

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

Розроблення та дослідження цифрового НІХ-фільтра локомотивної
системи сигналізації

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи першого освітнього ступеня «бакалавр»
ВКР 01.25.02.38.ПЗ

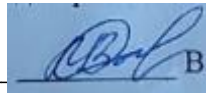
Галузь знань – 27 Транспорт

Спеціальність – 273 Залізничний транспорт

Виконав:

Студент 3 курсу групи 136-з22-
ОКСКРП

(роботу виконано самостійно,
відповідно до принципів академічної
добросовісності)



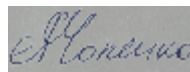
Василь МЕНЬШИКОВ

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

МЕНЬШИКОВУ ВАСИЛЮ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ група 136-ОКСКРП-322

1 Тема «Розроблення та дослідження цифрового НІХ-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 цифрового НІХ-фільтра – інваріантне перетворення імпульсної характеристики

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

Вступна частина:

- титульний аркуш;
- завдання на випускню 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;
- проектування цифрового смугового фільтра методом інваріантного перетворення імпульсної характеристики;
- 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 НІХ-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 Проектування цифрового смугового фільтра методом інваріантного перетворення імпульсної характеристики.	02.06.2025

Студент



Василь МЕНЬШИКОВ

Керівник



Олександр СОСУНОВ

Анотація

В кваліфікаційній роботі проведено вдосконалення фільтра локомотивної системи сигналізації. Ця система застосовується як додатковий засіб регулювання руху поїздів на ділянках, обладнаних автоблокуванням.

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 НІХ-фільтр для придушення як дискретної компоненти так й неперервної компоненти завад. 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. This system is used as an additional means of regulating train traffic on sections equipped with auto-blocking.

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 band-pass IIR-filter was developed to suppress both the discrete component and the continuous component of interference. Based on the influence of rounding the filter coefficients on the resulting amplitude-frequency characteristic, a possible hardware implementation option was proposed.

Зміст

	с
Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	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.....	36
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 для підвищення завадостійкості системи АЛСН.....	54
2.5 Висновки за розділом.....	57
3 Проектування цифрового смугового фільтра методом інваріантного перетворення імпульсної характеристики.....	58
3.1 Аналіз принципової схеми та роботи фільтра ФЛ25/75М.....	58
3.2 Аналіз якостей цифрових фільтрів.....	67

					ВКР 01.25.02.38.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Розроблення та дослідження цифрового НІХ-фільтра локомотивної системи сигналізації	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Меньшиков В.О.					6	
Перев.		Сосунов О.О.						
Н.контр.		Сосунов О.О.				УкрДУЗТ		
Затв.		Сотник В.О.						

3.3 Розроблення та характеристики цифрового смугового фільтра.....	86
3.4 Висновки за розділом.....	105
Висновки.....	108
Список використаних джерел.....	109
Додаток А Програма розрахунку коефіцієнтів цифрового НІХ-фільтра методом інваріантного перетворення імпульсної характеристики за допомогою Matlab.....	111
Додаток Б Коефіцієнти НІХ-фільтра, що отримані методом інваріантного перетворення імпульсної характеристики за допомогою Matlab.....	112
Додаток В Результат факторизації передаточної функції цифрового НІХ-фільтра на ланки другого порядку.....	113

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, котушок і кожуха. При знаходженні сердечника з котушками в змінному магнітному полі в останніх наводиться електрорушійна сила, яка за тривалістю імпульсів і інтервалів відповідає струму в рейках.

Сигнали, що наводяться в котушках 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 01.25.02.38.ПЗ	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 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 характерних нелінійних спотворень пропонується розробка цифрового смугового фільтра локомотивного приймача.

Для цього в третьому розділі 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 НІХ-фільтра, визначаються його коефіцієнти, оцінюється вплив округлення коефіцієнтів НІХ-фільтра на результуючу амплітудно-частотну характеристику та обирається необхідна кількість розрядів для представлення коефіцієнтів. Пропонується можливий варіант апаратної реалізації фільтра.

					ВКР 01.25.02.38.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Висновки

Локомотивна система сигналізації є важливою системою забезпечення безпеки на залізничному транспорті. На систему впливають завади як штучного так й природного походження. Аналоговий локомотивний фільтр ФЛ 25/75 як будь-який аналоговий пристрій має нестабільні частотні характеристики. Однак розгляд його властивостей дозволив сформулювати вимоги до цифрового НІХ-фільтра, який пропонується на заміну існуючого фільтра.

Для забезпечення стабільності частотних характеристик був розроблений цифровий смуговий НІХ-фільтр методом інваріантного перетворення імпульсної характеристики аналогового еліптичного фільтра-прототипа, який забезпечує таку стабільність. Запропонований цифровий фільтр має дванадцятий порядок.

Також був проведений аналіз впливу округлення коефіцієнтів розробленого фільтра на результуючу амплітудно-частотну характеристику. Округлення коефіцієнтів фільтра до 0,000 000 000 000 01 (необхідно не менш 45 двійкових розрядів процесора) забезпечує придушення дискретних завад на рівні не менш 60 дБ та неперервних не менш 53 дБ. На підставі цього був обраний в якості цифрового НІХ-фільтра процесор ЦОС з плаваючою точкою типу TMS320C6701 фірми Texas Instruments або його аналог, який має 32 розряди та вбудовану пам'ять 64 К як для даних так й для програм.

					ВКР 01.25.02.38.ПЗ	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 01.25.02.38.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. Сторм Г. Ф. Магнитные усилители [Текст] : учеб. пособие / Г. Ф. Сторм. – 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. Милюков; 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. Титце У. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : Пер.с нем – М. : ДМК Пресс, 2008. – 832с.