигнали АЛСН доповнюються додатковим амплітудно-маніпульованим сигналом з частотою 175 Гц - це дозволяє отримати 15 команд АЛС. Запропонована система команд представлена в таблиці 2.1.

За основу системи АЛСН+ була взята багатозначна частотна система АЛСУ. Кількість команд частотної АЛС була розширена для забезпечення швидкості руху поїзда до 250 км/год. Для збільшення кількості команд, крім команд АЛСН (числове кодування 25/50 Гц) передається додатковий амплітудно-маніпульований сигнал частотою 175 Гц. Поєднання традиційних сигналів АЛСН (коди З, Ж, КЖ) та сигналів 175 Гц з різними частотами маніпуляції дозволяє отримати 15 команд.

При тризначному автоблокуванні в межах перегону застосовують три кодових сигнала АЛСН+: 1, 6 і 9, а при чотиризначному автоблокуванні 1, 4, 6 і 9. При цьому три сигнали є загальними, а четвертий сигнал 4, який посилається від світлофора з жовтим вогнем при чотиризначному автоблокуванні, дозволяє рух зі швидкістю не більше 50 км/год для вантажного поїзда і не більше 80 км/год для пасажирського. Ці відносно низькі швидкості обумовлені укороченими довжинами блок-ділянок при чотиризначному автоблокуванні. Чотири кодові сигнали 2, 3, 5 і 7 застосовуються для передачі інформації про встановлену швидкість руху при установці маршруту прийому на бокову колію з відхиленням по стрілочному переводу з хрестовинами різних марок. Ці сигнали несуть однакову інформацію про встановленні швидкості руху як для

вантажних, так і для пасажирських, і для високошвидкісних поїздів, величини цих швидкостей обумовлені не довжиною гальмівного шляху, а маркою хрестовини стрілок по яким здійснюється рух (не більше 25, 50, 80 і 120 км/год відповідно для хрестовин марок 1/9, 1/11, 1/18 і 1/22). При русі по головним коліям станцій застосовують ті самі сигнали АЛСУ, що і на перегонах [1].

Таблиця 2.1 - Система команд багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації АЛСН+

Номер команди	Код АЛСН 25/50 Гц	Частота модуляції додаткового сигналу 175 Гц	Показання локомотивного світлофора	Контрольована швидкість, км/год			Примітка
				Вантажні поїзди	Пасажирські поїзди	Високошвидкісні поїзди	
Блок-ділянка зайнята	-	-	червоний	0	0	0	-
1	КЖ	-	червоний з жовтим	0	0	0	-
2	Ж	3 Гц	жовтий	25	25	25	рух з відхиленням, хрестовина 1/9
3	Ж	5 Гц	жовтий	50	50	50	рух з відхиленням, хрестовина 1/11
4	Ж	-	жовтий	50	80	80	-
5	Ж	7 Гц	жовтий	80	80	80	рух з відхиленням, хрестовина 1/18
6	Ж	9 Гц	жовтий	80	120	120	-
7	Ж	11 Гц	жовтий	90	120	120	рух з відхиленням, хрестовина 1/22
8	Ж	13 Гц	резерв	-	-	-	-
9	З	-	зелений	90	140	140	-
10	З	3 Гц	зелений	90	160	160	-
11	З	5 Гц	зелений	90	160	180	-
12	З	7 Гц	зелений	90	160	200	-
13	З	9 Гц	зелений	90	160	220	-
14	З	11 Гц	зелений	90	160	250	-
15	З	13 Гц	резерв	-	-	-	-

В усіх випадках зелений вогонь З локомотивного світлофора ЛС вказує на можливість руху поїзда зі встановленою швидкістю; попереду вільні не менше двох блок-ділянок при тризначному і не менше трьох при чотиризначному автоблокуванні. Жовтий вогонь Ж вказує на можливість руху зі зниженням швидкості до контрольованої, яку показує індикатор контрольованої швидкості ІКШ; попереду вільні не менше однієї блок-дільниці чи поїзд наближається до відкритого колійного світлофора, який вказує на прослідування за відхиленням по стрілочному переводу. Жовтий вогонь з червоним КЖ з'являється при наближенні до колійного світлофора з червоним вогнем і вимагає зупинки поїзда, не проїжджаючи колійний світлофор. Червоний вогонь К з'являється у випадку проїзду колійного світлофора з червоним вогнем. Білий вогонь Б локомотивного світлофора сигналізує про те, що локомотивні прилади включені, але сигнал з колії не надходить. Білий вогонь, як правило, з'являється після припинення прийому дозволяючого кодового сигналу. Однак з метою забезпечення руху по коліям, що не кодуються передбачається можливість для машиніста при стоянці локомотива і червоному вогні світлофора ЛС натисканням допоміжної кнопки змінити сигнальні показання ЛС з червоного на білий вогонь.

В залежності від конкретних умов експлуатації може передбачатися можливість зміни контрольованих швидкостей при жовтому вогні світлофора ЛС від 25 до 250 км/год. Індикатор контрольованих швидкостей ІКШ може показувати наступні швидкості: для вантажних поїздів – 0, 25, 50, 80, 90 і 100 км/год; для пасажирських поїздів – 0, 25, 50, 80, 120, 140 і 160 км/год; а для високошвидкісних поїздів додатково 180, 200, 220 і 250 км/год.

При організації високошвидкісного руху поїздів (більше 200 км/год) у зв'язку зі збільшенням гальмівних шляхів необхідно застосовувати додаткові сигнали, які несуть інформацію про більш високі швидкості руху (до 250 км/год). Крім того при високих швидкостях стає необхідною передача інформації про встановленні швидкості не тільки при зближенні поїздів, але і про встановленні швидкості руху в залежності від стану колії (постійні

обмеження швидкості). При чому в місцях постійних обмежень швидкості гальмування здійснюється з меншою інтенсивністю в порівнянні з тою, яка застосовується при гальмуванні перед заборонним сигналом.

Для передачі додаткової інформації для високошвидкісних поїздів в системі АЛСН+ передбачені сигнали 12, 13 і 14, які застосовують для передачі інформація про встановлену швидкість руху 200, 220 і 250 км/год.

Крім вказаних вище сигналів, в системі АЛСН+ передбачені резервні сигнали для придання системі потенційних можливостей подальшого розширення об'єму інформації, що передається при вдосконаленні системи.

## **2.2 Схеми підключення генератора багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації до рейкових кіл**

На сьогоднішній день широко застосовуються сучасні системи тональних рейкових кіл ТРК. В рамках даної роботи підключення генератора АЛСН+ буде здійснюватися до апаратури ТРК3. Схема підключення апаратури ТРК3 представлена на рисунку 2.1.

Живлення рейкових кіл 1РК і 2РК здійснюється від одного загального живильного (передавального) кінця сигнальним струмом  $f\ 8/8$ . Рейкове коло 3РК отримує живлення аналогічно, але вже від сигналу  $f\ 9/12$ . Рейкові кола 2РК і 3РК мають спільний приймальний (релейний) кінець. Сигнальний струм  $f\ 8/8$  сприймається на приймальних кінцях 1РК і 2РК селективними приймачами 1П1 і 2П1, які настроєні на цей сигнал. Аналогічно на приймальному кінці 3РК колійний приймач 3П2 приймає сигнал  $f\ 9/12$  [6].

При централізованому варіанті розміщення апаратури вона розташовується в релейних приміщеннях поста ЕЦ. При децентралізованому варіанті розміщення апаратура встановлюється в польові релейні шафи АБ. Колійні трансформатори ПТ знаходяться в колійних ящиках КЯ біля рейок. Зв'язок між ПТ й іншою апаратурою здійснюється за допомогою кабельної лінії.

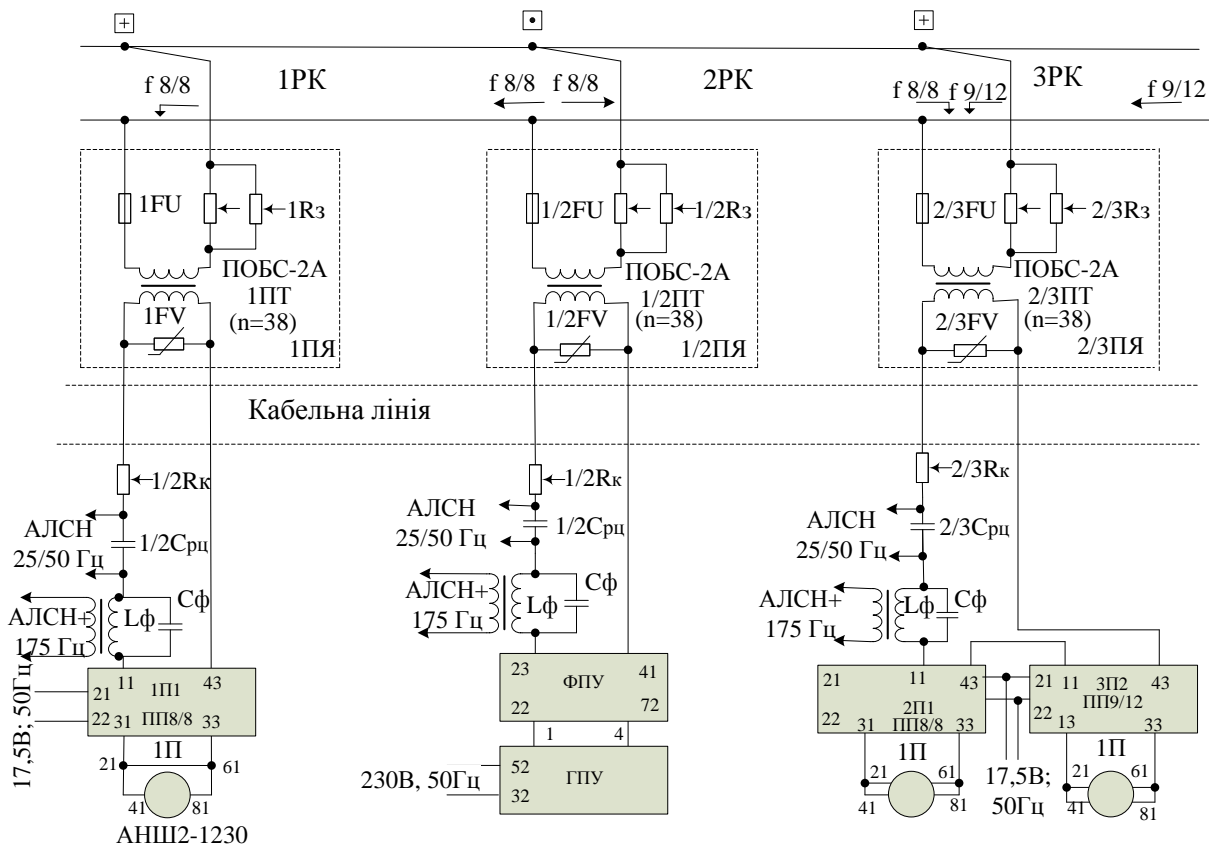


Рисунок 2.1 – Схема підключення апаратури ТРК3

До складу апаратури приймального кінця рейкового кола 1РК входять: запобіжник 1FU, захисний резистор 1R<sub>з</sub>, колійний трансформатор 1ПТ, розрядник 1FV, кабельний резистор 1R<sub>к</sub>, конденсатор кола АЛС (1C<sub>рц</sub>), колійний приймач 1П1 типу ПП 8/8. На виході приймача підключене колійне реле 1П типу АНШ2-310.

Релейний кінець рейкового кола 2РК має аналогічну схему підключення. Різниця полягає в тому, що послідовно з колійним приймачем 2П1 (ПП 8/8) включено колійний приймач 3П2 (ПП 9/12) суміжного рейкового кола 3РК. Приймачі 2П1 і 3П2 живляться різними сигнальними струмами: f 8/8 і f 9/12, які формуються генераторами 1/2Г1 (f 8/8) і 3/4Г2 (f 9/12) відповідно. Сигнали з рейкової лінії (f 8/8 і f 9/12) через узгоджувальні трансформатори 1ПТ, 2/3ПТ і кабельну лінію надходять на входи колійних приймачів: 1П1 - рейкового кола 1РК; 2П1 – рейкового кола 2РК; 3П2 – рейкового кола 3РК. Налаштування вхідного контура колійного приймача забезпечує виділення сигналу з несучою

частотою, що відповідає типу даного приймача й безперешкодно пропускають АМ сигналами з іншими несучими частотами.

Генератор АЛСН+ підключається до передавального та приймального кінця ТРК через колійний фільтр, який складається з узгоджувачого трансформатора та паралельного коливального контуру. Завдяки цьому забезпечується розділення сигналів АЛСН 25/50 Гц, сигналів ТРКЗ 420...780 Гц та додаткового сигналу АЛСН+ частотою 175 Гц. Паралельний контур фільтра налаштовується в резонанс на частоту 175 Гц та забезпечує передачу сигналів АЛСН+ в рейкове коло. Для частот 25/50 Гц та 420...780 Гц паралельний контур має дуже низький опір і практично не впливає на передачу сигналів АЛСН та ТРКЗ в рейкове коло.

### 2.3 Розрахунок та дослідження колійного фільтра багатозначної автоматичної локомотивної сигналізації

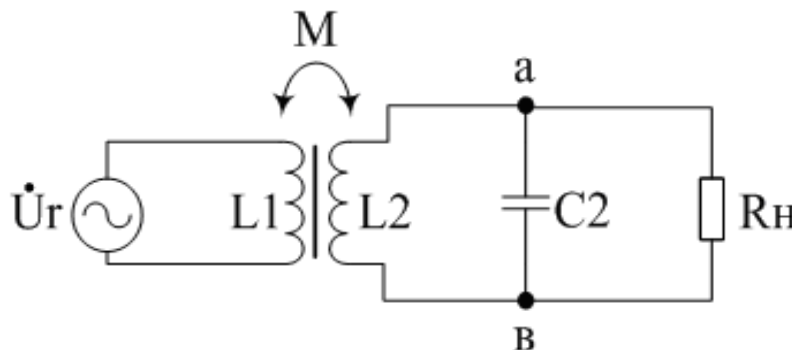


Рисунок 2.2 – Фільтр системи АЛСН+

1) Обираємо індуктивність котушок  $L_1 = L_2 = 100$  мГн. Обираємо коефіцієнт зв'язку між котушками  $K_3 = 0,8$ .

2) Визначаємо ємність конденсатора при якій коливальний контур буде налаштований в резонанс на частоту генератора  $f_0 = 175$  Гц.

$$C_2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f_0^2 \cdot L_1} \quad (2.1)$$

$$C_2 = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 175^2 \cdot 0,1} = 8,28 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

Обираємо стандартне значення ємності 8,2 мкФ.

3) Визначаємо хвильовий опір коливального контуру.

$$\rho = \sqrt{\frac{L_2}{\tilde{N}_2}}$$

(2.2)

$$\rho = \sqrt{\frac{0,1}{8,2 \cdot 10^{-6}}} = 110,4 \text{ (Ом)}$$

4) Визначаємо еквівалентний активний опір коливального контуру.

Вважаємо, що опір навантаження  $R_H = 500 \text{ Ом}$ .

$$R_e = \frac{\rho^2}{R_f} \quad (2.3)$$

$$R_e = \frac{110,4^2}{500} = 24,4 \text{ (Ом)}$$

5) Визначаємо добротність коливального контуру

$$Q = \frac{\rho}{R_e} \quad (2.4)$$

$$Q = \frac{110,4}{24,4} = 4,53$$

6) Визначаємо опір коливального контуру при резонансі

$$Z_p = \frac{\rho^2}{R_e} \quad (2.5)$$

$$Z_p = \frac{110,4^2}{24,4} = 500 \text{ (Ом)}$$

7) Побудуємо залежність вихідного опору колійного фільтра від частоти

$$Z_{\text{вих}} = Z_{\text{ав}}(\omega) = \frac{Z_p}{\sqrt{1 + \varepsilon^2}}, \quad (2.6)$$

де  $\varepsilon = 2 \cdot Q \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$  – відносний розлад коливального контуру.

Розрахунки були виконані в математичному пакеті MATLAB. Результати представлені на рисунку 2.3

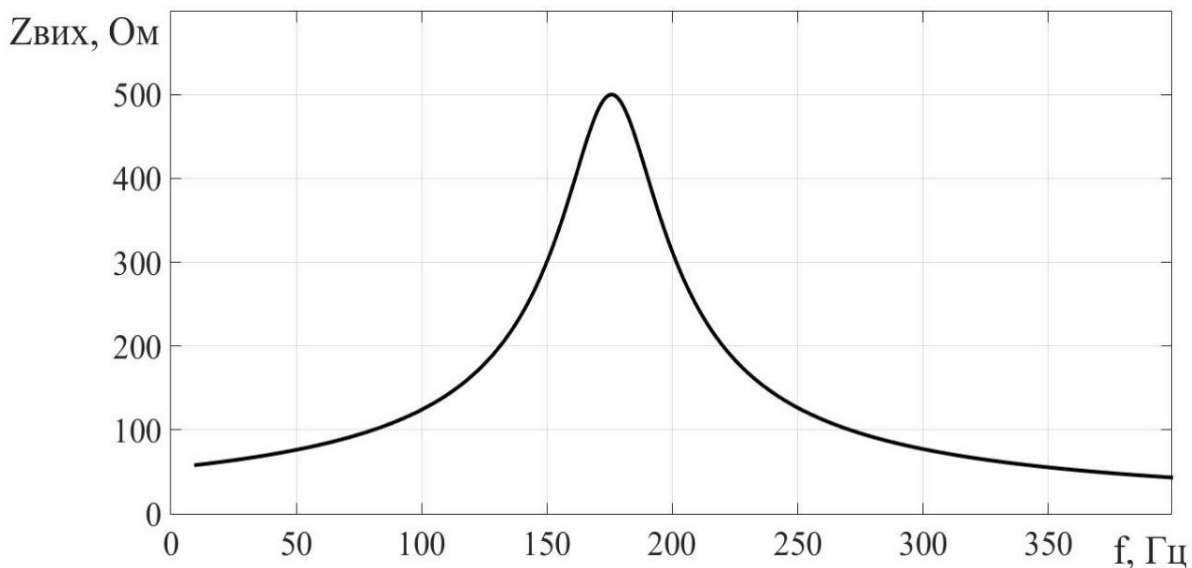


Рисунок 2.3 – Залежність вихідного опору колійного фільтра від частоти

Таким чином, найбільший вихідний опір колійний фільтр має на частоті 175 Гц та забезпечує передачу цього сигналу в рейкове коло. Для сигналів АЛСН 25/50 Гц та сигналів ТРКЗ з частотами від 420 до 780 Гц колійний фільтр має низький вихідний опір та практично не впливає на процес передачі цих сигналів в рейкову лінію.

## 2.4 Висновки по розділу 2

В цьому розділі була розроблена система команд багатозначної локомотивної сигналізації АЛСН+, стандартні сигнали АЛСН були доповнені сигналами з частотою 175 Гц, що дозволило отримати 15 команд. Ці команди розраховані як на звичайний рух, так і на високошвидкісний, що робить цю систему перспективною в майбутньому.

Представлена схема підключення генератора АЛСН+ до апаратури ТРКЗ та опис роботи складових частин цієї схеми в тому числі генератора. Також були проведені розрахунки колійного фільтра системи АЛСН+, які були виконані в

математичному пакеті MATLAB. Завдяки цим розрахункам стає зрозуміло, що фільтр практично не впливає на процес передачі цих сигналів в рейкову лінію.

## РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА КОЛІЙНОГО ГЕНЕРАТОРА БАГАТОЗНАЧНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

### 3.1 Структура та принцип дії колійного генератора АЛСН+

До складу колійного генератора АЛСН+, структурна схема якого наведена на рисунку 3.1, входять наступні структурні елементи: мікроконтролер, смуговий фільтр, підсилювач потужності, схема індикації, схема контролю та комутації та резервний комплект.

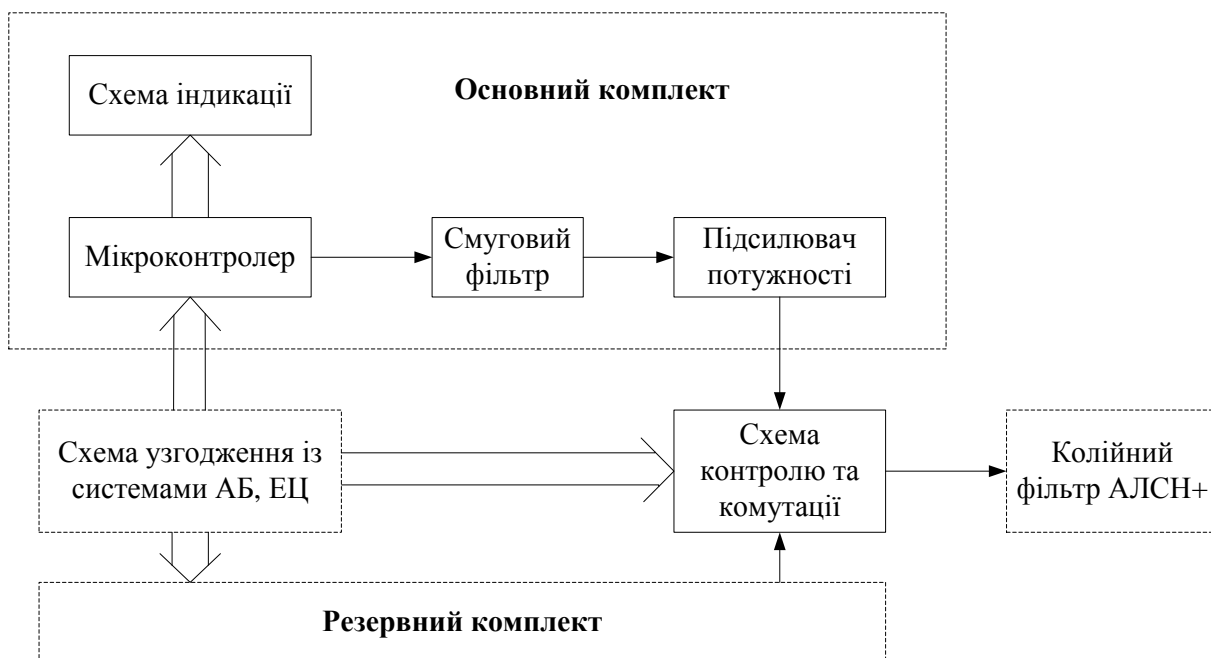


Рисунок 3.1 – Структурна схема колійного генератора АЛСН+

Мікроконтролер виконує опитування систем автоблокування на перегоні або електричної централізації на станції через спеціальні схеми узгодження, визначає номер команди АЛСН+ відповідно до поточної поїзної ситуації. Формує амплітудно-маніпульований сигнал з несучою частотою 175 Гц. Частота маніпуляції обирається відповідно до поточної команди АЛСН+. Виконує керування схемою індикації.

Смуговий фільтр виділяє першу гармоніку амплітудно-маніпульованого сигналу. В результаті формується синусоїдальний амплітудно-маніпульований сигнал.

Підсилювач потужності забезпечує передачу необхідної потужності сигналу у навантаження.

Схема індикації відображає номер поточної команди АЛСН+ та значення частоти маніпуляції.

Схема контролю та комутації виконує переключення на резервний комплект у разі відмови основного комплекту.

Переключення на резервний комплект відбувається якщо зник амплітудно-маніпульований сигнал на виході основного комплекту та якщо частота маніпуляції сигналу не відповідає поточній команді АЛСН+. У разі переключення на резервний комплект вмикається індикація «Часткова відмова». У разі відмови обох комплектів включається індикація «Повна відмова». При цьому зберігається традиційне кодування АЛСН (коди З, Ж, КЖ).

### **3.2 Алгоритм роботи колійного генератора АЛСН+**

Алгоритм роботи колійного генератора АЛСН+ представлений на рисунку 3.2 Після включення живлення генератора відбувається опитування схеми узгодження. Потім визначається поїзна ситуація, визначається номер команди. Далі формується сигнал АЛСН+ і з'являється індикація номера команди та частоти модуляції. Якщо на виході генератора є сигнал та він відповідає команді все починається з початку, тобто формується новий сигнал.

У випадку якщо на виході генератора відсутній сигнал, або якщо він не відповідає команді відбувається переключення на резервний комплект та з'являється індикація “Часткова відмова”. Після цього якщо на виході генератора є сигнал який відповідає команді - формується новий сигнал.

Потім перевіряється умова наявності сигналу на виході та відповідність команді. Якщо сигнал відсутній або не відповідає команді з'являється

індикація “Повна відмова” та відбувається передача команди “Відмова” у систему ДК.



Рисунок 3.2 – Алгоритм роботи колійного генератора АЛСН+

### 3.3 Опис принципової електричної схеми колійного генератора АЛСН+

Принципова електрична схема колійного генератора АЛСН+ представлена на рисунку 3.3.

Генератор АЛСН+ містить наступні складові частини:

1. Мікросхема DD1 типу PIC18F2682;
2. Прийомопередатчик DD2 типу MCP2551;
3. Схема індикації DD3 на базі світлодіодного семисегментного індикатора KW3-801AGB;
4. Активний смуговий фільтр четвертого порядку з багатоланковим зворотнім зв'язком DA1.1 і DA1.2 Баттерворта;
5. Двохтактний підсилювач потужності DA1.3 типу LM324 на компліментарних транзисторах VT4 і VT5.

Центральною мікросхемою генератора є PIC18F2682. Він має 28 виводів, вбудований CAN-інтерфейс, а також кварцевий резонатор для синхронізації.

З мікросхеми сигнал йде на CAN-трансивер MCP2551. Цей відмовостійкий пристрій CAN служить інтерфейсом між контролером протоколу CAN і фізичною шиною та має 8 виводів. MCP2551 забезпечує диференційну передачу та прийом для контролера протоколу CAN. Він також забезпечує буфер між контролером CAN і стрибками високої напруги, які можуть генеруватися на шині CAN зовнішніми джерелами [7].

Інформація виводиться після надходження сигналу з мікросхеми до схеми індикації. Схема індикації побудована на базі світлодіодного семисегментного індикатора KW3-801AGB. За рахунок того, що індикатор побудований в одному корпусі, це дозволяє зменшити кількість виводів з 21 до 7 штук. В схемі є три лінії для виводу індикації. На індикаторі відображається частота маніпуляції та команда АЛС. Схема має динамічну індикацію, що дозволяє відображати інформацію мигаючи.

З мікросхеми сигнал потрапляє на смуговий фільтр. Фільтр Баттерворта реалізований на схемі активного смугового фільтра четвертого порядку з

багатофункціональним зворотнім зв'язком на базі операційного підсилювача потужності LM324. Смуговий фільтр пропускає сигнали частотою 175 Гц з шириною смуги, яка розташована біля центральної частоти, та не пропускає сигнали, частоти які вище або нижче 175 Гц. Фільтр Баттерворта має монотонну амплітудно-частотну характеристику.

Після фільтра сигнал потрапляє на підсилювач потужності, де сигнал підсилюється для кращої передачі цього сигналу на локомотив. Підсилювач побудований на операційному підсилювачі DA1.3 типу LM324, який включений за інвертуючою схемою, та двотактний вихідний каскад на комплементарних транзисторах VT4, VT5 (КТ815А, КТ814А). Транзистори працюють у режимі В без кола базового зміщення. При цьому нелінійні спотворення, які вносяться вихідними транзисторами, компенсуються за рахунок використання загального глибокого негативного зворотного зв'язку через резистори R20, R22. Резистор R23 необхідний для захисту вихідних каскадів операційного підсилювача від перевантаження. За допомогою змінного резистора R19 забезпечується можливість регулювання рівня вихідної напруги. Завдяки симетрії вихідного каскаду, а також завдяки використанню двополярного джерела живлення  $\pm E$ , у вихідному колі підсилювача відсутній розділяючий конденсатор [8].

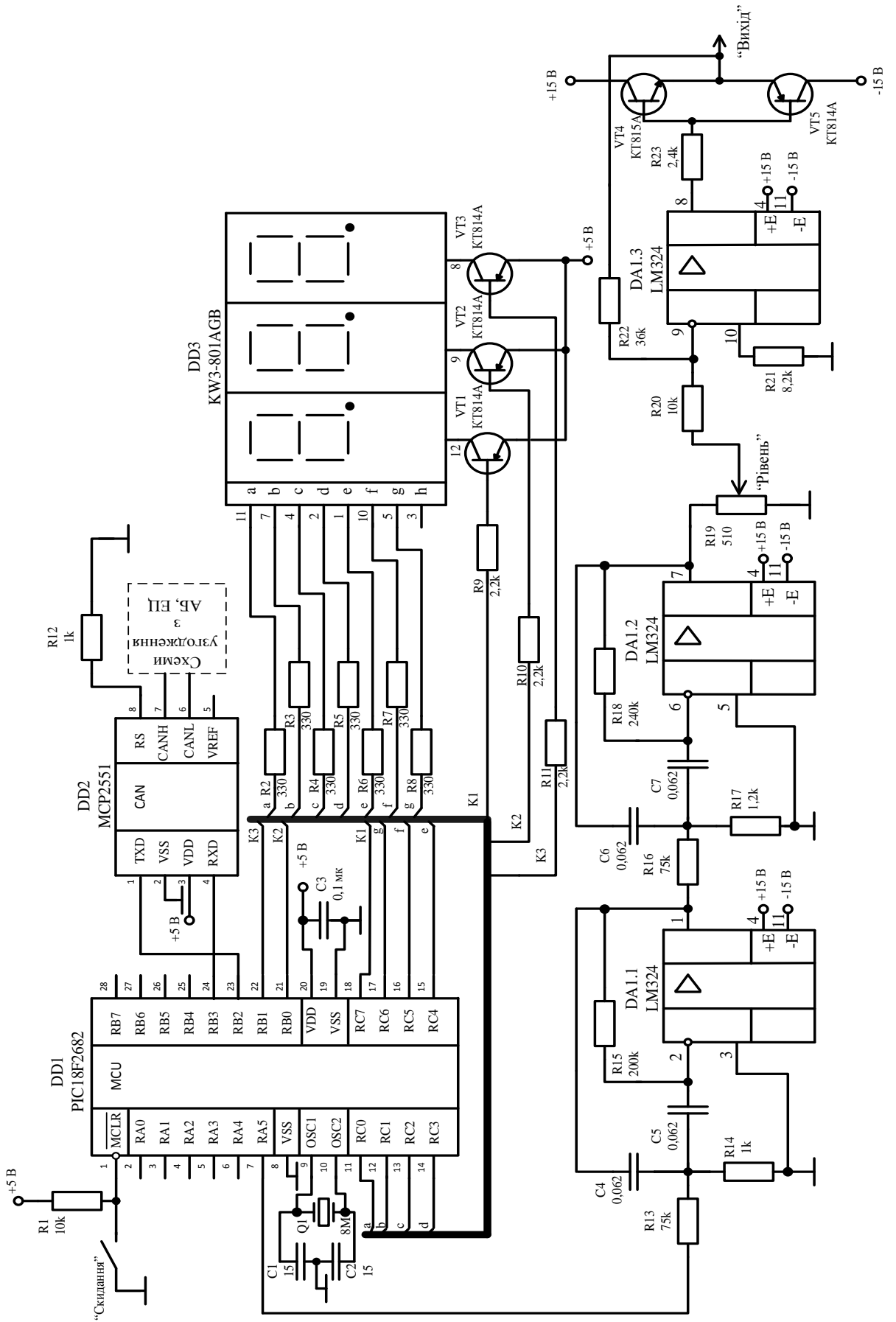


Рисунок 3.3 – Принципова електрична схема коливного генератора АЛСН+

### 3.4 Розрахунок підсилювача потужності

Виконаємо розрахунок двохтактного підсилювача потужності, який входить до складу коливного генератора див. рис. 3.3, згідно запропонованої методики [8].

1) Обираємо: амплітуда вихідної напруги -  $U_{\text{вих м}} = 12 \text{ В}$ , опір навантаження -  $R_{\text{н}} = 10 \text{ Ом}$ , несуча частоту АМн сигналу -  $f_{\text{нес}} = 175 \text{ Гц}$ , частота маніпуляції -  $f_{\text{м}} = 13 \text{ Гц}$ .

2) Визначаємо напругу джерела живлення вихідного каскаду:

$$E \geq U_{\text{вихм}} + (1 \dots 2) \text{ В} \quad (3.1)$$

$$E = 15 \text{ В};$$

3) Визначаємо верхню граничну частоту спектру АМн сигналу (враховуємо перші три гармоніки сигналу):

$$f_{\text{г}} = f_{\text{нес}} + 3 \cdot f_{\text{м}} \quad (3.2)$$

$$f_{\text{г}} = 175 + 3 \cdot 13 = 214 \text{ Гц};$$

4) Розраховуємо амплітуду вихідного струму та вихідну потужність:

$$I_{\text{нм}} = \frac{U_{\text{вихм}}}{R_{\text{н}}} \quad (3.3)$$

$$I_{\text{нм}} = \frac{12}{10} = 1,2 \text{ А};$$

$$P_{\text{вих}} = \frac{U_{\text{вихм}}^2}{4 \cdot R_{\text{н}}} \quad (3.4)$$

$$P_{\text{вих}} = \frac{12^2}{4 \cdot 10} = 3,6 \text{ Вт};$$

5) Обираємо комплементарну пару транзисторів:

допустима напруга між колектором та емітером транзистора

$$U_{\text{ке доп}} > 2,2E \quad (3.5)$$

$$U_{\text{ке доп}} > 2,2 \cdot 9 = 19,8 \text{ В};$$

допустимий колекторний струм

$$I_{\text{к доп}} > 1,2 I_{\text{нм}} \quad (3.6)$$

$$I_{\text{к доп}} > 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ А} = 1440 \text{ мА};$$

допустима потужність розсіювання на колекторі

$$P_{\text{к доп}} > 1,2 P_{\text{вих}} \quad (3.7)$$

$$P_{\text{к доп}} > 1,2 \cdot 3,6 = 4,32 \text{ Вт} = 4320 \text{ мВт};$$

гранична частота транзистора

$$f_{\text{гр}} > 10 f_{\text{в}} \quad (3.8)$$

$$f_{\text{гр}} > 10 \cdot 214 = 2140 \text{ Гц} = 0,00214 \text{ МГц};$$

Обираємо пару транзисторів КТ814А (р-п-р) і КТ815А (п-р-п).

б) Обираємо тип операційного підсилювача (ОП):

максимальна вихідна напруга

$$U_{\text{вих max}} > U_{\text{вихн}} \quad (3.9)$$

$$U_{\text{вих max}} > 12 \text{ В};$$

частота одиничного підсилення ОП

$$f_1 > 100 \cdot f_{\text{в}} \quad (3.10)$$

$$f_1 > 100 \cdot 214 = 21400 \text{ Гц} = 0,0214 \text{ МГц};$$

Обираємо операційний підсилювач LM324, його параметри: частота одиничного підсилення -  $f_1 = 1 \text{ МГц}$ , максимальна швидкість зміни вихідної напруги -  $V_{\text{U вих}} = 0,6 \text{ В/мкс}$ , коефіцієнт підсилення за напругою -  $K_{\text{U}} \geq 100$ .

7) Обираємо опір обмежуючого резистора  $R_{23}$ :

$$R_{23} \geq 1,2 \cdot R_{\text{і min}} \quad (3.11)$$

$$R_{23} \geq 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ кОм} = 2400 \text{ Ом};$$

8) Визначаємо потужність розсіювання резистора  $R_{23}$ :

$$P_{R23} \geq \frac{U_{\text{вх max}}^2}{R_{23}} \quad (3.12)$$

$$P_{R23} \geq \frac{12^2}{2400} = 0,06 \text{ Вт},$$

Номінальна потужність резистора  $R_{23} = 0,125 \text{ Вт}$ .

9) Визначаємо необхідний коефіцієнт підсилення за напругою, приймаємо  $U_{\text{вх м}} = 5 \text{ В}$ :

$$K_U = 1,5 \cdot \frac{U_{\text{вих м}}}{U_{\text{вх м}}} \quad (3.13)$$

$$K_U = 1,5 \cdot \frac{12}{5} = 3,6$$

Приймаємо, що номінальна потужність розсіювання для резисторів  $R_{20}$ ,  $R_{22}$  дорівнює 0,125 Вт.

10) Обираємо опір резистора  $R_{20} = 10 \text{ кОм}$ .

Визначаємо опір резистора  $R_{22}$ :

$$R_{22} = \hat{E}_U \cdot R_{20} \quad (3.14)$$

$$R_{22} = 3,6 \cdot 10 = 36 \text{ кОм} = 36000 \text{ Ом} = 36 \text{ кОм},$$

Приймаємо, що номінальна потужність розсіювання для резисторів  $R_{20}$ ,  $R_{22}$  дорівнює 0,125 Вт.

11) Визначаємо опір резистора  $R_{21}$ :

$$R_{21} = \frac{R_{20} \cdot R_{22}}{R_{20} + R_{22}} \quad (3.15)$$

$$R_{21} = \frac{10000 \cdot 36000}{10000 + 36000} = 7826,1 \text{ Ом},$$

Стандартне значення резистора  $R_{21} = 8200 \text{ Ом} = 8,2 \text{ кОм}$ .

Приймаємо, що номінальна потужність розсіювання для резистора  $R_{21} = 0,125 \text{ Вт}$ .

12) Обираємо номінальний опір резистора  $R_{19} = 510 \text{ Ом}$ .

Визначаємо потужність розсіювання для даного резистора:

$$P_{R19} \geq \frac{U_{\text{аом}}^2}{4 \cdot R_{19}} \quad (3.16)$$

$$P_{R19} \geq \frac{5^2}{4 \cdot 510} = 0,0123 \text{ Вт}.$$

### 3.5 Розрахунок смугового фільтра

Виконаємо розрахунок активного смугового фільтра четвертого порядку з багатоланковим зворотнім зв'язком (БЗЗ), який входить до складу коїльного генератора див. рис. 3.3, згідно запропонованої методики [8].

1) Обираємо: несуча частота АМн сигналу -  $f_{\text{нес}} = 175$  Гц, частота маніпуляції -  $f_m = 13$  Гц.

2) Визначаємо частоту одиночного підсилення:

$$f_1 \geq 100 f_{\text{нес}} \quad (3.17)$$

$$f_1 \geq 100 \cdot 175 = 17500 \text{ Гц} = 0,0175 \text{ МГц};$$

3) Визначаємо параметри передатної функції першого каскаду, приймаємо коефіцієнти фільтру  $B = 1,4142$ ,  $C = 1$ :

$$\rho_1 = K_1 \cdot \frac{\sqrt{N}}{Q}, \quad (3.18)$$

де  $K_1 = 1$  – коефіцієнт підсилення першого каскаду фільтра,  $Q = 5$  – добротність кожного каскаду.

$$\rho_1 = 1 \cdot \frac{\sqrt{1}}{5} = 0,2;$$

$$E = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{C + 4Q^2 + \sqrt{(C + 4Q^2)^2 - (2BQ)^2}}{2}} \quad (3.19)$$

$$E = \frac{1}{1,4142} \sqrt{\frac{1 + 4 \cdot 5^2 + \sqrt{(1 + 4 \cdot 5^2)^2 - (2 \cdot 1,4142 \cdot 5)^2}}{2}} = 7,09;$$

$$D = \frac{1}{2} \left[ \frac{BE}{Q} + \sqrt{\left( \frac{BE}{Q} \right)^2 - 4} \right] \quad (3.20)$$

$$D = \frac{1}{2} \left[ \frac{1,4142 \cdot 7,09}{5} + \sqrt{\left( \frac{1,4142 \cdot 7,09}{5} \right)^2 - 4} \right] = 1,11;$$

$$\beta_1 = D/E \quad (3.21)$$

$$\beta_1 = \frac{1,11}{7,09} = 0,16;$$

$$\gamma_1 = D^2 \quad (3.22)$$

$$\gamma_1 = 1,11^2 = 1,23;$$

4) Визначаємо центральну частоту смуги пропускання фільтру:

$$\omega_0 = 2\pi f_{\text{нес}} \quad (3.23)$$

$$\omega_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 175 = 1099 \text{ рад/с};$$

5) Обираємо ємність конденсаторів C4 та C5 першого каскаду:

$$C4 = C5 = \frac{20\pi}{\omega_0} \quad (3.24)$$

$$C4 = C5 = \frac{20 \cdot 3,14}{1099} = 0,057 \text{ мкФ} = 57 \text{ нФ},$$

Приймаємо стандартне значення ємності 62 нФ;

6) Визначаємо опір резисторів першого каскаду:

$$R13 = \frac{1}{\rho_1 \cdot \omega_0 \cdot \tilde{N}_4} \quad (3.25)$$

$$R13 = \frac{1}{0,2 \cdot 1099 \cdot 0,062 \cdot 10^{-6}} = 73 \text{ кОм},$$

Приймаємо стандартне значення опору 75 кОм;

$$R14 = \frac{\beta_1}{[\tilde{N}_4 \cdot (\gamma_1 - \rho_1 \cdot \beta_1) + \gamma_1 \cdot \tilde{N}_5] \cdot \omega_0} \quad (3.26)$$

$$R14 = \frac{0,16}{[0,062 \cdot 10^{-6} \cdot (1,23 - 0,2 \cdot 0,16) + 1,23 \cdot 0,062 \cdot 10^{-6}] \cdot 1099} = 1 \text{ кОм};$$

$$R15 = \frac{1}{\beta_1 \cdot \omega_0} \cdot \left( \frac{1}{\tilde{N}_4} + \frac{1}{\tilde{N}_5} \right) \quad (3.27)$$

$$R15 = \frac{1}{0,16 \cdot 1099} \cdot \left( \frac{1}{0,062 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{0,062 \cdot 10^{-6}} \right) = 193 \text{ кОм},$$

Приймаємо стандартне значення опору 200 кОм;

7) Визначаємо параметри передатної функції другого каскаду

$$\rho_2 = K2\sqrt{C}/Q, \quad (3.28)$$

де  $K2 = 1$  – коефіцієнт підсилення першого каскаду фільтру.

$$\rho_2 = 1 \cdot \sqrt{1/5} = 0,2;$$

$$\beta_2 = 1/DE \quad (3.29)$$

$$\beta_2 = 1/1,11 \cdot 7,09 = 0,13;$$

$$\gamma_2 = 1/D^2 \quad (3.30)$$

$$\gamma_2 = 1/1,11^2 = 0,81;$$

8) Обираємо ємність конденсаторів С6, С7 другого каскаду:

$$C6 = C7 = \frac{20\pi}{\omega_0} \quad (3.31)$$

$$C6 = C7 = \frac{20 \cdot 3,14}{1099} = 0,057 \text{ мкФ} = 57 \text{ нФ},$$

Приймаємо стандартне значення ємності 62 нФ;

9) Визначаємо опір резисторів другого каскаду:

$$R16 = \frac{1}{\rho_2 \cdot \omega_0 \cdot \tilde{N}_6} \quad (3.32)$$

$$R16 = \frac{1}{0,2 \cdot 1099 \cdot 0,062 \cdot 10^{-6}} = 73 \text{ кОм},$$

Приймаємо стандартне значення опору 75 кОм;

$$R17 = \frac{\beta_2}{[\tilde{N}_6 \cdot (\gamma_2 - \tilde{N}_2 \cdot \beta_2) + \gamma_2 \cdot \tilde{N}_7] \cdot \omega_0} \quad (3.33)$$

$$R17 = \frac{0,13}{[0,062 \cdot 10^{-6} \cdot (0,81 - 0,062 \cdot 10^{-6} \cdot 0,13) + 0,81 \cdot 0,062 \cdot 10^{-6}] \cdot 1099} = 1,2 \text{ кОм};$$

$$R18 = \frac{1}{\beta_2 \cdot \omega_0} \cdot \left( \frac{1}{\tilde{N}_6} + \frac{1}{\tilde{N}_7} \right) \quad (3.34)$$

$$R18 = \frac{1}{0,13 \cdot 1099} \cdot \left( \frac{1}{0,062 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{0,062 \cdot 10^{-6}} \right) = 226 \text{ кОм},$$

Приймаємо стандартне значення опору 240 кОм.

Приймаємо, що номінальна потужність розсіювання для всіх резисторів фільтру дорівнює 0,125 Вт.

### **3.6 Висновки по розділу 3**

В цьому розділі була представлена структура та принцип дії колійного генератора багатозначної локомотивної сигналізації, а також його алгоритм роботи, що дозволяє максимально просто зрозуміти принцип дії генератора АЛСН+.

Розроблена принципова електрична схема колійного генератора, який дозволяє виробляти сигнали частотою 175 Гц, та проведений опис всіх складових частин цієї схеми.

Також були проведені розрахунки та обрані найкращі значення елементів підсилювача потужності та смугового фільтра.

## РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРИЙМАЧА СИГНАЛІВ БАГАТОЗНАЧНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

### 4.1 Структура та принцип дії локомотивного приймача АЛСН+

До складу локомотивного приймача сигналів АЛСН+, структурна схема якого наведена на рисунку 4.1, входять наступні структурні елементи: котушки АЛС та три комплекта елементів. До складу кожного з них входять: амплітудний обмежувач, підсилювач, три смугових фільтра, три тригера Шмідта та мікроконтролер.

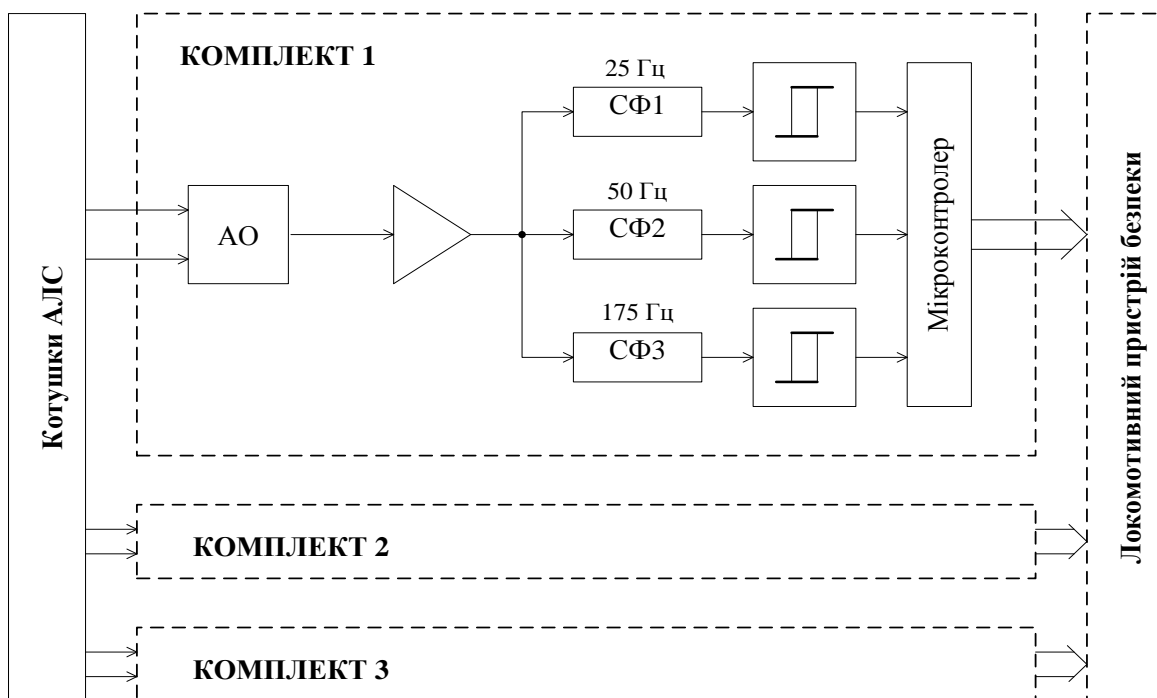


Рисунок 4.1 – Структурна схема приймача сигналів АЛСН+

Котушки забезпечують індуктивний зв'язок приймача з електричними рейковими ланцюгами та призначені для прийому кодових сигналів.

Амплітудний обмежувач АО обмежує рівень вихідного сигналу, щоб уникнути переходу підсилювача в режим насичення і потім зворотного переходу в лінійний режим.

Підсилювач потужності забезпечує передачу необхідної потужності сигналу у навантаження.

Смугові фільтри СФ виділяють першу гармоніку амплітудно-маніпульованих сигналів. В результаті формуються синусоїдальні амплітудно-маніпульовані сигнали. Три смугових фільтра працюють на різних частотах: СФ1 (25 Гц) – тяга змінного струму, СФ2 (50 Гц) – тяга постійного струму, СФ3 (175 Гц) – додатковий код для команд АЛСН+.

Тригери Шмідта формують сигнали, що постійно змінюються на вході в серію прямокутних імпульсів на виході

Мікроконтролер визначає номер команди АЛСН+ відповідно до поточної поїзної ситуації. Та формує сигнал який посиляється в локомотивний пристрій безпеки.

Структурна схема складається з трьох комплектів – це зроблено для мажоритарного резервування, це означає, що інформація надходить на локомотивний пристрій безпеки, якщо інформація збігається у двох або у всіх трьох комплектах.

#### **4.2 Алгоритм роботи локомотивного приймача АЛСН+**

Алгоритм роботи локомотивного приймача АЛСН+ представлений на рисунку 4.2. Після прийому сигналу з котушок АЛС перевіряється наявність сигналу 25 Гц, якщо сигнал присутній з'являється повідомлення “Тяга змінного струму” та відбувається визначення команди АЛСН. Якщо сигнал 25 Гц відсутній відбувається перевірка наявності сигналу 50 Гц.

Якщо сигнал 50 Гц присутній з'являється повідомлення “Тяга постійного струму” та визначається команда АЛСН. Якщо сигнал відсутній з'являється повідомлення “Відсутність АЛСН” та відбувається передача сигналу до локомотивного пристрою безпеки ЛПБ.

В сигналах 25 Гц і 50 Гц після визначення команди АЛСН перевіряється наявність сигналу 175 Гц. Якщо такий сигнал присутній, визначається команда

АЛСН+ та відбувається передача повідомлення до ЛПБ, якщо сигнал відсутній то повідомлення одразу передається до локомотивного пристрою безпеки, алгоритм роботи якого представлений на рисунку 4.3, після цього все починається спочатку, тобто відбувається опитування нових сигналів.

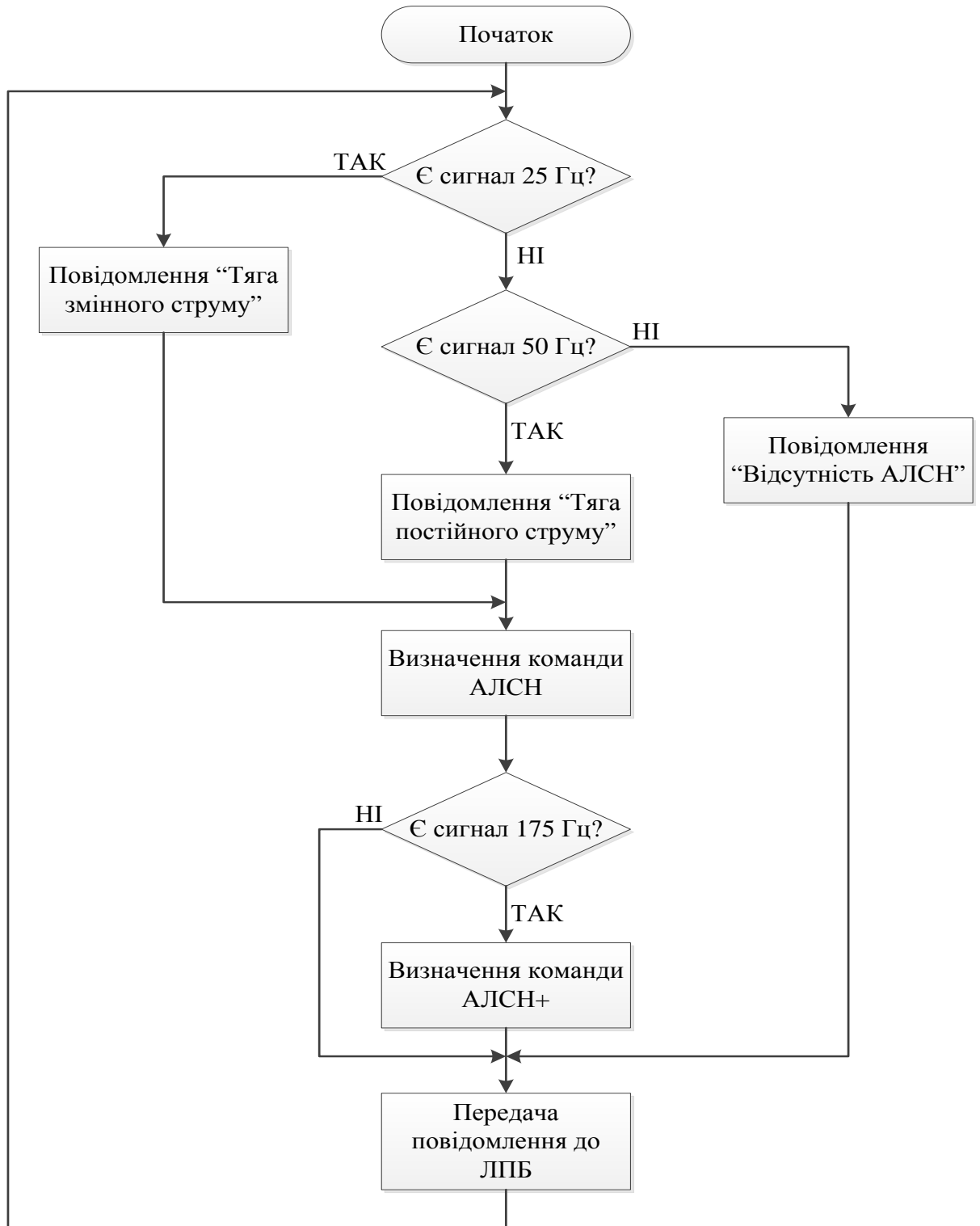


Рисунок 4.2 – Алгоритм роботи локомотивного приймача АЛСН+

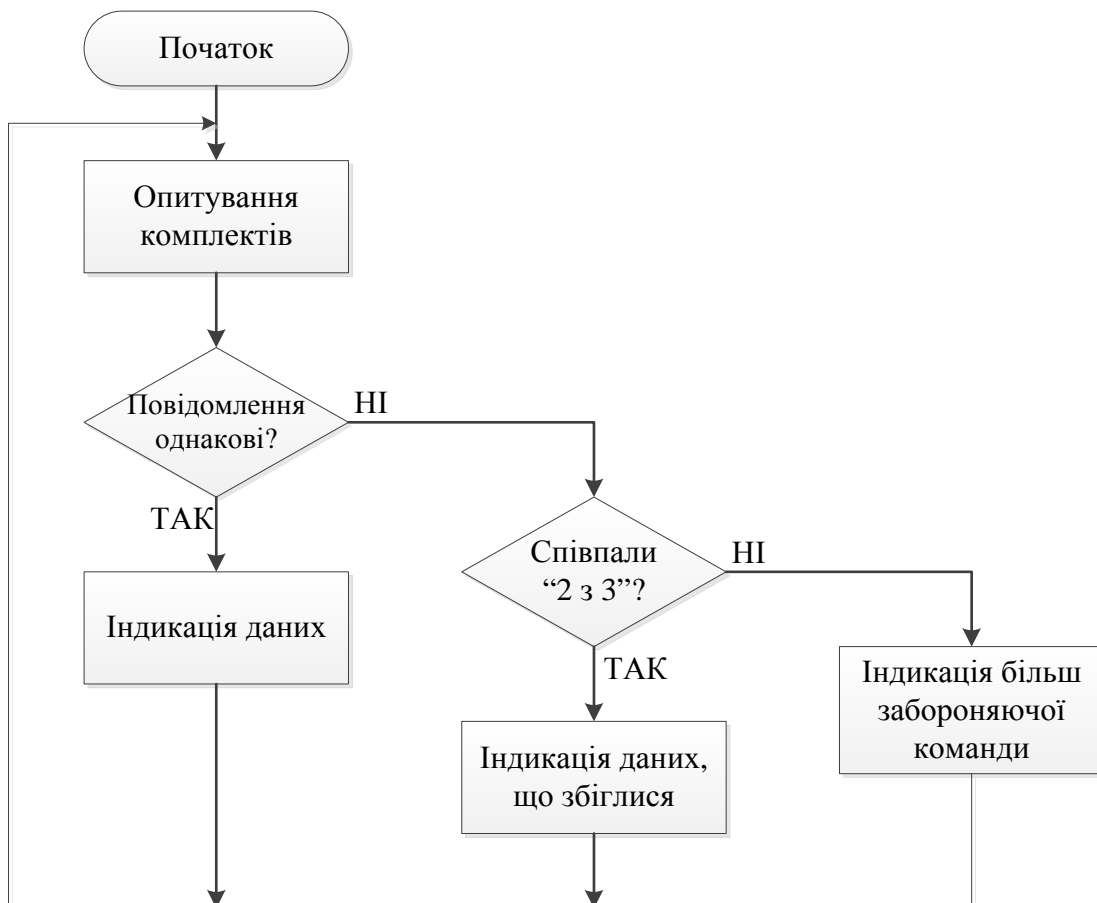


Рисунок 4.3 – Алгоритм роботи локомотивного пристрою безпеки

Після передачі повідомлень до ЛПБ відбувається опитування комплектів, якщо повідомлення однакові з'являється індикація та відбувається нове опитування комплектів після отримання нових повідомлень.

Якщо повідомлення не однакові, але співпали 2 з 3, з'являється індикація даних, що збіглися та відбувається нове опитування. Якщо 2 з 3 повідомлень не співпали з'являється індикація більш забороняючої команди, та відбувається нове опитування.

#### 4.3 Опис принципової електричної схеми локомотивного приймача

Принципова електрична схема локомотивного приймача сигналів АЛСН+ представлена на рисунку 4.4.

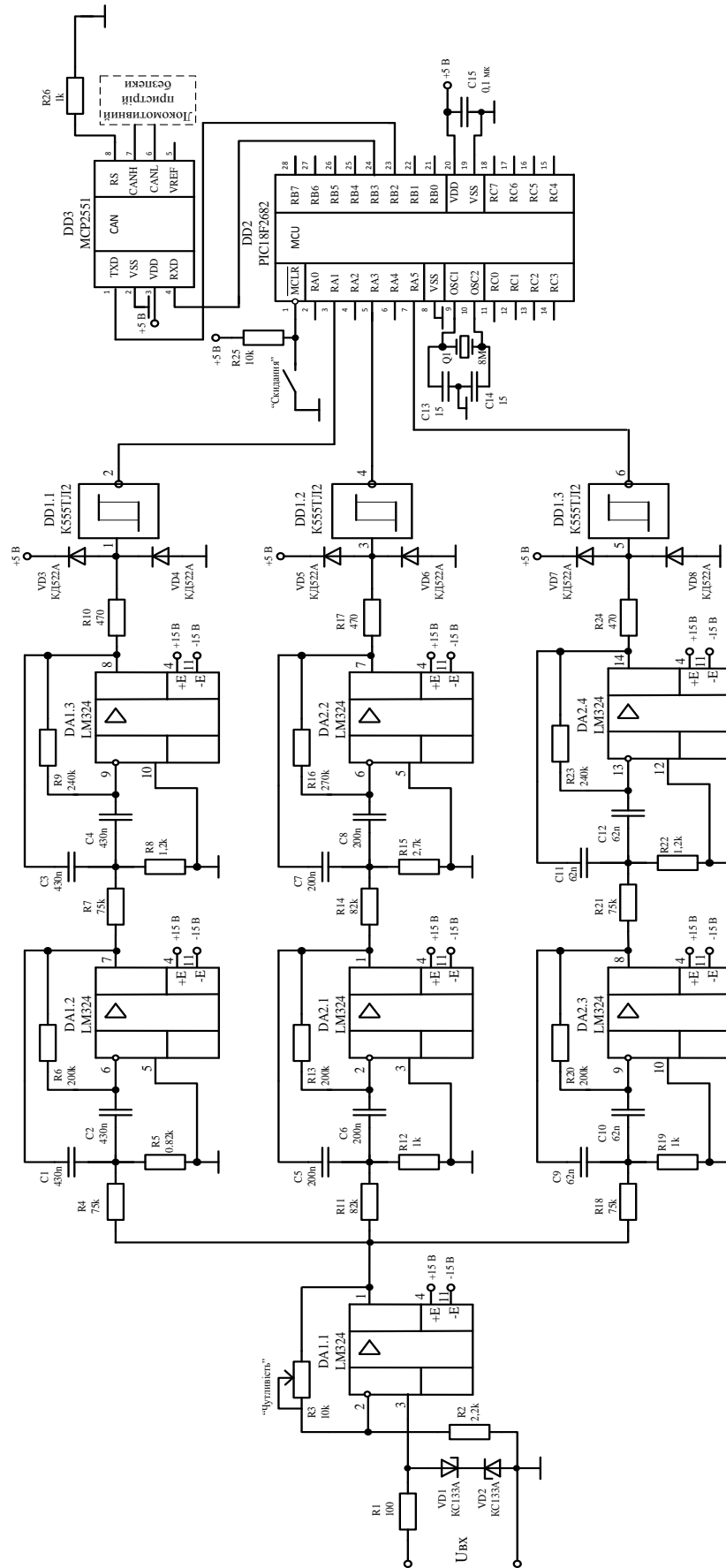


Рисунок 4.4 - Принципова електрична схема локомотивного приймача ALSH+

Локомотивний приймач сигналів АЛСН+ містить наступні складові частини:

1. Амплітудний обмежувач;
2. Вхідний підсилювач DA1.1 типу LM324;
3. Активні смугові фільтри четвертого порядку з багатоланковим зворотнім зв'язком (частотами 25 Гц, 50 Гц і 175 Гц) DA1.2 - DA2.4 Баттерворта;
4. Тригери Шмідта DD1.1 - DD1.3 типу K555ТЛ2;
5. Мікросхема DD2 типу PIC18F2682;
6. Прийомопередатчик DD3 типу MCP2551.

З котушок АЛС сигнал поступає на амплітудний обмежувач, який побудований на напівпровідникових стабілітронах VD1, VD2 (КC133А). За допомогою обмежувача на підсилювач йде лише напруга 3,3 В.

З амплітудного обмежувача сигнал потрапляє на вхідний підсилювач, де сигнал підсилюється для кращої передачі. Вхідний підсилювач побудований на операційному підсилювачі DA1.1 типу LM324 за неінвертуючою схемою. За допомогою змінного резистора R3 забезпечується можливість регулювання рівня напруги на виході підсилювача.

З вхідного підсилювача сигнал потрапляє на смугові фільтри. Фільтри Баттерворта реалізовані на схемах активних смугових фільтрів четвертого порядку з багатоланковим зворотнім зв'язком на базі операційних підсилювачів потужності LM324. Смуговий фільтр пропускає сигнали частотою 25 Гц, 50 Гц і 175 Гц з шириною смуги, яка розташована біля центральної частоти, та не пропускає сигнали, частоти які вище або нижче 25, 50 або 175 Гц. Фільтр Баттерворта має монотонну амплітудно-частотну характеристику.

З фільтрів сигнали надходять на тригери Шмідта типу K555ТЛ2. Такі мікросхеми мають в одному корпусі три тригера. За допомогою схеми на діодах VD3 - VD8 (КД522А), реалізується захист входів тригерів Шмідта від високої позитивної і негативної напруги, діоди слугують обмежувачами напруги.

Центральною мікросхемою локомотивного приймача є PIC18F2682. Він має 28 виводів, вбудований CAN-інтерфейс, а також кварцевий резонатор для синхронізації.

З мікросхеми сигнал йде на CAN-трансивер MCP2551. Цей відмовостійкий пристрій CAN служить інтерфейсом між контролером протоколу CAN і фізичною шиною та має 8 виводів. MCP2551 забезпечує диференційну передачу та прийом для контролера протоколу CAN [7].

#### 4.4 Розрахунок смугового фільтра 25 Гц

Виконаємо розрахунок активного смугового фільтра четвертого порядку з багатоланковим зворотнім зв'язком (БЗЗ), який входить до складу локомотивного приймача див. рис. 4.3, згідно запропонованої методики [8].

1) Обираємо: несуча частота АМн сигналу -  $f_{\text{нес}} = 25$  Гц, частота маніпуляції -  $f_m = 2$  Гц.

2) Визначаємо частоту одиночного підсилення:

$$f_1 \geq 100 f_{\text{нес}} \quad (4.1)$$

$$f_1 \geq 100 \cdot 25 = 2500 \text{ Гц} = 0,0025 \text{ МГц};$$

3) Визначаємо параметри передатної функції першого каскаду, приймаємо коефіцієнти фільтра  $B = 1,4142$ ,  $C = 1$ :

$$\rho_1 = K_1 \cdot \frac{\sqrt{N}}{Q}, \quad (4.2)$$

де  $K_1 = 1$  – коефіцієнт підсилення першого каскаду фільтра,  $Q = 5$  – добротність кожного каскаду.

$$\rho_1 = 1 \cdot \frac{\sqrt{1}}{5} = 0,2;$$

$$E = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{C + 4Q^2 + \sqrt{(C + 4Q^2)^2 - (2BQ)^2}}{2}} \quad (4.3)$$

$$E = \frac{1}{1,4142} \sqrt{\frac{1 + 4 \cdot 5^2 + \sqrt{(1 + 4 \cdot 5^2)^2 - (2 \cdot 1,4142 \cdot 5)^2}}{2}} = 7,09;$$

$$D = \frac{1}{2} \left[ \frac{BE}{Q} + \sqrt{\left( \frac{BE}{Q} \right)^2 - 4} \right] \quad (4.4)$$

$$D = \frac{1}{2} \left[ \frac{1,4142 \cdot 7,09}{5} + \sqrt{\left( \frac{1,4142 \cdot 7,09}{5} \right)^2 - 4} \right] = 1,11;$$

$$\beta_1 = D/E \quad (4.5)$$

$$\beta_1 = 1,11/7,09 = 0,16;$$

$$\gamma_1 = D^2 \quad (4.6)$$

$$\gamma_1 = 1,11^2 = 1,23;$$

4) Визначаємо центральну частоту смуги пропускання фільтру:

$$\omega_0 = 2\pi f_{\text{нес}} \quad (4.7)$$

$$\omega_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 25 = 157 \text{ рад/с};$$

5) Обираємо ємність конденсаторів C4 та C5 першого каскаду:

$$C1 = C2 = \frac{20\pi}{\omega_0} \quad (4.8)$$

$$C1 = C2 = \frac{20 \cdot 3,14}{157} = 0,4 \text{ мкФ} = 400 \text{ нФ},$$

Приймаємо стандартне значення ємності 430 нФ;

6) Визначаємо опір резисторів першого каскаду:

$$R4 = \frac{1}{\rho_1 \cdot \omega_0 \cdot \tilde{N}_4} \quad (4.9)$$

$$R4 = \frac{1}{0,2 \cdot 157 \cdot 0,43 \cdot 10^{-6}} = 71 \text{ кОм}$$

Приймаємо стандартне значення опору 75 кОм;

$$R5 = \frac{\beta_1}{[\tilde{N}_4 \cdot (\gamma_1 - \rho_1 \cdot \beta_1) + \gamma_1 \cdot \tilde{N}_5] \cdot \omega_0} \quad (4.10)$$

$$R5 = \frac{0,16}{[0,43 \cdot 10^{-6} \cdot (1,23 - 0,2 \cdot 0,16) + 1,23 \cdot 0,43 \cdot 10^{-6}] \cdot 157} = 0,8 \text{ кОм}$$

Приймаємо стандартне значення опору 0,82 кОм;

$$R6 = \frac{1}{\beta_1 \cdot \omega_0} \cdot \left( \frac{1}{\tilde{N}_4} + \frac{1}{\tilde{N}_5} \right) \quad (4.11)$$

$$R6 = \frac{1}{0,16 \cdot 157} \cdot \left( \frac{1}{0,43 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{0,43 \cdot 10^{-6}} \right) = 185 \text{ кОм},$$

Приймаємо стандартне значення опору 200 кОм;

7) Визначаємо параметри передатної функції другого каскаду

$$\rho_2 = K_2 \sqrt{C} / Q, \quad (4.12)$$

де  $K_2 = 1$  – коефіцієнт підсилення першого каскаду фільтра.

$$\rho_2 = 1 \cdot \sqrt{1/5} = 0,2;$$

$$\beta_2 = 1 / DE \quad (4.13)$$

$$\beta_2 = 1 / (1,11 \cdot 7,09) = 0,13;$$

$$\gamma_2 = 1 / D^2 \quad (4.14)$$

$$\gamma_2 = 1 / 1,11^2 = 0,81;$$

8) Обираємо ємність конденсаторів  $C_6, C_7$  другого каскаду:

$$C_3 = C_4 = \frac{20\pi}{\omega_0} \quad (4.15)$$

$$C_3 = C_4 = \frac{20 \cdot 3,14}{157} = 0,4 \text{ мкФ} = 400 \text{ нФ},$$

Приймаємо стандартне значення ємності 430 нФ;

9) Визначаємо опір резисторів другого каскаду:

$$R_7 = \frac{1}{\rho_2 \cdot \omega_0 \cdot \tilde{N}_6} \quad (4.16)$$

$$R_7 = \frac{1}{0,2 \cdot 157 \cdot 0,43 \cdot 10^{-6}} = 71 \text{ кОм},$$

Приймаємо стандартне значення опору 75 кОм;

$$R_8 = \frac{\beta_2}{[\tilde{N}_6 \cdot (\gamma_2 - \tilde{N}_2 \cdot \beta_2) + \gamma_2 \cdot \tilde{N}_7] \cdot \omega_0} \quad (4.17)$$

$$R_8 = \frac{0,13}{[0,43 \cdot 10^{-6} \cdot (0,81 - 0,43 \cdot 10^{-6} \cdot 0,13) + 0,81 \cdot 0,43 \cdot 10^{-6}] \cdot 157} = 1,2 \text{ кОм};$$

$$R_9 = \frac{1}{\beta_2 \cdot \omega_0} \cdot \left( \frac{1}{\tilde{N}_6} + \frac{1}{\tilde{N}_7} \right) \quad (4.18)$$

$$R_9 = \frac{1}{0,13 \cdot 157} \cdot \left( \frac{1}{0,43 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{0,43 \cdot 10^{-6}} \right) = 228 \text{ кОм},$$

Приймаємо стандартне значення опору 240 кОм.

Приймаємо, що номінальна потужність розсіювання для всіх резисторів фільтру дорівнює 0,125 Вт.

Аналогічно був проведений розрахунок активного смугового фільтра для частоти 50 Гц. Отримані номінальні значення елементів вказані на принциповій електричній схемі приймача (див. рис. 4.4).

#### **4.5 Висновки по розділу 4**

В цьому розділі була представлена структура та принцип дії локомотивного приймача сигналів АЛСН+, а також його алгоритм роботи, що дозволяє максимально просто зрозуміти принцип дії локомотивного приймача сигналів.

Розроблена принципова електрична схема локомотивного приймача сигналів, який дозволяє приймати звичайні сигнали та додаткові сигнали частотою 175 Гц, та проведений опис всіх складових частин цієї схеми.

Також були проведені розрахунки та обрані найкращі значення елементів смугових фільтрів 25, 50 та 175 Гц.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Зробивши порівняльний аналіз вітчизняних та зарубіжних багатозначних систем автоматичної локомотивної сигналізації з'ясувалося, що всі системи які використовуються, мають доволі малу пропускну здатність, не дуже велику швидкість руху поїздів і в плані безпеки є не найкращими та й взагалі вони досить старі і мають багато недоліків. Тому очевидно, що в умовах сучасного технічного прогресу вони потребують заміни або значного покращення.

В даній роботі була запропонована багатозначна система АЛСН+, яка схожа на вже існуючі системи, але має ряд вагомих покращень. Головна відмінність АЛСН+ від існуючих систем - це те, що використовується сигнал частотою 175 Гц, саме це дозволяє збільшити кількість команд АЛС, що дозволить збільшити пропускну здатність та підвищити безпеку руху поїздів на залізницях. Перевагою такої системи є те, що окрім сигналів частотою 175 Гц використовуються також і звичайні сигнали частотою 25 Гц і 50 Гц, завдяки цьому систему АЛСН+ можна використовувати на високошвидкісних лініях, які в майбутньому з'являться на залізницях України.

В рамках дипломної роботи була розроблена система команд для системи АЛСН+, яка складається з 15 команд. Крім цього були розроблені структурні і принципові електричні схеми колійного генератора та локомотивного приймача сигналів та зроблені повні описи схем та елементів цих схем, а також алгоритми роботи генератора і приймача. Були проведені розрахунки підсилювача та фільтрів колійного генератора і локомотивного приймача та зроблені повні описи схем та елементів цих схем.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Брылеев А.М. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка./ А.М. Брылеев, О. Поупе, В.С. Дмитриев, Ю.А. Кравцов, Б.М. Степенский. - М.: Транспорт, 1981. - 320 с.
2. Теег Г. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира./ Г. Теег, Власенко С. -М.: Интекст, 2010. - 496 с.
3. Кравцов Ю.А. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики./ Ю.А. Кравцов, В.Л. Нестеров, Г.Ф. Лекута. -М.: Транспорт, 1996. -400 с.
4. Coded Current Automatic Block - ВАСС / [Електроний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.mermecgroup.com/signalling-br-systems/diagnostics-systems/651/coded-current.php>
5. LINEE CON BLOCCO AUTOMATICO CON RIPETIZIONE CONTINUA DEI SEGNALI (RSC) IN MACCHINA (ВАСС) / [Електроний ресурс]. - Режим доступу: [http://www.segnalifs.it/it/bl/N\\_barisc.htm](http://www.segnalifs.it/it/bl/N_barisc.htm)
6. Кулик П.Д. Практичний посібник з технічного утримання апаратури тональних рейкових кіл./ П.Д. Кулик, О.О. Удовиченков, В.І. Басов, М.В. Поета, В.Л. Сусідко, Ю.О. Луц, М.І. Примак. -К: Видавництво, 2006. -236 с.
7. МСР2551-Е/Р / [Електроний ресурс]. - Режим доступу: <https://my.element14.com/microchip/mcp2551-e-p/ic-can-transceiver-dip82551/dp/1439745>
8. Гончаров К.В. Розробка генератора сигналів з амплітудною маніпуляцією: Методичні вказівки до виконання курсової роботи / К. В. Гончаров, К. І. Ящук, В. І. Щека,; Дніпр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2017. – 46 с.
9. АЛС / [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.poezdvl.com/obschiykurszd/avtomaticheskayalokomotivnaya-signalizatsiya.html>
10. Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного действия / [Електроний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.dieselloc.ru/books/asadchenko/asadchenko\\_48.html](https://www.dieselloc.ru/books/asadchenko/asadchenko_48.html)