

удосконалило методи їх симуляції програмно-апаратними засобами із забезпеченням необхідного рівня точності та достовірності.

Література

1. Побудова короткострокового прогнозу розвитку агропромислового виробництва (АПВ) з використанням методики Бокса-Дженкінса / А.С. Музиченко, А.В. Невзоров, С.В. Журило, О.Д. Рибак // Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. – 2009. – Вип. 71. – Ч. 2. – С. 99–107.
2. Анисимов В.Н. Об эффективности модели ARIMA при прогнозировании экономических процессов / В.Н. Анисимов, К.Л. Соломахо // Известия Челябинского научного центра. – 2009. – № 2. – С. 44–48.
3. Крючин О.В. Прогнозирование временных рядов с помощью искусственных нейронных сетей и регрессионных моделей на примере прогнозирования котировок валютных пар / О.В. Крючин, А.С. Козадаев, В.П. Дудаков // Электронный научный журнал «Исследовано в России». – 2010. – С. 354–362.
4. Алексеев І.В. Система підтримки прийняття управлінських рішень як складова механізму адаптації машинобудівних підприємств в середовищі невизначеності / Т.О. Смірнова, А.І. Хоменко // Науковий журнал: Вісник Хмельницького національного університету. – Серія «Економічні науки». – Хмельницький : ХНУ. – 2010. – № 5. – Т.1. – С. 47–51.
5. Евсеев А.П. Экстраполяция (прогнозирование) пространственно-временных рядов на основе спектральных представлений / Д.А. Евсеев, В.В. Баданов // Вестник ННГУ, серия «Радиофизика». – 2004. – Вып. 1(2). – С. 249–255.
6. Горкуненко А.Б. Математичне моделювання економічних циклічних процесів для їх автоматизованого аналізу та прогнозу / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко, А.М. Луцків // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 3. – С. 269–275.
7. Горкуненко А.Б. Математичне моделювання та статистичний сумісний аналіз взаємопов'язаних економічних циклічних процесів / А.Б. Горкуненко, А.М. Луцків, С.А. Лупенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 1. – С. 137–143.
8. Імітаційне моделювання взаємопов'язаних економічних циклічних процесів на основі вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко, Н.Р. Дем'янчук, Я.В. Литвиненко // Електроніка та системи управління. – 2011. – № 2. – С. 133–141.
9. А.с. № 38822 Україна. Комп'ютерна програма «Статистичний обробка економічних циклічних процесів» (СОЕЦП) / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко, Я.В. Литвиненко ; заявл. 12.04.11 ; опубл. 24.06.2011.
10. А.с. №38823 Україна. Комп'ютерна програма «Моделювання циклічних економічних процесів» (МЦЕП) / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко, Я.В. Литвиненко ; заявл. 12.04.11 ; опубл. 24.06.2011.

Надійшла 11.12.2011 р.

Рецензент: д.т.н. Лупенко С.А.

УДК 621.391.1

Р.В. СОРОКАТИЙ, В.Р. ЛЮБЧИК, О.А. ПЕСКОВ
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

В статті розглянуто можливість задіяння вільного частотного ресурсу 155-156 МГц для використання у асинхронно адресній системі передачі інформації. Це дозволить забезпечити автоматизований зв'язок на відстані до 10 км із 142-а рухомими об'єктами.

The paper presents the possibility of involvement of free frequency resources 155-156 MHz for use in asynchronous address communication system. This will provide automatic connection of up to 10 km with 142 moving objects.

Ключові слова: залізничний транспорт, рухомий склад, ідентифікація, частотний ресурс.

Постановка проблеми. Протягом ХХ століття змінювалося безліч способів обміну інформацією. Якщо в ХІХ столітті носієм інформації був папір, а засобом передачі була поштова служба, то в ХХ столітті інформація стала передаватися набагато швидше за допомогою телеграфу, в голосовій формі обмінюватися інформацією можна по телефону, радіо і телебачення покликано інформувати людину. Не дивлячись на сучасний світовий рівень розвитку науки і техніки, в нашій країні не усі галузі життя йому відповідають. Так, зокрема, в такій державній інстанції, як залізниця до нашого часу користуються застарілими методами передачі інформації через відсутність автоматизованої системи передачі даних, яка дозволила б підвищити швидкість пересування потягів. При проходженні потяга через пасажирський або вантажний вузол, машиністу необхідно передати диспетчеру натурний лист, який містить загальні відомості про потяг: номер, індекс, маса і довжина потяга, число вісей, наявність вагонів, для яких необхідне виконання особливих умов, негабаритні вантажі, відомості про кожен вагон і вантажі, що в ньому перевозяться, розміщені в рядках відповідно до порядку вагонів у потязі (порядковий номер у складі та індивідуальний номер вагону,

дані про тип підшипників, маса вантажу, код станції призначення вагону за єдиною мережевою розміткою, особливі кодовані позначки, що характеризують перевезення, коди роду вантажу і вантажоотримувача, відомості про наявність контейнерів, пломб, в необхідних випадках – алфавітно-цифрова примітка), підсумкові дані про склад потяга за родом вагонів, а вантажених вагонів – за дорогами призначення [1]. Можна підрахувати максимальну кількість інформації, яку необхідно буде передати, якщо зарезервувати для кожного підпункту по 10 біт, а також додати надлишковість, яка необхідна для завадостійкого кодування, то отримаємо файл розміром до 1 Мбіт. Передача цієї інформації (на папері), зазвичай, проводиться під час зупинки потяга, що вповільнює роботу залізниці. Якщо у випадку пасажирських перевезень зупинка себе виправдовує (висадка\посадка пасажирів), то з вантажними перевезеннями ситуація зовсім інша – немає необхідності зупинки потяга там, де не проводиться розвантаження або відчеплення\причеплення вагонів, з іншого боку стежити за вантажем і вагонами все одно необхідно, цим і пояснюється передача натурального листа диспетчеру при проходженні потягом великого залізничного вузла. Краще довірити функцію передачі інформації, що міститься у натуральному листі техніці, і не зробити цю передачу автоматичною, адже це дозволить виключити людський фактор і прискорити роботу всієї залізниці.

В нашій країні рухомий радіозв'язок в метровому та дециметровому діапазонах організований на наступних частотах: 33–46, 140–174 і 300–360 МГц, які умовно іменують 40, 150 і 330 МГц. В цих діапазонах рівні атмосферних і промислових перешкод незначні. Ці діапазони найбільш доцільні для організації зв'язку в межах обмежених площ. Метровий і дециметровий діапазони мають велику частотну сміність, що в системі технологічного радіотелефонного зв'язку дозволяє організувати розгалужену мережу з великою кількістю самостійних каналів. Для залізничного транспорту, що працює в умовах інтенсивних перешкод, доцільне використання більш високочастотних смуг. Тому на залізничному транспорті нашої країни все види технологічного радіозв'язку організують у смузі частот 151–156 МГц. В діапазоні гектометрових хвиль радіостанція забезпечує роботу в режимі одночастотного симплексу на одній з двох частот 2,130 і 2,150 МГц. У діапазоні метрових хвиль радіостанція забезпечує роботу в режимі одно- і двочастотного симплексу на будь-якій з 171 робочих частот у діапазоні від 151,725 до 156,000 МГц з розносом частот між сусідніми каналами 25 кГц [2]. Але у цьому діапазоні не задіяна смуга в 1 МГц між 155 МГц та 156 МГц, яку можна використати для впровадження системи автоматичної передачі даних.

Аналіз досліджень та публікацій. У наш час така інстанція, як залізниці просто не могла б функціонувати без засобів зв'язку, тому, звичайно, існує спеціалізоване обладнання для передачі інформації, яке працює на відповідних потужностях та у частотних діапазонах, які виділені у державі для залізниці, що забезпечує зв'язок між машиністами локомотивів та диспетчерами. Але ці системи працюють в аналогових каналах і в ручному режимі, а для передачі натурального маршрутного листа необхідно використовувати цифрові методи передачі інформації, а також відповідне обладнання, що буде працювати в автоматичному режимі. Для залізниці в Україні поки немає розробок подібних систем.

Постановка задачі: провести загальний аналіз методів багатоканальної передачі інформації та визначити метод, на основі якого можна побудувати систему автоматизованої передачі даних, для обміну інформацією про натурні листи між потягами та станціями на залізниці.

Всі системи передачі інформації по радіоканалу можна розділити на аналогові та цифрові системи зв'язку. При передачі інформації за аналоговим каналом дані передаються в безперервній формі, тобто у вигляді безперервного ряду значень якої-небудь фізичної величини. Аналоговий канал характеризується частотною смугою пропускання, динамічним діапазоном і часом розповсюдження. При передачі за дискретним (цифровим) каналом, інформація, що передається, представляється у вигляді дискретних (цифрових, імпульсних) сигналів тієї чи іншої фізичної природи. Ці канали характеризуються швидкістю передачі в бітах за секунду, інколи – в бодах.

Так як зв'язок необхідно встановлювати з великою кількістю потягів, які необхідно розрізняти між собою, то нам необхідно розглянути багатоканальні системи з ущільненням каналів. В наш час відома велика кількість таких методів, що наведено нижче.

Багатоканальна СПП, в якій кожному джерелу повідомлень відводиться для передавання окремих діапазон частот, називається СПП з частотним розділенням каналів (ЧРК). В системах з частотним розділенням каналів найчастіше на першому ступені модуляції використовується односмугова амплітудна модуляція (ОМ), а на другому ступені – частотна модуляція (ЧМ). Коротко така система називається ЧРК-ЧМ. Таке поєднання модуляції забезпечує економію смуги частот на першому ступені модуляції і високу завадозахищеність на другому ступені модуляції. Причому на другому ступені модуляції використовується модуляція з великими індексами модуляції, що утворює широкосмуговий спектр модульованого сигналу. Завадозахищеність зростає пропорційно квадрату індексу модуляції (b^2).

В системах з ЧРК частотні спектри окремих каналів переносяться у відведені їм смуги частот за допомогою каналних модуляторів, на які подаються спільно з інформаційним сигналом піднесучі коливання, частота яких відповідає номеру каналу. За допомогою фільтрів, узгоджених з однією з бічних смуг АМ сигналу, виділяється односмуговий каналний сигнал [3].

Як ми бачимо, для використання даного методу ущільнення необхідна досить широка смуга частот, а ми маємо смугу шириною 1 МГц, якої буде недостатньо для забезпечення зв'язку для нашої системи, адже кожному потягу необхідно буде виділити канал, а кількість потягів, які проходять через вузли досить велика.

Системою передачі інформації з часовим (таймовим) розділенням каналів (ТРК) називають таку систему, в якій каналні сигнали $S_{ki}(t)$ не перекриваються в часі. Всі параметри, що визначають форму каналного сигналу, можуть використовуватися в цьому випадку для передавання інформації, якщо при модуляції цих параметрів зберігається ортогональність сигналів. На рис. 1 показаний принцип утворення таких каналних сигналів.

В даному випадку імпульси одного каналного сигналу, наприклад, $S_{kj}(t)$ (незаштриховані), передаються поміж імпульсами другого каналного сигналу – $S_{ki}(t)$ (заштриховані). Амплітуди імпульсів кожного каналного сигналу змінюються протягом їх тривалості t_0 пропорційно амплітуді повідомлення, що передається. Щоб організувати багатоканальну систему з ТРК, необхідно повідомлення, що надходять від різноманітних джерел інформації, перетворити в імпульсні сигнали і після цього передавати їх по чергово по лінії зв'язку. Іншими словами, при часовому розділенні каналів лінія зв'язку надається по чергово повідомлень. Частота підключення обирається так, щоб для всіх можливих реалізацій повідомлень $r(t)$ в кожному каналі дотримуватися умови теореми В.О. Котельникова (теореми відліків Шеннона) [3].

В даному методі ущільнення для нашої смуги в 1 МГц можна забезпечити передачу інформації з більшої кількості потягів, але час на зв'язок буде досить малим і система може не встигати передавати всю необхідну інформацію (1 Мбіт) за той проміжок часу, що буде виділятися кожному потягу, крім того необхідно виділяти додатковий канал для передачі сигналів синхронізації.

Розглянемо цифрові системи ущільнення каналів. Велика їх кількість базується на аналогових методах, що розглянуті вище. Це системи часового та частотного розділення каналів з імпульсно-кодовою модуляцією, тому вони не підходять для розв'язання поставленої задачі.

Існують й інші системи, наприклад, системи з ущільненням за формою. При ущільненні тракту зв'язку має бути виконана умова, щоб каналні сигнали були ортогональними, тобто незалежними. Раніше були розглянуті системи з ортогональними каналними сигналами за часом або частотою. Але також є можливість отримати ортогональні каналні сигнали при перекритті і в часі, і за спектром за рахунок особливої форми піднесучих сигналів. Наприклад, поліноми Чебишева, функції Уолша, Хаара та інші утворюють системи ортогональних функцій. Використання як піднесучих ансамблів ортогональних функцій дозволяє створювати багатоканальні системи з розділенням каналів за формою. Головним чинником при виборі ансамблю ортогональних сигналів є простота технічної реалізації апаратури ущільнення і розділення каналів. Функції Уолша і Хаара знайшли практичне застосування в системах ущільнення каналів за формою як піднесучі [4].

Використання цього методу ущільнення дозволило б вирішити проблему автоматичної передачі даних з потяга на вузол, якщо б не необхідність чіткої синхронізації для роботи даної системи. А цього не можна досягти, через відсутність інформації про кількість потягів, що будуть передавати дані, і про час їх появи біля конкретного вузла.

Є ще одна досить сучасна цифрова багатоканальна система передачі інформації це асинхронно – адресна система з кодовим розділенням каналів. В ААСЗ не потрібна синхронізація. За абонентами не закріплюються ані частотні, ані часові інтервали. Для всіх абонентів – одна загальна смуга частот. Час використання каналу зв'язку – довільний (система з вільним доступом до лінії зв'язку). За кожним абонентом закріплюється сигнал – адреса, який має певну форму. Структура ААСЗ наведена на рис. 2.

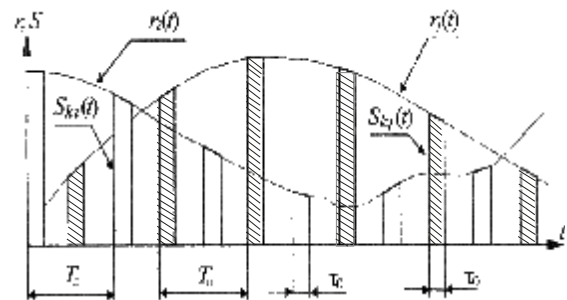


Рис. 1. Принцип часового (таймового) ущільнення каналів (сигналів)

При вільному доступі всіх абонентів до лінії зв'язку потрібен високий ступінь ортогональності сигналів (адрес). Для наближення до вимоги ортогональності для зв'язку використовуються ширококутові (шумоподібні) сигнали (ШСС).

У ШСС велика база: $B = T \cdot \Delta f \gg 1$. Чим ширше спектр сигналів, тим вужча кореляційна функція. Кореляційну функцію сигналу отримують за допомогою узгодженого фільтра. У фільтрі сигнал стискається, стає дуже вузьким за часом і вірогідність накладення сигналів дуже мала [4].

Слід зауважити, що даний метод зв'язку знайшов практичне застосування у стільникових мережах, де добре себе проявив при роботі з досить вузькими смугами частот і великою кількістю рухомих абонентів, які можуть вийти на зв'язок в будь-який момент часу. Завдяки тому, що ця система є асинхронною, і канали розділяються як за часом, так і за частотою, що дозволяє підвищити кількість абонентів, її доцільно використати для вирішення проблеми автоматичної передачі натурального листа на залізниці.

Для визначення області застосування системи автоматичної передачі даних на залізниці потрібно розрахувати дальність дії радіосистеми.

Для залізниці дальність дії радіосистеми можна зробити за допомогою графіків залежностей дальності радіозв'язку від висоти установки антен (рис. 3). Щоб скористатися цими графіками необхідно визначити напругу на виході передавача:

$$U_2' = U_{2\min} + a_1 l_1 + a_2 l_2 - G_1 - G_2 + B_k + B_\Lambda - B_i + B_m + B_r + B_R + B_h + B_{PH},$$

де $U_{2\min} = 8$ (дБ) – мінімально допустимий рівень сигналів на вході приймача, виходячи з умов електрифікації ділянки залізниці;

$a_1 = a_2 = 0,15$ (дБ/м) – коефіцієнти загасання приймального кабелю у фідері;

$l_1 = 20$ (м), $l_2 = 4$ (м) – довжина передавального и приймального фідера;

$G_1 = 5$ (дБ), $G_2 = 0,5$ (дБ) – коефіцієнти підсилення антен відповідно передавальної і приймальної;

$B_k = 8$ (дБ) – коефіцієнт, що враховує додаткове ослаблення напруженості поля контактною мережею на електрифікованих ділянках;

$B_\Lambda = 9$ (дБ) – коефіцієнт, що враховує додаткове ослаблення напруженості поля через вплив кузова;

$B_i = -1$ (дБ) – коефіцієнт, що враховує інтерференційні замирання (флуктуації) сигналів в каналах станційного радіозв'язку і залежний від прийнятої надійності каналу по полю (60%);

$B_m = 0$ (дБ) – коефіцієнт, що враховує відмінність потужності приймального передавача в системі від 12 Вт;

$B_R = -1,8$ (дБ) – коефіцієнт, що враховує відмінність вхідного опору приймача – R від 75 Ом, прийнятих за основу при розрахунках;

$B_r = 0$ (дБ) – коефіцієнт, що враховує неспівпадіння значень вхідного опору передавача радіостанції і хвильового опору фідера;

$B_h = 0$ (дБ) – коефіцієнт ослаблення поля, використовується тільки при $h_1 h_2 < 25 (m^2)$,
 $h_1 = 5, h_2 = 20$ (м) – висоти антен відповідно локомотивної і стаціонарної;

$B_{PH} = 0$ (дБ) – коефіцієнт ослаблення поля, що враховує погіршення умов передачі інформації в каналах. Підставивши дані в формулу, отримаємо:

$$U_2' = 8 + 0,15 \cdot (20 + 4) - 5 - 0,5 + 8 + 9 + 1 + 0 + 0 - 1,8 + 0 + 0 = 22,3$$

Зіставивши отримане значення з рис. 3 та добутком висот антен $100 (m^2)$, отримаємо дальність зв'язку $D = 10$ (км).

Таку відстань потяг зі швидкістю 60 км/год проїде за час 5 хв. При заданому об'ємі інформації 1 МБіт, швидкість передачі сигналів буде становити:

$$v_s = \frac{Q}{t_p} = \frac{1048576}{300} = 3495,25 \text{ (біт/с)}.$$

Тобто сигнал, що передає інформацію з одного потягу буде займати частотний діапазон до 7 кГц. Це забезпечить дуплексний обмін інформацією між базою і потягом. При обміні інформацією із декількома потягами кількість каналів дуплексного зв'язку буде дорівнювати:

$$K = \frac{1 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^3} \approx 142.$$

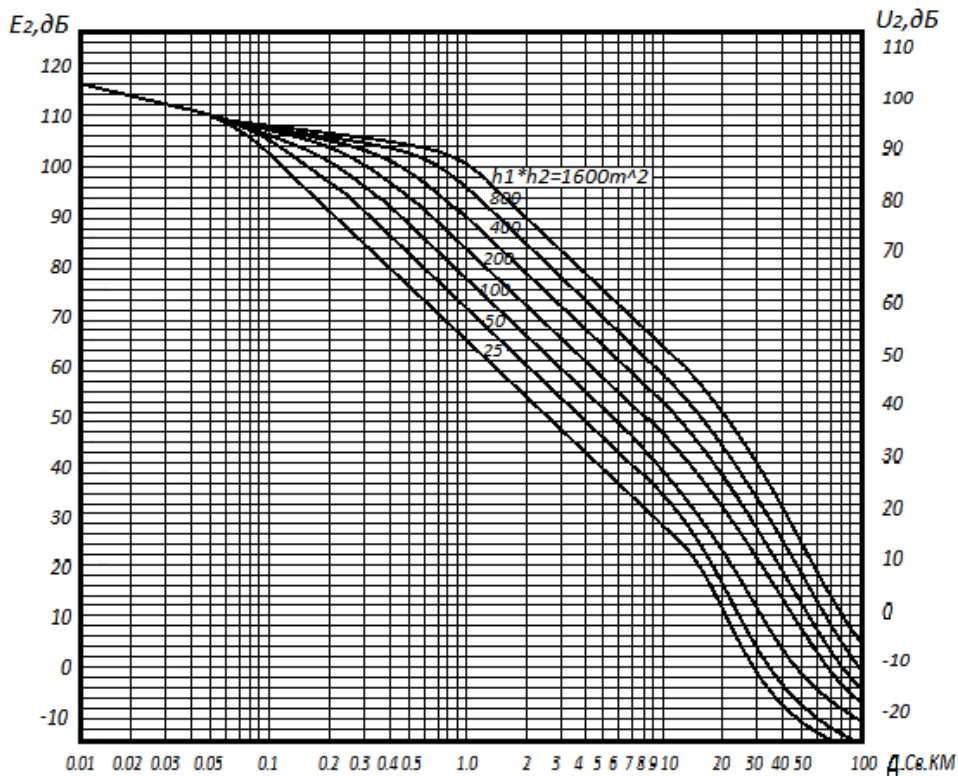


Рис. 3. Залежність дальності радіозв'язку від висоти установки антен

Висновки. В результаті проведених досліджень було встановлено, що для забезпечення автоматизованої передачі інформації про натурний лист на залізниці потрібне використання асинхронно адресної системи передачі інформації, яка дозволяє встановлювати зв'язок між нерухомою базовою станцією та рухомими об'єктами. Використання незадіяного радіочастотного ресурсу Укрзалізниці в діапазоні частот 155–156 МГц, можна використати для забезпечення автоматизованого зв'язку на відстані до 10 км із 142-а рухомими об'єктами. Але кількість потягів на залізниці, що може одночасно слідувати через станцію, є обмеженою і набагато меншою ніж кількість каналів зв'язку, яку може забезпечити смуга частот 1 МГц із заданою швидкістю передачі сигналів.

Література

- Железнодорожный справочник [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://вики.жд.рф/wiki>.
- Аналіз ремонтно-оперативного радіозв'язку на ділянці залізниці Київ-Пасажи́рський – Київ-Московський [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ipages.ru>
- Шинкарук О.М. Основи функціонування багатоканальних систем передачі інформації : [навчальний посібник для студентів] / Шинкарук О.М., Бойко Ю.М., Чесановський І.І – Хмельницький : ХНУ, 2010. – 231 с.
- Садомовский А.С. С14 Приёмо-передающие радиоустройства и системы связи : [учебное пособие для студентов] / Садомовский А.С. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 243 с.
- Рудой В.М. Системы передачи информации, 2002–2004. Электронный аналог печатного издания комбинированного распространения / Рудой В.М. – М. : МГОУ 2004. – 171 с.
- Радиосвязь на железнодорожном транспорте / под ред. П.Н. Рамлау. – М. : Транспорт, 1983. – 132 с.

Надійшла 24.11.2011 р.
Статтю представляє: д.т.н. Сорокати́й Р.В.