

4. Король О.Г. Обеспечение безопасности в Интернет-платежных системах / О.Г. Король, О.В. Толстолуцкая // Проблемы информатики и моделирования: междунар. науч.-техн. конф., 26-28 ноября 2008 г. : тезисы докл. – Х.: НТУ «ХПИ», 2008. – с.56.

5. Самбурська Т.Ю. Аналіз методів хешування інформації для забезпечення цілісності й автентичності в комп'ютерних системах і мережа./ Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми науки і освіти молоді: теорія, практика, сучасні рішення» 16 квітня 2009 р. Зб. наук. статей «Управління розвитком». ХНЕУ. № 4 – Х.: 2009. – С. 73 – 77.

УДК 656.216 : 656.259

Кошевий С.В., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)

Кошевий М.С., аспірант (УкрДАЗТ)

ЗАГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ В ЛОКОМОТИВНИХ ПРИЙМАЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ АЛСН

Вступ. Процес передачі сигнальної інформації з використанням індуктивного каналу зв'язку між колійними пристроями та рухомим складом автоматичної локомотивної сигналізації числового коду (АЛСН) практично завжди підвладний помилкам внаслідок завад, що вносяться фізичними умовами, при яких протікає цей процес. Виникаючі внаслідок різних причин, як природних, так і штучних, ці завади завжди обмежують досягнути точність передачі та прийому, справляючи негативний вплив на безпеку руху поїздів. Внаслідок цього залишається актуальною задача подальшого удосконалення методів та засобів прийому числових кодів системи АЛСН в умовах постійно зростаючої енергонасиченості всієї інфраструктури залізничного транспорту.

Постановка проблеми. Локомотивні САР, що використовують індуктивний канал зв'язку між колійними і локомотивними пристроями АЛСН і широко експлуатуються в модернізованому вигляді на залізницях України дотепер, уперше були випробувані і стали впроваджуватися на мережі залізниць колишнього СРСР з 1933 р. [1]

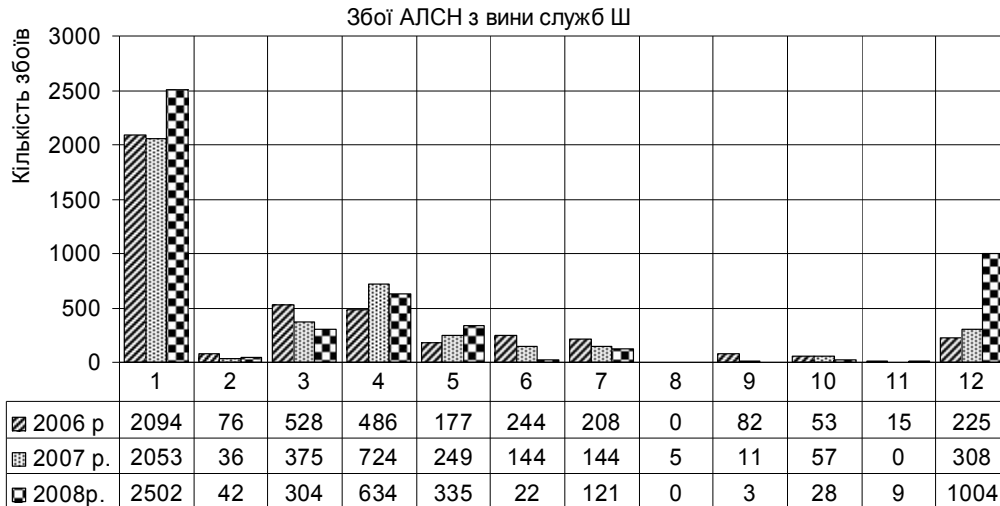
Унаслідок підвищення швидкості руху поїздів на магістральних лініях залізниць експлуатовані на таких лініях пристрої АЛСН не зможуть забезпечити вимоги надійності роботи і безпеки руху поїздів. Причиною цьому, а також і загальними недоліками, є:

- застаріла елементна база й обмежені функціональні можливості колійних та локомотивних складових системи САР;
- використання для передачі на локомотив сигнальної інформації у вигляді числового коду через рейкові кола (РК), які знаходяться під впливом електромагнітних завад різного походження, кліматичних, механічних та інших дестабілізуючих чинників (наприклад, забруднення верхньої будови колії, що збільшує електричну провідність баласту);
- низькі інформативність (обмежений обсяг) та швидкість передачі сигнальної інформації на локомотив по індуктивному каналі зв'язку;
- часова інерційність локомотивних пристроїв (5,5 с – час сповільнення на знеструмлення реле відповідності С);
- значні електричні потужності, що споживаються РК, для забезпечення нормального функціонування пристроїв АЛСН;
- висока на теперішній час вартість устаткування й значні експлуатаційні витрати на утримання релейно-контактної апаратури і РК.

Аналіз досліджень та публікацій, основні передумови розробки.
Відмови апаратних засобів систем ЗА, що експлуатуються на мережі залізниць, обумовлені головним чином прихованими дефектами виробництва, порушенням технології будівельно-монтажних робіт, помилками проектувальників і технічного персоналу, тобто практично на всіх етапах «життєвого циклу» систем (статистичні дані, що наведено нижче, взято із звітів «Аналіз експлуатаційної роботи галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку» які щорічно готує ЦШ Укрзалізниця).

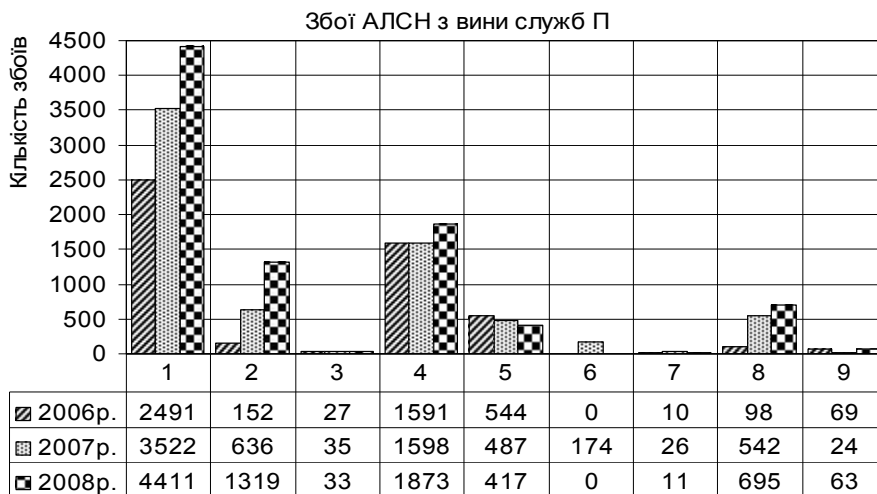
Основна причина відмов локомотивних пристроїв АЛСН – зношеність апаратури, дешифраторів ДКСВ-1, підсилювачів УК-25/50, УК-25/50 М, фільтрів ФЛ-25/75 М, які працюють понад встановлений термін експлуатації.

Кількість короточасних порушень (збоїв) в роботі АЛСН, що повторювались (три збої за три доби на одному і тому ж місці) з причини нестійкої роботи колійних пристроїв АЛС, в цілому по залізницях України за останні роки має тенденцію зростання (приблизно на одну тисячу збоїв на рік). Найбільшу кількість – 50 % від загальної кількості збоїв, допущено з вини служб колійного господарства (П) (див. наведені нижче гістограми кількості короточасних порушень (збоїв) роботи АЛСН за 2006 – 2008 рр. та їх розподілу між господарствами Ш, П, Е).



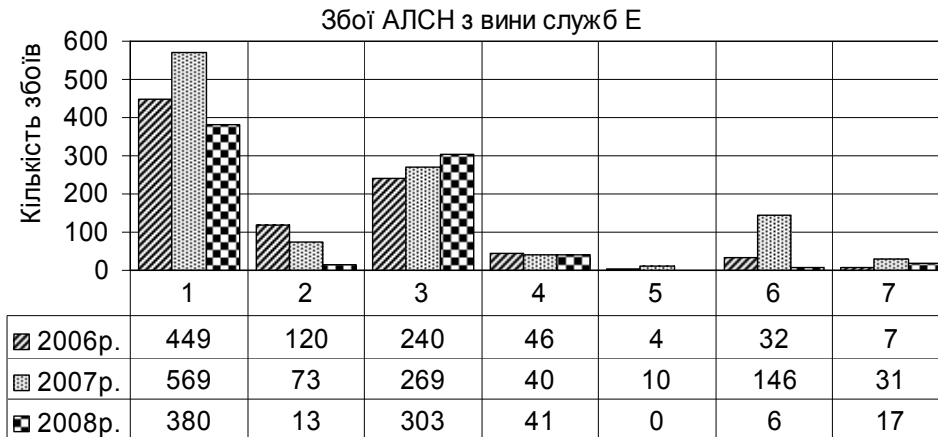
Причини збоїв

- | | |
|--|---|
| 1 – загалом по службам Ш; | 7 – несправність, або відсутність рейкових з'єднувачів на станціях; |
| 2 – короткі стрілочні секції; | 8 – несправність гарнітур; |
| 3 – несправність приладів кодування; | 9 – вплив ЛЕП; |
| 4 – спотворення часових параметрів коду; | 10 – несправність кабелю; |
| 5 – занижений струм кодування; | 11 – розкрадання; |
| 6 – порушення в схемах кодування ; | 12 – інші несправності. |



Причини збоїв

- | | |
|---|---|
| 1 – загалом по службам П; | 5 – пробій ізоляції стиків, стяжних смуг; |
| 2 – намагніченість рейок; | 6 – завищена провідність баласту; |
| 3 – втрата контакту в стиках із графітовим мастилом; | 7 – несправність залізобетонних шпал; |
| 4 – несправність, або відсутність з'єднувачів на перегонах; | 8 – рейки укладені поряд з залізничними коліями, або усередині них; |
| | 9 – інші несправності. |



Причини збоїв

- | | |
|---|---|
| <p>1 – загалом по службам Е;</p> <p>2 – виключення електроенергії;</p> <p>3 – нестабільне електроживлення;</p> <p>4 – несправність іскрових проміжків;</p> <p>З вини інших служб і організацій – 232.
Причина не встановлена – 103.</p> | <p>5 – несправність заземлення контактних опор;</p> <p>6 – асиметрія тягового струму з причини неправильного заземлення споруд;</p> <p>7 – інші несправності.</p> |
|---|---|

Розвиток технічних і технологічних засобів, удосконалювання елементної бази дозволяють ставити й вирішувати завдання створення апаратури ЗА нового покоління на основі цифрової обробки сигналів.

Подальший розвиток інфраструктури може йти у двох напрямках. Перший полягає в максимально повному використанні наявного технічного ресурсу залізниць при підвищенні ролі організаційного фактора. Це дозволить вчасно й у повному обсязі одержувати матеріали по роботі технічних засобів, мати вичерпну картину по збоях, що відбуваються, і відмовам (аж до конкретного елементу ЗА), проводити автоматизований збір і обробку інформації.

Як другий напрямок, необхідно на основі наявного досвіду експлуатації й аналізу потреб мережі залізниць, проводити поетапне впровадження науково-технічних досягнень. Це дозволить поступово сформувати новий рівень роботи пристроїв ЗА з підвищеними завадозахищеністю й ступеню безпеки руху.

Ціль роботи. Аналіз результатів експлуатаційної роботи пристроїв АЛСН дозволяють сформулювати чотири групи завдань, рішення яких дозволить підвищити надійність їх функціонування.

- організаційні, покликані впорядкувати процес обслуговування

пристроїв АЛСН і чітко його регламентувати.

– нормативні, які, поряд з організаційними, дозволять експлуатаційному штату застосовувати стандартні процедури обслуговування, підсилять контроль за технічним станом пристроїв АЛСН, дадуть можливість більш точно й вчасно відслідковувати відмови, збої, відхилення параметрів у цих пристроях.

– технічні, спрямовані на вдосконалювання якості функціонування системи АЛСН на основі затверджених та нових розроблювальних технічних рішень.

– інноваційні, що забезпечують при необхідності функціонування пристроїв АЛСН на основі нових методів обробки та декодування сигнальної інформації, у цілому розширяють функціональні можливості систем САР.

На вирішення задачі вдосконалення якості функціонування локомотивних пристроїв АЛСН за рахунок додаткової обробки сигнальної інформації спрямована дана робота.

Загальні властивості завадозахищеності тракту прийому сигнальної інформації локомотивними пристроями АЛСН. Складові тракту прийому та попередньої обробки сигналів числового коду – локомотивний фільтр (ФЛ), до складу якого входять приймальні котушки (ПК), підсилювач (УК), відіграють важливу роль в загальному показнику завадозахищеності приймальних пристроїв АЛСН на локомотиві.

ПК мають електричні параметри, що регламентовані технічними умовами і, на нашу думку, на даний момент при їхньому використанні в існуючій системі АЛСН зміни електричних параметрів та модернізації конструкції не потребують.

ПК при прийомі інформаційних сигналів знаходяться ще й під сторонніми електромагнітними впливами з більш високими й більш низькими частотами, ніж частота інформаційних сигналів АЛСН [2, 3]. У зв'язку з цим необхідно відокремлення інформаційних сигналів АЛСН від завад, для чого використовують електричний фільтр. Смуга пропускання локомотивного фільтру на рівні 0,7 відносно центральної частоти 25 Гц складає 10...14 Гц, а відносно центральної частоти 75 Гц – 20...25 Гц. Подавляючи й відсіюючи широкий спектр завад, фільтр в процесі виділення інформаційного сигналу є дуже важливою ланкою в приймальних пристроях АЛСН. Адже в межах залізничних колій існує велика кількість джерел та приймачів електричної енергії значної потужності з широким спектром робочих частот [4], а смуга пропускання фільтра є достатньо широкою. В результаті цього на виході фільтра

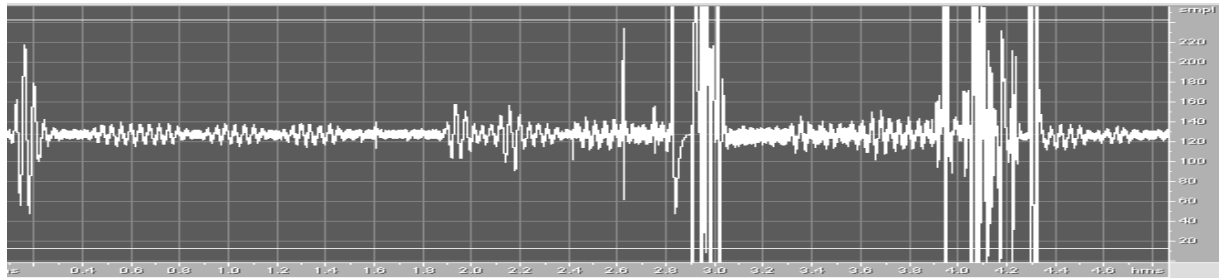
виявляються сигнали завад, щільність розподілення частотного спектру яких охоплює діапазон настроювання локомотивного фільтру. Попередньо можна припустити, що для зниження енергії завад на вході локомотивного підсилювача смугу пропускання фільтра відносно центральної частоти, по можливості, необхідно звузити, зберігаючи при цьому добротність фільтра достатньо високою.

Кодування РК для системи АЛСН побудовано таким чином, що рівень сигнального струму на вхідному кінці РК може бути менше рівня на його живлячому кінці до 10 – 15 разів. Це обумовлюється довжиною РК та залежністю її первинних параметрів від координати спостереження і місця накладання шунта (першої колісної пари локомотива). Узгодженість між рівнем інформаційного сигналу, що змінюється в процесі руху поїзда по рейковій лінії (РЛ), і коефіцієнтом підсилення локомотивного приймача з метою стабілізації часових параметрів складових числового коду повинен забезпечувати каскад автоматичного регулювання підсилення (АРП), що входить до складу приймача і включений між другим та третім каскадами підсилення. Також за допомогою АРП повинні знижуватися викиди імпульсних завад. Ефективність АРП характеризується таким параметром, як час відновлення t_e [5].

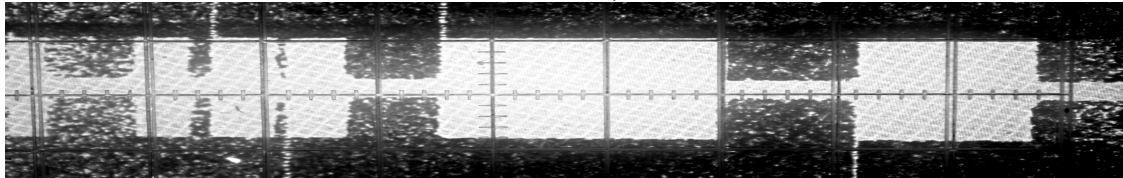
При переході з більшого рівня сигналу на менший на виході підсилювача спостерігається зона нечутливості, що обумовлена накопиченням заряду в конденсаторах схеми АРП. Накопичення заряду приводить до зміни чутливості підсилювача (зниження його коефіцієнта підсилення практично до нуля при потужних імпульсних завадах).

Експериментальні дослідження сигналів АЛСН показують, що при стрибкоподібному зменшенні рівня вхідного сигналу відбувається знеструмлення реле ІР на виході локомотивного дешифратора. Час замикання тилового контакту реле ІР і обумовлює ефективність схеми АРП. При занадто ефективному АРП у випадку малого рівня інформаційного сигналу і потужній заваді збільшується імовірність дроблення сигналу.

Значне зниження коефіцієнта підсилення приймача від дії АРП на час відновлення чутливості приводить до затримки появи, а також і зникненню на виході ІР імпульсів числового коду. Як видно з рисунку 1, спрацювання ІР після дії потужних імпульсних завад відбувається із затримкою у часі, не зважаючи на те, що за імпульсною завадою слідує поточний імпульс числового коду з нормованою величиною його амплітуди (рівень сигналів на епюрі – в Дб).



а)



б)

Рисунок 1 - Сигнали числового коду 3 на фоні потужних імпульсних завад:
а) на виході ФЛ; б) на вході дешифратора (вхід запам'ятовуючого осцилографа підключено до контакту IP)

Таким чином, локомотивний підсилювач не має достатньої ефективності у випадку, коли послідовності числового коду спотворюються імпульсними завадами значно вищою за амплітудою рівня, ніж корисний сигнал. У цьому випадку час відновлення t_v каскаду АРП перебиває частку кодового циклу, в якій обов'язково присутні корисні сигнали числового коду, які на виході підсилювача не спостерігаються. Так на рисунку 1 протягом приблизно 0,6 с після закінчення дії потужної імпульсної завади реле IP на виході підсилювача залишається знеструмленим, не зважаючи на наявність у цьому проміжку часу на вході підсилювача корисних сигналів нормативного рівня. Застарілий принцип реалізації АРП, побудований на використанні інерційних діодно-конденсаторних кіл, вимагає удосконалення, а корисний сигнал, перед тим як надійти на вхід дешифратора, потребує додаткової обробки.

Дослідження методів додаткової обробки інформаційних сигналів в локомотивних приймальних пристроях АЛСН. В системі АЛСН числового коду в умовах знаходження поїзда на перегоні у межах блок-ділянок в інтервалі між вибірковими значеннями часу сигнал $u(t)$ на вході локомотивних пристроїв є постійним (мається на увазі кодування ділянки відповідним кодом або відсутність кодів):

$$u(t) = u_k, \quad kT \leq t < (k + 1)T.$$

Тому визначення значення вихідного сигналу $y(t)$ в вибіркові моменти часу дозволяє перейти від інтегрування до підсумування, що чисто з практичних міркувань значно спрощує аналіз системи. Навіть якщо вхідний сигнал $u(t)$ не є кусочно-постійним, можна його вважати прийнятною апроксимацією при умові, що зміни у вибіркового інтервалі не занадто великі. Якщо вважати, що T дорівнює 1 (вибір початку відліку є несуттєвим), і використовуючи для нумерації дискретних моментів індекс t , отримаємо

$$y(t) = \sum_{k=1}^{\infty} g(k)u(t-k), \quad t=0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

де $g(k)$ – імпульсна реакція (вагова функція) системи.

Припустимо для початку, що на вхід системи, що описується вираженням (1), поступає гармонічний сигнал (одиничний) (у залежності від роду тягового струму найбільш використовувані частоти сигнального струму 25 або 50 Гц, а сам сигнал має відповідну числовому коду часову маніпуляцію)

$$u(t) = \text{Cos} \omega t, \quad (2)$$

який в комплексній формі матиме вигляд $u(t) = \text{Re} e^{j\omega t}$.

Відповідно вихідний сигнал можна записати як

$$\begin{aligned} y(t) &= \sum_{k=1}^{\infty} g(k) \text{Re} e^{j\omega(t-k)} = \text{Re} \sum_{k=1}^{\infty} g(k) e^{j\omega(t-k)} = \text{Re} \left\{ e^{j\omega t} \sum_{k=1}^{\infty} g(k) e^{-j\omega k} \right\} = \\ &= \text{Re} \left\{ e^{j\omega t} G(e^{j\omega}) \right\} = |G(e^{j\omega})| \text{Cos}(\omega t + \varphi), \end{aligned} \quad (3)$$

де $G(e^{j\omega})$ – передаточна функція від вхідного сигналу $u(t)$ до вихідного сигналу $y(t)$, $\varphi = \arg G(e^{j\omega})$ – фазовий зсув між $u(t)$ та $y(t)$.

Відповідно до (3) можна зробити висновок перший: вихідний сигнал $y(t)$, який визначається вираженням (2), також є косинусоїдальним тієї ж частоти, амплітуда якого підсилена у $|G(e^{j\omega})|$ разів, а фазовий зсув становить $\arg G(e^{j\omega})$ радіан.

В вираженні (3) передбачається, що вхідний сигнал $u(t)$ є косинусоїдою у будь якому далекому минулому. Числові коди АЛСН мають відповідну кількість імпульсів та інтервалів, тобто якщо $u(t) = 0$ при $t < 0$, то в вираженні (3) з'являється додатковий член $-\operatorname{Re}\left\{e^{j\omega t} \sum_{k=1}^{\infty} g(k)e^{-j\omega k}\right\}$, що мажорується величиною $\sum_{k=t}^{\infty} |g(k)|$. Таким чином, висновок другий: вхідний сигнал $u(t)$ має характер перехідного процесу (як вільна складова, $y_e(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$) при умові, що передаточна функція системи стійка (позначимо її як $G(q)$).

В реальних умовах на сигнальну інформацію впливає значна кількість мультиплікативних та адитивних завад різного походження [//], як неконтрольованих зовнішніх збурень, що негативно впливають на роботу системи АЛСН. Висновок третій: незалежно від джерела та характеру завад вплив їх на вихідний сигнал $y(t)$ може бути зведено до адитивної компоненти $v(t)$ у вихідному сигналі (1):

$$y(t) = \sum_{k=1}^{\infty} g(k)u(t-k) + v(t) . \quad (4)$$

Для системи АЛСН з індуктивним каналом зв'язку між колійними та локомотивними пристроями найбільш типовою є ситуація, коли дія завад виявляється лише по тому сукупному ефекту, який породжує дії завад у вихідному сигналі. Значення завад завчасно невідомо – амплітуда, тривалість, спектральний склад, адитивність (розподілення) енергії за частотними складовими.

При розгляді кінцевих послідовностей значень вхідного сигналу $u(t)$ ($t=1, 2, \dots, N$) може бути визначена функція

$$U_N(\omega) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N u(t)e^{-j\omega t} ,$$

послідовність значень якої у точках $\omega = \frac{2\pi k}{N}$ ($k=1, 2, \dots, N$) є відомим дискретним перетворенням Фур'є (ДПФ) послідовності u_1^N . Сигнал $u(t)$

при цьому може бути представлений через зворотне ДПФ з використанням вираження:

$$u(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=1}^N U_N \left(\frac{2\pi k}{N} \right) e^{\frac{j2\pi kt}{N}} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=-\frac{N}{2}+1}^{\frac{N}{2}} U_N \left(\frac{2\pi k}{N} \right) e^{\frac{j2\pi kt}{N}}. \quad (5)$$

Вираження (5) є справедливим, оскільки $U_N(\omega)$ має період 2π : $U_N(\omega + 2\pi) = U_N(\omega)$, періодична і $e^{j\omega t}$.

Сигнал на вході приймальних пристроїв $u(t)$ може бути представленим у вигляді лінійної комбінації N експонент $e^{j\omega t}$ різних частот ω , а число $U_N\left(\frac{2\pi k}{N}\right)$ характеризує вагу компоненти з частотою

$\omega = \frac{2\pi k}{N}$ у розкладанні вхідного сигналу $\{u(t)\}_{t=1}^N$. Квадрат модуля

цього числа $\left| U_N\left(\frac{2\pi k}{N}\right) \right|^2$ є мірою енергетичного внеску відповідної частотної компоненти у сумарну «дію сигналу». Ще одним свідченням вірності ствердження про адитивність енергії вхідного сигналу $u(t)$ за різними частотними складовими є рівність Парсеваля [6]:

$$\sum_{k=1}^N \left| U_N\left(\frac{2\pi k}{N}\right) \right|^2 = \sum_{t=1}^N u^2(t).$$

Наведене вище дозволяє сформулювати висновок четвертий: до вираження (4) може бути здійснено гармонічний аналіз за допомогою прямого ДПФ і фільтрацію за допомогою зворотного ДПФ в залежності від часу. Сенс перетворень полягає у виділенні відповідної вузької частини спектру сигналу (у межах носійної частоти сигнального струму) з послабленням (відсіюванням) інших складових, у наслідок чого загальна енергія завади значно зменшується.

З урахуванням наведених вище даних (див. рис. 2) щодо інерційності відновлення роботи локомотивного підсилювача (при імпульсних завадах значної амплітуди на його вході) впливає висновок п'ятий: з метою зниження загальної енергії імпульсних завад та підвищення швидкодії

АРП використовуваного локомотивного приймача УК-25/50 необхідно з виходу локомотивного фільтра обмежити амплітуду імпульсних завад на вході підсилювача принаймні на рівні значень наведеної ЕРС від дії сигнального струму. Для реалізації такої функції повинно визначатися усереднене діюче значення напруги сигнального струму на виході локомотивного фільтра.

Оскільки обмеження імпульсних завад значного рівня буде приводити до різкого зростання вищих гармонічних складових (до 10 %), а меандр має у складі близько 30 % непарних гармонік (обмеження амплітуди сигналів значного рівня до рівня заданого порогу перетворить їх форму до вигляду, подібного меандру), впливає *висновок шостий*: на вході локомотивного підсилювача після обмежувача рівня вхідного сигналу необхідно здійснити фільтрацію сигналу у вузькій смузі частот з центральною частотою, що дорівнює частоті сигнального струму.

Висновки. Розглянуті вище характеристики сигналів числового коду, що надходять від колійних пристроїв кодування до вхідних локомотивних пристроїв та методи їх додаткової обробки повинні бути враховані та використані при розроблянні удосконаленої структури приймальних пристроїв АЛСН на локомотиві. Це дозволить підвищити достовірності декодування локомотивним дешифратором сигнальної інформації, спотвореної завадами.

Список літератури

1. Бойник А.Б., Кошевой С.В., Панченко С.В., Сотник В.А. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах: Учебное пособие. – Харьков: УкрГАЗТ, 2005. – 256 с.
2. Леушин В.В. Аналитические исследования помех в каналах АЛС при экстремальных условиях. – Тр. МИИТ, 1980, вып. 68, стр. 56 – 60.
3. Лисенков В.М. Теория автоматических систем интервального регулирования. – М.: Транспорт, 1987. – 150с.
4. Кошевий С.В., Кошевий М.С., Бабаєв М.М. Електромагнітне середовище вздовж дільниці залізниці і його вплив на роботу автоматичної локомотивної сигналізації. //Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4 (72). – С. 13 – 18.
5. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка // Брылеев А.М., Поупе О., Дмитриев В.С., Кравцов Ю.А., Степенский Б.М./ – М.: Транспорт. 1981. – 319 с.
6. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ./Под ред. Я.З. Ципкина.– М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991.–432 с.