

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 656.259.2-047.58

О. О. ГОЛОЛОВА^{1*}

^{1*}Каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта gololova_oksana@i.ua

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВХІДНИХ ПРИСТРОІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Мета. Дослідити роботу системи автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС), виявити вплив зовнішніх факторів на роботу пристроїв та якість отриманої кодової інформації з рейкового кола, а також забезпечити можливість моделювання складних ситуацій, що мають вірогідність появи в процесі експлуатації. **Методика.** Для досягнення цієї мети розглянуто основні завади в роботі АЛС і причини їх виникнення, вивчено принцип побудови системи. Запропоновану автором математичну модель вхідних пристроїв системи автоматичної локомотивної сигналізації неперервного типу з числовим кодуванням (АЛСН) побудовано з урахуванням усіх типів кодових сигналів: «З», «Ж», «КЖ» та еквівалентної схеми заміщення фільтру частотою 50 Гц. **Результати.** Досліджено роботу АЛСН із частотою сигнального струму 50 Гц. Розроблено та запропоновано адекватну математичну модель вхідних пристроїв АЛСН із частотою сигнального струму 50 Гц. **Наукова новизна.** Розроблено комп'ютерну модель вхідних пристроїв системи АЛСН у середовищі MATLAB + Simulink. Наведено результати комп'ютерного моделювання на виході фільтру при подачі на вхіді всіх видів кодових комбінацій. **Практична значимість.** Використовуючи розроблену математичну модель роботи АЛСН, є можливість вивчати, досліджувати й визначати поведінку схеми під час нормального режиму експлуатації та при дії завад. А також є можливість у середовищі MATLAB+Simulink розробляти й застосовувати різні схемні рішення для зменшення впливу завад на функціональну здатність АЛС і моделювати появу ймовірних складних ситуацій.

Ключові слова: вхідні пристрої; система автоматичної локомотивної сигналізації; математичні моделі; АЛС; завади; збій; відмова; підлогові пристрої; локомотивні пристрої

Вступ

Значна кількість завад впливає на роботу автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) [19, 20]. Класифікуючи причини їх виникнення, можна виділити декілька найбільш впливових дестабілізуючих чинників: складові тягового струму, електромагнітні поля ЛЕП, асиметрія рейкових кіл, зони ізолюючих стиків та багато інших [18, 13]. Також великий вплив має швидкість руху поїзда, виникаючі вібрації під час руху та вірогідність відмов напольних пристроїв. Дія цих чинників призводить до появи збоїв та відмов у роботі АЛС, що значно впливає на безпеку руху поїздів [8, 11, 15]. Враховуючи важливість забезпечення безпеки руху, удосконалення роботи АЛС з метою покращення сприйняття сигналів та зменшення впливу завад будь-якого походження залишається актуальною на цей час [2]. Існуючі на практиці методи вивчення принципів дії АЛС не є досконалими. Найбільш високу достовірність фіксування та аналізу різноманітних недоліків системи забез-

печує використання вагон-лабораторії та автоматизована обробка отриманої інформації. Але цей спосіб має певні недоліки, серед яких: фінансові витрати на утримання вагон-лабораторії та обслуговуючого персоналу, необхідність безпосереднього виїзду на відповідну ділянку, недосконалість та застарілість обладнання, що використовується.

На сьогодні існує спеціальне програмне забезпечення ЕОМ, що дає широкий спектр можливостей щодо математичного моделювання багатьох технічних пристроїв та процесів в них. Це дає змогу вирішувати багато проблем у вивченні принципу дії, впливу зовнішніх факторів на роботу пристроїв, а також забезпечує можливість моделювання будь-яких складних ситуацій, що мають вірогідність появи в процесі експлуатації. Тому розробка математичної моделі локомотивної системи сигналізації або її окремих складових (таких як фільтр, підсилювач, дешифратор) є корисною для вивчення її як об'єкта дослідження.

Мета

Метою роботи є дослідження автоматичної локомотивної сигналізації шляхом побудови математичної моделі її вхідних пристроїв.

Математична модель допомагає у вивченні об'єкта дослідження, оскільки дозволяє прослідкувати його внутрішні процеси і взаємодії. Серед переваг моделювання на ЕОМ також і повторюваність, адже легко досягти необхідних умов для проведення експерименту, а для того щоб його провести, необхідно лише запустити програму. Можна отримати будь-який сигнал та дослідити, як він буде змінюватись залежно від того чи іншого впливу як на весь об'єкт дослідження, так і на окремі елементи, що входять до його складу. Також за допомогою моделювання за власним бажанням можна враховувати або ні випадкові процеси, які протікають в моделі. Програмне моделювання дозволяє виконувати дослідження небезпечних та дорогих експериментів, оскільки об'єкт є суто віртуальним і не являє собою будь-якої загрози та не потребує жодних витрат на виробництво. У розробника усі елементи для створення програмної моделі в наявності відразу з початкового моменту, що також відноситься до основних переваг комп'ютерного моделювання, оскільки не залежить ні від якості та швидкості постачання матеріалів, ні від їх вартості.

Тому, скориставшись перевагами комп'ютерного моделювання та створивши модель АЛС, є можливість вивчати, досліджувати та визначати поведінку схеми під час нормального режиму експлуатації та при дії завад. Окрім цього, на прикладі створеної моделі є доцільним розроблення і застосування різних схемних рішень для зменшення впливу завад на функціональну здатність АЛС [2].

Методика

Використана еквівалентна схема заміщення фільтра частотою 50 Гц. Використовуючи інструменти програмного середовища MATLAB + Simulink побудована комп'ютерна модель вхідних пристроїв системи автоматичної локомотивної сигналізації неперервного типу з числовим кодуванням (АЛСН). Запропоновано використання моделі генератора коду, яка продукує всі типи кодових сигналів «З», «Ж», «КЖ».

Результати

Досліджено роботу комп'ютерної моделі вхідних пристроїв АЛСН з частотою сигнального струму 50 Гц. Сигнал на виході моделі свідчить про адекватність роботи побудованої системи в програмному середовищі MATLAB + Simulink.

Наукова новизна та практична значимість

Розроблено комп'ютерну модель вхідних пристроїв АЛСН з частотою сигнального струму 50 Гц. Наведені результати комп'ютерного моделювання на виході фільтра при подачі на вхід всіх видів кодових комбінацій.

Використовуючи розроблену математичну модель роботи АЛСН, є можливість вивчати, досліджувати та визначати поведінку схеми під час нормального режиму експлуатації та при дії завад. А також в середовищі MATLAB + Simulink можна розробляти і застосовувати різні схемні рішення для зменшення впливу завад на функціональну здатність АЛС.

Структура та пристрої системи АЛСН числового коду з частотою сигнального струму 50 Гц. Усі пристрої, які входять до складу АЛСН, можна поділити на колійні (ті, що передають кодовий сигнал) та локомотивні (ті, що сприймають кодовий сигнал). Колійні пристрої знаходяться в релейній шафі, яка розташована біля колійного світлофора. До складу колійних пристроїв входять кодовий колійний трансмітер (ТРМ) та трансформатор (Тр) [1, 5]. Трансмітер перетворює сигнальні показання колійного світлофора у відповідну комбінацію числового імпульсного коду, який складається з певної кількості імпульсів та пауз різної тривалості (рис. 1).

У склад локомотивних пристроїв АЛС входять приймальні котушки (ПК), фільтр (Ф), локомотивний підсилювач (УС) з імпульсним реле (ІР), дешифратор (Д), електропневматичний клапан автостопа (ЭПК), локомотивний світлофор (ЛС), локомотивний швидкостемір (ЗСЛ), рукоятка (кнопка) пильності (РБ), кнопка (ВК) для запалювання на локомотивному світлофорі білого вогню замість червоного, а також тумблер (перемикач) ДЗ для зміни інтервалу часу періодичної перевірки пильності машиніста [10].

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

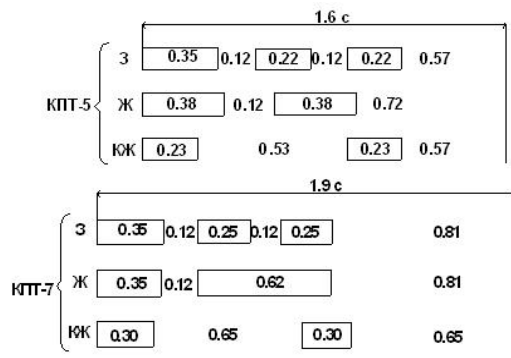


Рис. 1. Числовий код АЛСН

Fig. 1. ALSN numeric code

Колійними пристроями АЛС кодовий струм по одній з рейкових ниток посиляється назустріч локомотиву, замикається через його першу колісну пару і по другій рейковій нитці повертається до джерела живлення. Протікання в рейках імпульсів змінного струму супроводжується утворенням навколо рейок змінного магнітного поля, в якому переміщуються приймальні котушки локомотива, які підвішені перед першою колісною парою з кожного боку по дві [4]. Висота установки приймальних котушок над рівнем головки рейки складає 150–220 мм. Силові лінії магнітного поля, перетинаючи витки ПК, наводять у них змінну е.р.с., величина якої залежить від величини кодового струму в рейках і висоти встановлення котушок. Так, при висоті ПК над рівнем головки рейки 150 мм і кодовому струмі в рейках 10 А величина е.р.с. становить приблизно 0,65–0,75 В. Для додавання е.р.с. обох котушок вони включаються послідовно [9]. Мінімальний кодовий струм, який може сприйматися приймальними котушками, для різних видів тяги і роду струму становить від 1,2 до 2,0 А [6].

Наведена в ПК е.р.с. через фільтр (Ф), надходить у локомотивний підсилювач (УС).

Імпульсне реле (ІР) на виході підсилювача є повторювачем коду, посиляючи його в дешифратор (Д) як зашифроване показання сигналу. Дешифратор містить низку реле, які об'єднані в кілька блоків (рис. 2).

Блок лічильника (БС) – реле-лічильники, які забезпечують підрахунок кількості імпульсів і інтервалів між ними.

Блок фіксації коду (БФК) – сигнальні реле «З», «Ж», «КЖ», які створюють відповідні кола живлення сигнальних ламп локомотивного світлофора.

Блок відповідності (БКС) – забезпечує контроль (порівняння, відповідність) прийнятого коду і стан сигнальних реле БФК. Блок відповідності періодично через 5–6 с підключає сигнальні реле до реле-лічильників для того, щоб на локомотивному світлофорі загорівся потрібний вогонь. Таким чином, зміна вогнів локомотивного світлофора відбувається з запізненням на 5–6 с. Цей час відповідає прийому трьох серій кодових імпульсів.

Блок контролю швидкості – містить реле контролю швидкості (РКС), що взаємодіє з локомотивним швидкостеміром.

Блок пильності (ББ) – здійснює контроль пильності машиніста. При зміні вогню локомотивного світлофора, наприклад із зеленого на жовтий, розривається електричний ланцюг живлення котушки ЕПК і з'являється звуковий сигнал, який звучить протягом 7–8 с [7]. До закінчення цього часу машиніст повинен натиснути рукоятку (кнопку) пильності (РБ) і тим самим відновити ланцюг живлення котушки ЕПК і припинити звучання свистка.

Визначення системи АЛС в якості об'єкта діагностування. Для передачі повідомлень від колійних пристроїв до локомотивних використовується лінія індуктивного зв'язку, що є сукупністю індуктивно зв'язаних контурів, в якій один контур є лінією, довжина якої перевищує довжину хвилі струму в ній. Лінія індуктивного зв'язку широко використовується для обміну інформацією між колійними і локомотивними пристроями в системах автоматичної локомотивної сигналізації. В цьому випадку вона складається з двопровідної рейкової лінії і зв'язаної з нею локомотивної індукційної котушки (рис. 2) [3].

У свою чергу локомотивний приймач сигналів системи АЛС числового коду містить фільтр, підсилювач сигналів, амплітудний детектор, з виходу якого кодові комбінації у вигляді послідовностей імпульсів постійного струму надходять на вхід декодера. Декодер відповідно до прийнятої кодової комбінації відтворює сигнал на одному з виходів, що означає прийом повідомлення того чи іншого змісту. За допомогою таких сигналів здійснюється управління гальмівною системою поїзда і пристроєм індикації та сигналізації машиніста, до яких відносяться локомотивний світлофор і пристрій звукової попереджувальної сигналізації [12].

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

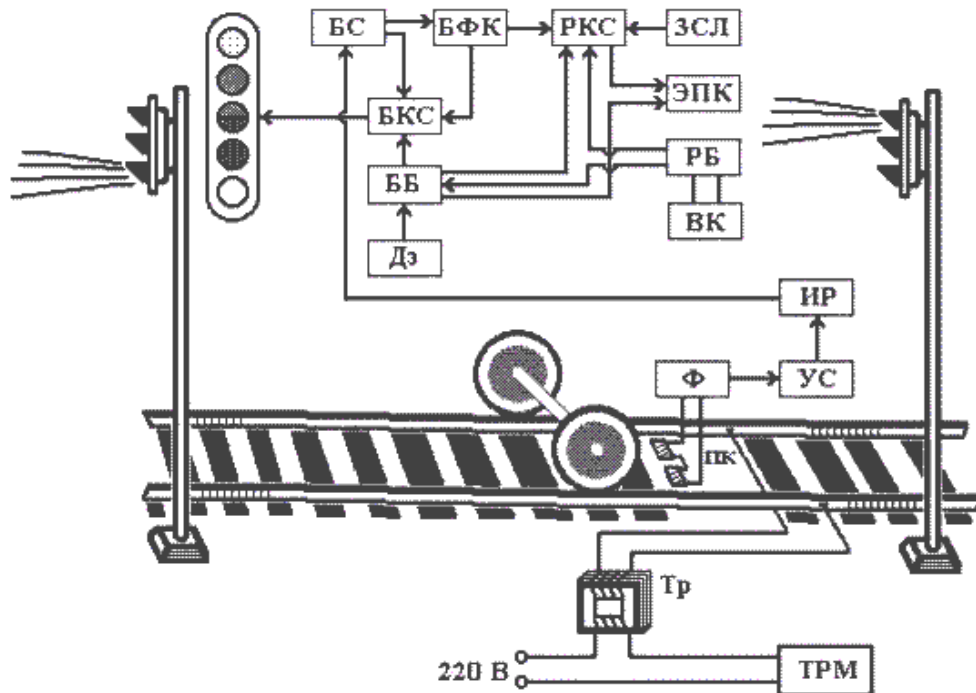


Рис. 2. Структурна схема АЛСН

Fig. 2. ALSN block diagram

Сигнальний струм подається від передавального пристрою до поїзда по одній рейці, протікає через замикаючу рейки між собою колісну пару і повертається по передавальному пристрою по іншій рейці. При цьому рейки і колісна пара утворюють рамку зі струмом, магнітне поле якої вловлюється підвишеними над рейками перед першою колісною парою приймальними котушками [17].

Побудова математичної моделі вхідних пристроїв системи автоматичної локомотивної сигналізації неперервної дії (АЛСН) у середовищі *MATLAB + Simulink*. Для розуміння процесів, що відбуваються в системі АЛСН, та побудови математичної моделі скористаємося найбільш наочним та простим для сприйняття варіантом наведення схеми фільтра частотою 50 Гц (рис. 3) [14].

Перший контур включає індуктивність двох приймальних котушок, а також індуктивність зв'язку $L1$, утворену вхідним ланцюгом трансформатора $Tr1$ і конденсатором $C1$. Добротність цього контуру дорівнює 3–4. Також до нього входить E джерело сигналів АЛСН. Другий контур складено іншою обмоткою транс-

форматора з індуктивністю $L2$ та конденсатором $C2$ (ці елементи фільтра розміщені в блоці підсилювача). Добротність цього контуру дорівнює 10.

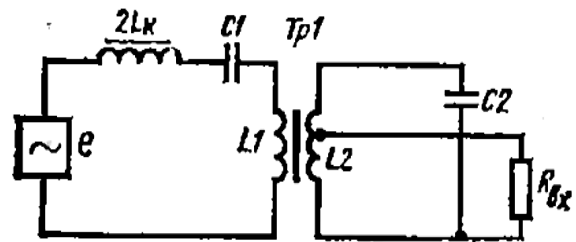


Рис. 3. Схема фільтра частотою 50 Гц

Fig. 3. Filter circuit 50 Hz

Від частини обмотки трансформатора $Tr1$ прийнятий сигнал подається в перший каскад підсилювача з навантаженням. Завдяки індуктивному зв'язку і налаштуванню контурів в резонанс вони створюють фільтр, який пропускає з невеликим затуханням лише певну смугу частот, тобто є сукупністю, що мають фільтруючі властивості. Такий фільтр електрично еквівалентний двом послідовно з'єднаним контурам: послідовному з елементів першого контуру

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

(приймальних котушок і конденсатора C1) і паралельного контуру з індуктивним опором зв'язку і конденсатором C2. Подібна система з контурів має дві частоти послідовного і одну паралельного резонансу.

Фільтр має смугу пропускання приблизно 14 Гц і пригнічує перешкоди з частотою нижче 10 Гц, індуктовані в результаті коливань приймальних котушок у магнітному полі тягового струму під час руху локомотива, а також в результаті впливу гармонік з частотою 100 Гц і вище, наявних в контактній мережі.

Побудована математична модель складається з таких блоків (рис. 4):

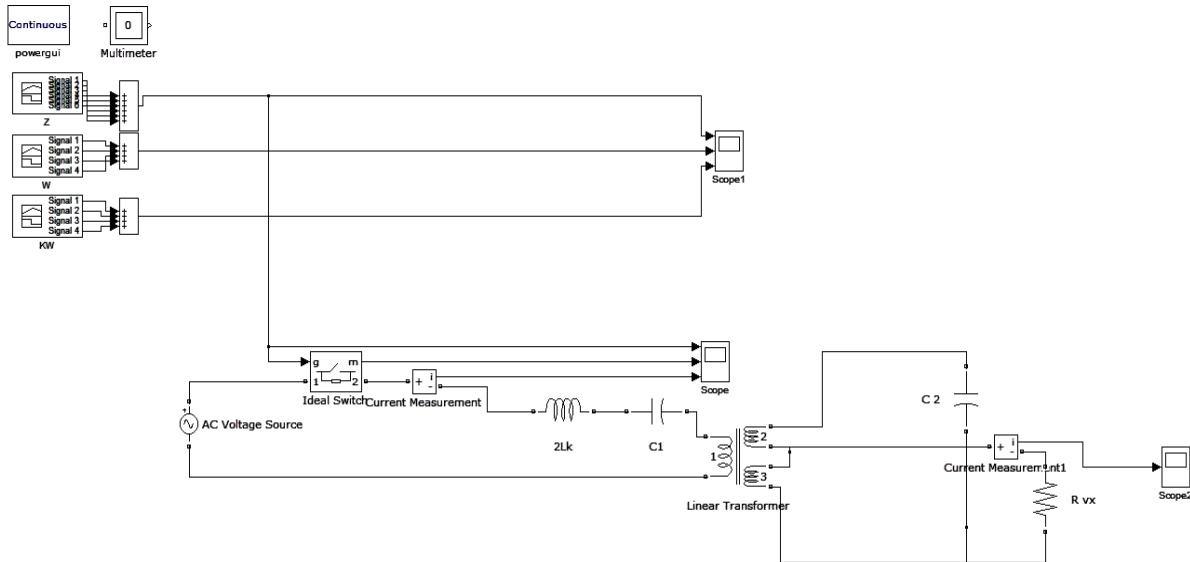


Рис. 4. Математична модель вхідних пристроїв АЛСН

Fig. 4. Mathematical model of ALSN input devices

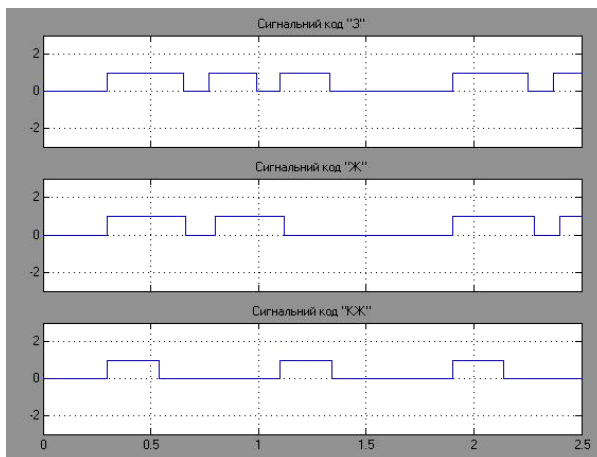


Рис. 5. Кодові сигнали «З», «Ж», «КЖ»

Fig. 5. "Z", "W", "KW" code signals

Z – генератор коду «З»; W – генератор коду «Ж»; KW – генератор коду «КЖ», параметри кожного з цих генераторів, створюють комбінації інтервалів та імпульсів певної тривалості, що точно відображають комбінації відповідних кодових сигналів (рис. 5); Scope – осцилограф; AC Voltage Source – джерело змінної напруги; Ideal Switch – перемикач; Current Measurement – вимірювач струму; 2Lk – індуктивність двох приймальних котушок; C1, C2 – конденсатори; Linear Transformer – трансформатор; R vx – навантаження підсилювача.

За чинними технічними умовами приймальна котушка характеризується такими електричними параметрами: активний опір змінному струму з частотою 50 Гц більше 650 Ом, індуктивність $7,1 \pm 0,35$ Гн, добротність 3,5. У разі підвищення на висоті 150 мм, струмі в рейках 10 А частотою 50 Гц в катушці наводиться е.р.с. відповідно не менше 0,75 В.

Дві послідовно з'єднані приймальні котушки на частоті 50 Гц повинні мати добротність 3,5–4,0 і індуктивність 14,0 Гн; е.р.с., що наводиться в розімкнутих і відключених від пульта котушках, при струмі в ланці 10 А повинна складати 1,3 В.

Трансформатор фільтра і його конденсатори входять в конструкцію самого підсилювача

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

(тип УК25/50М). Первинна обмотка I (820 витків) входить разом з конденсатором С1 (типу МБГП, 0,75 мкФ \pm 5%, 200 В) в контур приймальних котушок. Вторинна обмотка II (1 700 витків з відводами від 60, 75, 90 і 105-го витків) має додаткову секціоновану обмотку III (161 виток з відводами від 92 і 115-го витків), за допомогою якої другий контур з конденсатором С2 (ємністю 4 мкФ \pm 5% , 200 в) налаштовується в резонанс на частоту 50 Гц. Магнітопровід трансформатора має фіксований повітряний зазор 0,9 мм для стабілізації індуктивності його обмоток.

Результати моделювання

При подачі на вході коду «З» на виході фільтра маємо:

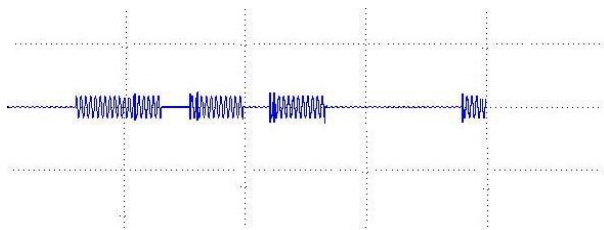


Рис. 6. Кодовий сигнал «З» на виході фільтра

Fig. 6. Code signal "Z" on the filter output

При подачі на вході коду «Ж» на виході фільтра маємо:

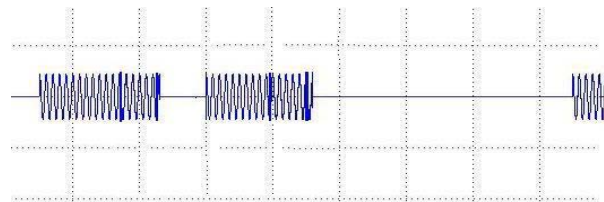


Рис. 7. Кодовий сигнал «Ж» на виході фільтра

Fig. 7. Code signal "W" on the filter output

При подачі на вході коду «КЖ» на виході фільтра маємо:

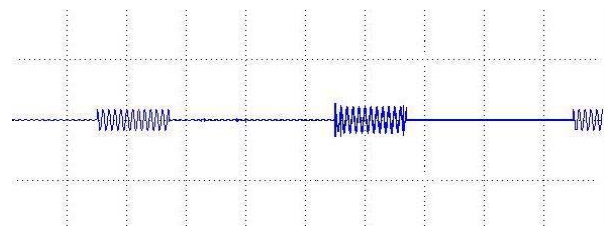


Рис. 8. Кодовий сигнал «КЖ» на виході фільтра

Fig. 8. "KW" code signal on filter exit

Для порівняння наведемо приклад зображення ідеальних кодових сигналів, виміряних вагоном-лабораторією:

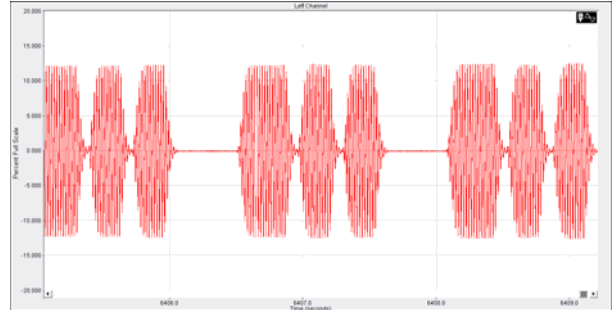


Рис. 9. Кодовий сигнал «З»

Fig. 9. "Z" code signal

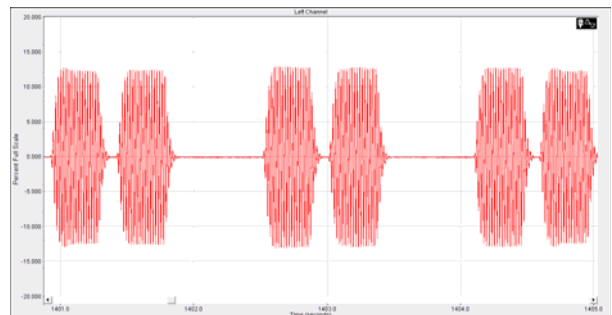


Рис. 10. Кодовий сигнал «Ж»

Fig. 10. "W" code signal

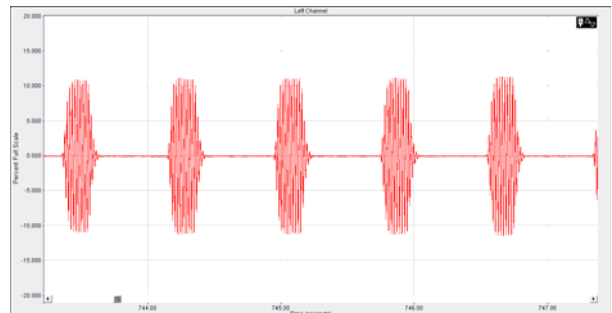


Рис. 11. Кодовий сигнал «КЖ»

Fig. 11. "KW" code signal

Висновки

Проаналізовано структуру та функціонування пристроїв системи АЛСН числового коду з частотою сигнального струму 50 Гц. На основі аналізу розроблена комп'ютерна модель вхідних пристроїв приймача АЛСН. Порівнюючи рисунки 6–8 і 9–11, можна побачити, що результати моделювання співпадають з експериментом, що є основою узагальнення. Тобто

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

розроблена комп'ютерна модель вхідних пристроїв приймача АЛСН є адекватною. І стає можливим експериментальне вивчення роботи АЛСН в умовах виникнення завад та спотворення кодового сигналу в математичному середовищі MATLAB + Simulink. Що, в свою чергу, забезпечує реальним можливість моделювання щодо їх ймовірних складних ситуацій та розробки способів виявлення, попередження та захисту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматическая локомотивная сигнализация [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: http://pomogala.ru/tormoza/tormoza_39.html. – Назва з екрана.
2. Балуев, Н. Н. Развитие средств ЖАТ. Стратегия и тактика / Н. Н. Балуев // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 8. – С. 2.
3. Бушуев, В. И. Явление феррорезонанса в фазочувствительных рельсовых цепях частотой 50 Гц / В. И. Бушуев, С. В. Бушуев // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – № 3. – С. 31–32.
4. Гончаров, К. В. Исследование переходных процессов в тональных рельсовых цепях / К. В. Гончаров // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. – 2013. – № 4 (46). – С. 7–17.
5. Гончаров, К. В. Синтез цифрового локомотивного приемника автоматической локомотивной сигнализации / К. В. Гончаров // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. – 2013. – № 1 (43). – С. 30–38.
6. Горенбейн, Е. В. Сбои кодов АЛСН и их учет / Е. В. Горенбейн, С. В. Лукоянов, В. В. Вологжанин // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 7. – С. 18–22.
7. Григорьев, В. Л. Оптимизация электропроводности рельсового стыка при пропуске тяжеловесных поездов / В. Л. Григорьев, А. В. Котельников // Автоматика, связь, информатика. – 2005. – № 8. – С. 13–16.
8. Киякина, Т. Е. Причины сбоев в работе автоматической локомотивной сигнализации, методы решения проблем / Т. Е. Киякина, Д. И. Селиверов // Технические науки в России и за рубежом (12.11.2012) : материалы II междунар. науч. конф. – М. : Буки-Веди, 2012. – С. 47–49.
9. Леушин, В. Б. Анализ причин сбоев в системе АЛСН / В. Б. Леушин, К. Э. Блачев, Р. Р. Юсупов // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 4. – С. 20–25.
10. Лукоянов, С. В. Сбои кодов АЛСН на скоростном участке стало меньше / С. В. Лукоянов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 9. – С. 22–25.
11. Лукоянов, С. В. Сбои кодов АЛСН на скоростном участке стало меньше / С. В. Лукоянов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 11. – С. 34–36.
12. Найвельт, Г. С. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры : справочник / Г. С. Найвельт. – М. : Радио и Связь, 1986. – 576 с.
13. Причины сбоев в работе устройств АЛСН [Электронный ресурс] // Безопасное управление поездом. Характеристики опытных машинистов и их обучение. – 2013. – Режим доступа: <http://poezdpr.ru/prichiny-sboev-v-rabote-ustrojstv-alsn/>. – Назва з екрана.
14. Путевая блокировка и авторегулировка : учеб. для вузов / Н. Ф. Котляренко, А. В. Шишляков, Ю. В. Соболев и др. ; под ред. Н. Ф. Котляренко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1983. – 408 с.
15. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира / под ред. Грегора Теега, Сергея Власенко. – М. : Интекст, 2010. – 488 с.
16. Шаманов, В. И. Асимметрия тяговых токов под катушками АЛС / В. И. Шаманов, Ю. А. Трофимов // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 11. – С. 37–39.
17. Швердин, И. Н. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛС / И. Н. Швердин, В. И. Шаманов // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – № 8. – С. 24–29.
18. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Вл. В. Сапожников, И. М. Кокурин, В. А. Кононов и др. ; под ред. проф. Вл. В. Сапожникова. – М. : Маршрут, 2006. – 247 с.
19. Gavrilyuk, V. I. Telemetric system for the control of signal parameters of rail circuits / V. I. Gavrilyuk, T. N. Serdyuk // Transport systems telematics : II Intern. Conf. – Poland : Katowice-Ustron, 2002. – P. 185–190.
20. Gavrilyuk V. Computer simulation of electromagnetic interference from railway electric power system harmonics / V. Gavrilyuk, A. Zavgorodnyj // Arch. of transport system telematics. – 2009. – Vol. 2, № 1. – P. 33–37.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

О. А. ГОЛОЛОВОВА^{1*}

^{1*}Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, эл. почта gololobova_oksana@i.ua

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Цель. Исследовать работу системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛС), выявить влияние внешних факторов на работу устройств и качество полученной кодовой информации из рельсовой цепи, а также обеспечить возможность моделирования сложных ситуаций, которые имеют вероятность появления в процессе эксплуатации. **Методика.** Для достижения этой цели рассмотрены основные помехи в работе АЛС и причины их появления, изучен принцип построения системы. Предложена математическая модель входных устройств системы автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа с числовым кодированием (АЛСН), разработанная с учетом всех типов кодовых сигналов: «З», «Ж», «КЖ» и эквивалентной схемы замещения фильтра частотой 50 Гц. **Результаты.** Изучена работа АЛСН с частотой сигнального тока 50 Гц. Разработана и предложена адекватная математическая модель входных устройств АЛСН с частотой сигнального тока 50 Гц. **Научная новизна.** Разработана компьютерная модель входных устройств системы АЛСН в среде MATLAB + Simulink. Приведены результаты компьютерного моделирования на выходе фильтра при подаче на вход всех видов кодовых комбинаций. **Практическая значимость.** Используя разработанную математическую модель работы АЛСН, есть возможность изучать, исследовать и определять поведение схемы во время нормального режима эксплуатации и во время действия помех. Также есть возможность в среде моделирования MATLAB + Simulink разрабатывать и применять разные схемные решения для уменьшения влияния помех на функциональную способность АЛС и моделировать появление вероятных сложных ситуаций.

Ключевые слова: входные устройства; система автоматической локомотивной сигнализации; математические модели; АЛС; помехи; сбой; отказ; напольные устройства; локомотивные устройства

О. О. GOLOLOBOVA^{1*}

^{1*}Dep. «Automation, Telemechanics and Communications», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail gololobova_oksana@i.ua

MATHEMATICAL MODELING OF THE UNPUT DEVICES IN AUTOMATIC LOCOMOTIVE SIGNALING SYSTEM

Purpose. To examine the operation of the automatic locomotive signaling system (ALS), to find out the influence of external factors on the devices operation and the quality of the code information derived from track circuit information, as well as to enable modeling of failure occurrences that may appear during operation. **Methodology.** To achieve this purpose, the main obstacles in ALS operation and the reasons for their occurrence were considered and the system structure principle was researched. The mathematical model for input equipment of the continuous automatic locomotive signaling system (ALS) with the number coding was developed. It was designed taking into account all the types of code signals “R”, “Y”, “RY” and equivalent scheme of replacing the filter with a frequency of 50 Hz. **Findings.** The operation of ALSN with a signal current frequency of 50 Hz was examined. The adequate mathematical model of input equipment of ALS with a frequency of 50 Hz was developed. **Originality.** The computer model of input equipment of ALS system in the environment of MATLAB + Simulink was developed. The results of the computer modeling on the outlet of the filter during delivering every type of code combination were given in the article. **Practical value.** With the use of developed mathematical model of ALS system operation we have an opportunity to study, research and determine behavior of the circuit during the normal operation mode and failure occurrences. Also, there is a possibility to develop and apply different scheme decisions in modeling environment MATLAB + Simulink for reducing the influence of obstacles on the functional capability of ALS and to model the occurrence of possible difficulties.

Keywords: input devices; automatic locomotive signaling; mathematical models; ALC; disturbances; failure; breakdown; floor facilities; locomotive devices

REFERENCES

1. *Avtomaticheskaya lokomotivnaya signalizatsiya* (Automatic locomotive signaling), 2010. Available at: http://pomogala.ru/tormoza/tormoza_39.html (Accessed 20 November 2013).
2. Baluyev N.N. Razvitiye sredstv ZhAT. Strategiya i taktika [Evolution of the RAT. Strategy and Tactics]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, Communication, Computer Science*, 2012, no. 8, p. 2.
3. Bushuyev V.I., Bushueyv S.V. Yavleniye ferrezonansa v fazochuvstvitelnykh relsovykh tsepyakh chastotoy 50 Gts [Ferroresonance phenomenon in phase-sensitive rail circuits, frequency 50 Hz]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, Communication, Computer Science*, 2004, no. 3, pp. 31-32.
4. Goncharov K.V. Issledovaniye perekhodnykh protsessov v tonalnykh relsovykh tsepyakh [Investigation of transient processes in tonal track circuits]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2013, no. 4 (46), pp 7-17.
5. Goncharov K.V. Sintez tsifrovogo lokomotivnogo priyemnika avtomaticheskoy lokomotivnoy signalizatsii [Synthesis of digital locomotive receiver of automatic locomotive signaling]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2013, no. 1 (43), pp. 30-38.
6. Gorenbeyn Ye.V., Lukoyanov S.V., Vologzhanin V.V. Sboi kodov ALSN i ikh uchets [Failure of ALS codes and their accounting]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, Communication, Computer Science*, 2012, no. 7, pp. 18-22.
7. Grigoryev V.L., Kotelnikov A.V. Optimizatsiya elektroprovodnosti relsovogo styka pri propuske tyazhelovesnykh poyezdov [Conductivity optimization of rail joint during heavy-tonnage trains handling]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, Communication, Computer Science*, 2005, no. 8, pp. 13-16.
8. Kiyakina T.Ye., D.I. Seliverov. Prichiny sboev v rabote avtomaticheskoy lokomotivnoy signalizatsii, metody resheniya problem [Causes of failures in automatic locomotive signaling problems, solving techniques]. *Materialy II mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Tekhnicheskkiye nauki v Rossii i za rubezhom»* [Proc. of the 2nd Int. Sci. and Practical Conf. «Engineering science in Russia and abroad»]. Moscow, 2012, pp. 47-49.
9. Leushin V.B., Blachev K.E., Yusupov R.R. Analiz prichin sboev v sisteme ALSN [Failures causes analysis in ALS system]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, Communication, Computer Science*, 2013, no. 4, pp. 20-25.
10. Lukoyanov S.V. Sboev kodov ALSN na skorostnom uchastke stalo menshe [ALS code failures on speed section have decreased]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, Communication, Computer Science*, 2011, no. 9, pp. 22-25.
11. Lukoyanov S.V. Sboev kodov ALSN na skorostnom uchastke stalo menshe [ALSN code failures on speed section have decreased]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, Communication, Computer Science*, 2011, no. 11, pp. 34-36.
12. Nayvelt G.S. *Istochniki elektropitaniya radioelektronnoy apparatury* [Power supplies of electronic equipment]. Moscow, Radio i Svyaz Publ., 1986, 576 p.
13. Prichiny sboev v rabote ustroystv ALSN (Failure causes of ALS devices operation). Bezopasnoye upravleniye poyezdom. Kharakteristiki opytnykh mashinistov i ikh obucheniye – Safe train control. Characteristics of experienced drivers and their training, 2013. Available at: <http://poezdupr.ru/prichiny-sboev-v-rabote-ustrojstv-alsn/> (Accessed 20 November 2013).
14. Kotlyarenko N.F., Shishlyakov A.V., Sobolev Yu.V., Skrypin I.Z., Shishlyakov V.A. *Putevaya blokirovka i avtoregulirovka* [Block signalling and automatic train control]. Moscow, Transport Publ., 1983. 408 p.
15. Teeg Gregora, Vlasenko S. *Sistemy avtomatiki i telemekhaniki na zheleznykh dorogakh mira* [Systems of automatics and telemechanics on railways of the world]. Moscow, Intekst Publ., 2010. 488 p.
16. Shamanov V.I., Trofimov Yu.A. Assimetriya tyagovykh tokov pod katushkami ALS [Asymmetry of traction currents under ALS coils]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, Communication, Computer Science*, 2008, no. 11, pp. 37-39.
17. Sheverdin I.N., Shamanov V.I. Vliyaniye tyazhelovesnykh poyezdov na relsovyye tsepi i ALS [Heavy trains effect on track circuits and ALS]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, Communication, Computer Science*, 2004, no. 8, pp. 24-29.
18. Sapozhnikov V.I., Kokurin I.M., Kononov V.A., Lykov A.A., Nikitin A.B. *Ekspluatatsionnyye osnovy avtomatiki i telemekhaniki* [Operational bases of automation and telemechanics]. Moscow, Marshrut Publ., 2006. 247 p.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

19. Gavrilyuk V.I., Serdyuk T.N. Telemetric system for the control of signal parameters of rail circuits. II Int. Conf. «Transport systems telematics». Katowice, Katowice-Ustron Publ., 2002, pp.185-190.
20. Gavrilyuk V., Zavgorodnyj A. Computer simulation of electromagnetic interference from railway electric power system harmonics. *Archives of transport system telematics*, 2009, vol. 2, no. 1, pp. 33-37.

Стаття рекомендована до публікації д.физ.-мат.н., проф. В. І. Гаврилюком (Україна); д.физ.-мат.н., проф. О. В. Коваленком (Україна)

Надійшла до редколегії 07.02.2014

Прийнята до друку 24.03.2014