

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет залізничного транспорту
Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

Розроблення та дослідження цифрового КІХ-фільтра локомотивної
системи сигналізації

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи першого освітнього ступеня «бакалавр»
ВКР 01.25.01.31.ПЗ

Галузь знань – 27 Транспорт
Спеціальність – 273 Залізничний транспорт

Виконав:
Студент 4 курсу групи 110-Д21-ОКСКРП
(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

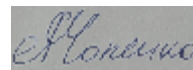
_____ Ярослав ЯРОВИЙ

Керівник:



_____ Олександр СОСУНОВ

Рецензент:



_____ Анатолій ЧОПЕНКО

Харків – 2025 р.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій

Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

Ступінь освіти бакалавр

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент

Василь СОТНИК



« 24 » лютого 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

ЯРОВОМУ ЯРОСЛАВУ РОМАНОВИЧУ група 110-ОКСКРП-Д21

1 Тема «Розроблення та дослідження цифрового КІХ-фільтра локомотивної системи сигналізації»,

затверджена розпорядженням по факультету інформаційно-керуючих систем та технологій від « 24 » лютого 2025 року за № 11.

2 Строк подання студентом закінченої роботи « 6 » червня 2025 р.

3 Вихідні дані:

- конструкція та схема електрична принципова фільтра локомотивного ФЛ-25/75М; метод розробки КІХ-фільтра – зважування
- норми технологічного проектування пристроїв автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті України

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступна частина:

- титульний аркуш;
- завдання на випускную роботу;
- анотація;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.

Основна частина:

- вступ;
- аналіз складу та основних технічних характеристик апаратури локомотивної системи сигналізації;
- аналіз джерел завад та їх вплив на систему АЛСН;
- розрахунок цифрового смугового КІХ-фільтра;
- висновки;
- список використаних джерел.

5 Перелік графічного матеріалу:

- назва роботи, назви розділів, автор роботи, керівник – слайд 1;
- аналіз складу та основних технічних характеристик апаратури локомотивної системи сигналізації – слайди 2-4;
- аналіз джерел завад та їх вплив на систему АЛСН 5-12;
- розрахунок та дослідження цифрового смугового фільтра – слайди 13-20.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів
1 Аналіз складу та основних технічних характеристик апаратури локомотивної системи сигналізації.	19.05.2025
2 Аналіз джерел завад та їх вплив на систему АЛСН.	26.05.2025
3 Розрахунок цифрового смугового КІХ-фільтра.	02.06.2025

Студент

Ярослав ЯРОВИЙ

Керівник



Олександр СОСУНОВ

Анотація

В кваліфікаційній роботі проведено вдосконалення фільтра локомотивної системи сигналізації.

Для визначення шляхів вдосконалення фільтра системи локомотивної сигналізації розглянути потенційна завадостійкість каналу локомотивної системи сигналізації, нелінійні спотворення у каналі та комплекс мер щодо підвищення стійкості його роботи.

Розроблений цифровий смуговий КІХ-фільтр для придушення як дискретної компоненти так й неперервної компоненти завад, що має лінійну фазочастотну характеристику та не призводить до додаткових спотворень кодових імпульсів. На підставі впливу округлення коефіцієнтів фільтра на результуючу амплітудно-частотну характеристику запропонований можливий варіант апаратної реалізації.

Abstract

In the qualification work, the filter of the locomotive signaling system was improved.

To determine ways to improve the filter of the locomotive signaling system, the potential noise immunity of the locomotive signaling system channel, nonlinear distortions in the channel and a set of measures to increase the stability of its operation were considered.

A digital bandpass FIR filter was developed to suppress both the discrete component and the continuous component of interference, which has a linear phase-frequency characteristic and does not lead to additional distortions of code pulses. Based on the influence of rounding of the filter coefficients on the resulting amplitude-frequency characteristic, a possible hardware implementation option was proposed.

Зміст

	с
Перелік основних скорочень.....	8
Вступ.....	10
1 Аналіз складу та основних технічних характеристик апаратури локомотивної системи сигналізації.....	12
1.1 Призначення та склад апаратури локомотивної системи сигналізації.....	12
1.2 Основні технічні характеристики апаратури АЛСН.....	17
1.3 Зміст технічного обслуговування апаратури АЛСН.....	30
1.4 Висновки за розділом.....	35
2 Аналіз джерел завад та їх вплив на роботу системи АЛСН.....	37
2.1 Оцінка потенційної завадостійкості каналу АЛСН.....	37
2.2 Характерні нелінійні спотворення в рейкових колах.....	39
2.3 Вплив локальних зон намагніченості верхньої будови колії на прийом сигналів АЛСН.....	47
2.4 Комплекс заходів з підвищення стійкості системи АЛСН.....	54
2.5 Висновки за розділом.....	57
3 Розрахунок цифрового смугового КІХ-фільтра.....	58
3.1 Аналіз принципової схеми та роботи фільтра ФЛ25/75М.....	58
3.2 Аналіз якостей цифрових фільтрів.....	67
3.3 Розроблення та характеристики цифрового смугового фільтра.....	86
3.4 Висновки за розділом.....	107

					ВКР 01.25.01.31.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Яровий Я.Р.			Розроблення та дослідження цифрового КІХ-фільтра локомотивної системи сигналізації	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Сосунов О.О.					6	
Н.контр.		Сосунов О.О.				УкрДУЗТ		
Затв.		Сотник В.О.						

Висновки.....	108
Список використаних джерел.....	109
Додаток А Програма розрахунку коефіцієнтів цифрового КІХ-фільтра методом зважування за допомогою Matlab.....	111
Додаток Б Коефіцієнти КІХ-фільтра з вікном Кайзера та параметром нерівномірності $\beta = 5,65$, що отримані за допомогою Matlab (перша половина)	112

					ВКР 01.25.01.31.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вступ

Автоматична локомотивна сигналізація неперервного типу (АЛСН) є складовою частиною системи автоблокування. При застосуванні числовий кодової системи автоблокування сигнали останньої є одночасно і сигналами АЛСН. У разі застосування інших систем автоблокування їх доповнюють пристроями кодування для забезпечення роботи АЛСН.

У АЛСН, що використовує числовий код, кожен сигнал колійних світлофорів для передачі інформації на локомотив перетворюється у відповідну йому кодову комбінацію. Імпульси кодової комбінації посиляють на частоті 50 Гц при електричній тязі постійного струму і на частоті 25 Гц при електричній тязі змінного струму. Струм проходить по колу, що утворене рейковими нитками і колісними парами поїзда. Проходячи по рейках, сигнальний змінний струм створює навколо рейки змінне магнітне поле. На локомотиві перед першою колісною парою підвішені приймальні котушки, що складаються з осердя, катушок і кожуха. При знаходженні сердечника з катушками в змінному магнітному полі в останніх наводиться електрорушійна сила, яка за тривалістю імпульсів і інтервалів відповідає струму в рейках.

Сигнали, що наводяться в катушках малі і тому не можуть безпосередньо розшифровуватися. Для цього перед дешифрацією сприйняті зі шляху сигнали посилюються підсилювачем УК 25/50М-Д, на виході якого включено імпульсне (приймальне) реле.

Прийомні локомотивні котушки знаходяться під заважаючим впливом зовнішніх електромагнітних полів, наприклад, полів, що наводяться тяговим струмом локомотива, сигнальним струмом рейкових кіл. Завади можуть впливати на приймальні котушки безпосередньо, як, наприклад, лінії електропередач або намагнічені ділянки рейок.

					ВКР 01.25.01.31.ІІЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для поліпшення завадозахищеності окремих елементів і каналу АЛСН в цілому необхідно спочатку розглянути склад, призначення і принцип дії окремих пристроїв системи АЛСН. Цьому питанню і присвячений перший розділ кваліфікаційної роботи. У розділі детально розглянуті як шляхові так і локомотивні пристрої АЛСН, їх принцип дії та технічне обслуговування.

У другому розділі бакалаврської роботи розглядаються потенційна завадостійкість каналу АЛСН, характерні нелінійні спотворення в рейкових колах, вплив намагніченості верхньої будови колії на прийом сигналів АЛСН, формулюються пропозиції щодо підвищення стійкості роботи системи в цілому. В якості одного з можливих пропозицій щодо захисту прийому сигналів АЛСН від завад пропонується розробка цифрового смугового КІХ-фільтра локомотивного приймача.

Для цього в третьому розділі роботи детально розглядається схема заміщення приймальних котушок, принципова схема фільтра ФЛ25/75М та їх сумісна робота щодо фільтрації корисного сигналу каналу АЛСН. На підставі цього розгляду формуються вимоги щодо цифрового смугового КІХ-фільтра, визначаються його коефіцієнти, оцінюється вплив округлення коефіцієнтів на результуючу амплітудно-частотну характеристику та обирається необхідна кількість розрядів для представлення коефіцієнтів.

Цифровий смуговий КІХ-фільтр буде забезпечувати лінійність фазочастотної характеристики (!), що не призведе до додаткового спотворення кодових імпульсів. Пропонується можливий варіант апаратної реалізації фільтра.

Висновки

Локомотивна система сигналізації є важливою системою забезпечення безпеки. На систему впливають завади як штучного так й природного походження. Аналоговий локомотивний фільтр ФЛ 25/75М містить близько 10 кг електротехнічної сталі та дефіцитної міді і як будь-який аналоговий пристрій має нестабільні частотні характеристики.

Для забезпечення стабільності частотних характеристик був розроблений методом зважування цифровий смуговий КІХ-фільтр, який забезпечує таку стабільність. Для забезпечення потрібної АЧХ фільтра необхідно 92 коефіцієнти.

Був оцінений вплив округлення коефіцієнтів фільтра на частотні характеристики. Округлення коефіцієнтів до 0,0001 практично не впливають на частотні характеристики. Для цього достатньо шістнадцяти розрядів процесора.

На підставі цього був обраний в якості цифрового фільтра КІХ процесор ЦОС з фіксованою точкою типу DSP56200 фірми Motorola (або його аналог).

Цифровий смуговий КІХ-фільтр забезпечує придушення як дискретної компоненти так й неперервної компоненти завад більше ніж 60 дБ (!).

					ВКР 01.25.01.31.ІІЗ	Арк.
						108
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Список використаних джерел

1. Інструкція з технічного обслуговування локомотивних пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації безперервного типу (АЛС) і пристроїв контролю пильності машиніста на залізницях України [Текст] : ЦТ-ЦШ-0072 : затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту № 297/Ц від 01.12.2003. – К. : НВП Поліграфсервіс, 2004. – 92 с.
2. Бушуев, В. И. Явление феррорезонанса в фазочувствительных рельсовых цепях частотой 50 Гц [Текст] / В. И. Бушуев, С. В. Бушуев // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – Вып. 3. – С. 31–32.
3. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры [Текст] : справочник / Г. С. Найвельт [и др.] ; пор ред. Г. С. Найвельт. – М. : Радио и Связь, 1986. – 576 с.
4. Шевердин, И. Н. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛС [Текст] / И. Н. Шевердин, В. И. Шаманов // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – Вып. 8. – С. 24–29.
5. Григорьев, В. Л. Оптимизация электропроводности рельсового стыка при пропуске тяжеловесных поездов [Текст] / В. Л. Григорьев, А. В. Котельников // Автоматика, связь, информатика. – 2005. – Вып. 8. – С. 13–16.
6. Лукоянов, С. В. Сбоев кодов АЛСН на скоростном участке стало меньше [Текст] / С. В. Лукоянов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – Вып. 9. – С. 22–25.
7. Лукоянов, С. В. Сбоев кодов АЛСН на скоростном участке стало меньше [Текст] / С. В. Лукоянов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – Вып. 11. – С. 34–36.
8. Линдсей, В. Системы синхронизации в связи и управлении [Текст] : учеб. пособие / В. Линдсей. – М. : Советское радио, 1978. – 598 с.

					ВКР 01.25.01.31.ПЗ	Арк.
						109
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

9. Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях [Текст] : учеб. пособие / Ж. Макс. – М. : Мир, 1983. – 312 с.

10. Сорм, Г. Ф. Магнитные усилители [Текст] : учеб. пособие / Г. Ф. Сорм. – М. : Иностранная литература, 1957. – 568 с.

11. Шаманов, В. И. Ассиметрия тяговых токов под катушками АЛС [Текст] / В. И. Шаманов, Ю. А. Трофимов // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – Вып. 11. – С. 37–39.

12. Сороко, В. И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] : справочник в 2 т. Т.1 / В. И. Сороко, В. А. Милуков; 3 изд. – М. : НФП ПЛАНЕТА, 2000. – 960 с.

13. Манаев, Е. И. Основы радиоэлектроники [Текст] : учеб. пособие / Е. И. Манаев. – М. : Радио и связь, 1985. – 504 с.

14. Окимов, Н. Н. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА [Текст] : справочник / Н. Н. Окимов [и др.] ; под ред. Н. Н. Окимова. – Минск : Беларусь, 1994. – 591 с.

15. Айфичер Э. Цифровая обработка сигналов. Практический подход [Текст] : Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2004. — 992 с.

16. Ушенко Ю. О. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики [Текст] : навч. посібник / Ю. О. Ушенко, М. С. Гавриляк, М. В. Талах, В. В. Дворжак. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. – 308 с.

17. Бабак В. П. Обробка сигналів [Текст] : підручник для студентів технічних спеціальностей вузів / В. П. Бабак, В. С. Хандецький, Е. Шрюфер. – К. : «Либідь», 1999 – 496 с.

18. Заболотній С. В. Цифрове оброблення сигналів [Електронний ресурс] : посібник для студентів / С. В.Заболотній, Ю. Г. Леги. Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 119 с.

19. Титце У. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : Пер. с нем – М. :ДМК Пресс, 2008. – 832с.

					ВКР 01.25.01.31.ІІЗ	Арк.
						110
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		