

УДК 512.53 : 681.3

## НОВИЙ МЕТОД АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО РАДІОМОВЛЕННЯ

Н. Ф. Казакова

## НОВЫЙ МЕТОД АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ

Н. Ф. Казакова

## A NEW METHOD OF ANALOG-TO-DIGITAL BROADCASTING

N. Kazakova

*Приводяться основні відомості стосовно нового методу аналого-цифрового радіомовлення, що включає передавання монофонічного сумарного сигналу лівого і правого каналів, пілот-тону стереопередачі, сигналу RDS, передавання різницевого сигналу, створеного з обмежених за частотою лівого та правого каналів. Для передавання цифрового сигналу додаткової стереопрограми на передавальній стороні передається інвертований на 180° цифровий сигнал.*

**Ключові слова:** аналого-цифрове мовлення, стереофонія, монофонія інверсія

*Приводятся основные сведения о новом метода аналого-цифрового радиовещания, который включает передачу монофонического суммарного сигнала левого и правого каналов, пилот-тона стереопередачи, сигнала RDS, передачи разностного сигнала, созданного с ограниченных по частоте левого и правого каналов. Для передачи цифрового сигнала дополнительной стереопрограммы на передающей стороне передается инвертированный на 180° цифровой сигнал.*

**Ключевые слова:** аналого-цифровое вещание, стереофония, монофония, инвертирование

### 1. Вступ

Якість сучасного звукового мовлення досягла досить високого рівня. Свого часу впровадження системи радіомовлення в діапазоні метрових хвиль, що використовувала частотну модуляцію (ЧМ), дозволило наблизити відтворення переданих програм до їх природного звучання. Тим не менш, така система аналогового ЧМ-мовлення далеко не повністю задовольняла вимогам, як за якістю звучання, що істотно поступалася якості сучасної побутової цифрової апаратури, так і у відношенні кількості переданих програм. Щодо діапазону дуже високих частот (ДВЧ), то в ньому висока щільність радіомовних станцій кожному конкретному регіоні створює великий рівень взаємних завад.

У численних літературних джерелах відмічається (наприклад, [1-3]), що цифрове радіомовлення стало областю, до якої в даний час залучено підвищену увагу практично у всіх промислово розвинених країнах світу: вона могла б забезпечити вирішення вище приведених проблем. Для України, як і для інших країн СНД, розвиток цифрового радіо є особливо актуальним. Це викликано тим, що воно забезпечує значне підвищення якості та кількості програм та додаткових послуг населенню. Враховуючи це, найбільш характерною рисою розвитку звукового радіомовлення на сучасному етапі стало прагнення до корінного, по суті, революційного вдосконалення технічної бази звукового радіомовлення. Це відноситься не тільки до використання сучасних технічних рішень, які дозволяють поліпшити якісні характеристики переданого сигналу, але й до розширення спектру послуг, що надаються власникам радіомовних приймачів. Кардинальним вирішенням проблеми підвищення якості звукових радіопрограм стала передача сигналу у всіх ланках мовного тракту, в тому числі і в ланці ефірної передачі, в цифровій формі. Однак, як виявилось, перехід до повністю цифрового стандарту радіомовлення найближчим часом утруднений через низку серйозних проблем, які він викликає: істотно ширшою є смуга займаних частот; існує проблема несумісності сигналів цифрового радіомовлення з існуючим парком приймальної апаратури; відсутній єдиний стандарт на систему цифрового радіомовлення та ін.

Як наслідок виявилось, що не зважаючи на вказані обмеження щодо аналогового мовлення та переваги цифрового способу, переважна більшість країн має намір продовжити використання аналогової системи стереофонічного мовлення ще принаймні протягом наступного десятиліття. Причиною цього є хороша якість стереофонічного звукового відтворення, розвинутий серійний випуск недорогих приймачів, розвинена передавальна мережа та відсутність більшості з вище приведених проблем впровадження цифрового радіомовлення. Проміжною ланкою між існуючим та перспективним парком апаратури стали пристрої передачі та прийому радіомовної інформації, що використовують аналоговий радіосигнал, але цифрові методи формування та обробки інформації, а також інші прогресивні технології, які дозволяють вести трансляцію цифрових стереопередач разом з аналоговими.

У зв'язку зі сказаним, актуальним є подальше підвищення якості стереофонічного радіомовлення у діапазоні ДВЧ з використанням нових прогресивних методів [4].

## **2. Аналіз досліджень та публікацій**

Розвиток стереофонічного радіомовлення йшов практично однаковими шляхами як в Україні, так і в країнах близького та далекого зарубіжжя. Досягнення в цій області – це результат роботи багатьох вчених та інженерів, які вирішували завдання розробки стандартів, формування та перетворення сигналів, синхронізації, побудови конкретних пристроїв та систем радіомовлення. Великий внесок у вирішення зазначених завдань внесли роботи таких вчених, як О. Виходець, В. Коваль, М. Балан, І. Горон, Л. Кононович, Ю. Ковалгін, В. Шахгільдян, С. Мішенков, А. Мкртумов, А. Пестряков, М.

Венедіктов, А. Єфімов, І. Баглар, Т. Чернишева та багато ін. З розвитку систем стереофонічного радіомовлення як аналоговими методами, так і цифровими, існує велика кількість запатентованих розробок, які тими чи іншими способами дозволяють підвищити якість та ефективність мовлення. Як показав аналіз численних джерел, найбільш близьким за технічною суттю до методу, який винесений у заголовок статті, є метод аналого-цифрового мовлення у діапазоні ДВЧ за патентом України на корисну модель [5], у якому для передавання сумарного сигналу лівого та правого каналів використовується смуга частот 0,03-15 кГц. Для передавання різницевого сигналу лівого й правого каналів використовуються смуги частот 23-38 кГц та 38-53 кГц, а для передавання цифрового сигналу додаткової програми використовують симетричні відносно подавленої частоти піднесучої смуги частот 23-30 кГц та 46-53 кГц. Пілот-тон передається на частоті 19 кГц, а сигнали RDS – на потрібній частоті пілот-тону, тобто на частоті 57 кГц. Недоліками такого способу є помітний рівень шумів у різницевому каналі стереофонічного приймача від передавання цифрового сигналу додаткової програми у смузі частот 23-30 кГц та 46-53 кГц у випадку, коли не проведена заміна смугового фільтра різницевого сигналу на фільтр з меншою смугою пропускання в схемах з амплітудним чи синхронним детектором. Вплив шумів також є істотним, якщо не впроваджена фільтрація виділеного різницевого сигналу з обмеженням його смуги до 7 кГц в будь-яких схемах детектування різницевого сигналу [6].

### **3. Формування мети за завдань**

Відповідно до сказаного, є доцільним представлення до загальної уваги нового методу сумісного аналого-цифрового мовлення у діапазоні ДВЧ [7], що включає на передавальній стороні передавання монофонічного сумарного сигналу лівого і правого каналів у смузі частот 0,03-15 кГц, пілот-тону стереопередачі з частотою 19 кГц, сигналу RDS (англ: *Radio Data System*; спеціальний управляючий сигнал) на частоті 57 кГц, для передавання різницевого сигналу, створеного з обмежених за частотою до 7 кГц лівого та правого каналів, використання балансно-модульованого сигналу з нижньою та верхньою бічними смугами у смузі частот 31-45 кГц, а для передавання цифрового сигналу додаткової програми – використання смуги частот 23-30 кГц, причому на передавальній стороні у смузі частот 46-53 кГц передається інвертований на 180° цифровий сигнал тої додаткової програми, яка передається у смузі частот 23-30 кГц.

### **4. Результати досліджень**

В основу методу, який представлений у [7] та тут обговорюється, покладено вирішення задачі зменшення взаємних шумів, які виникають у спектрі у результаті взаємних впливів його складових.

Технічним рішенням задачі, яка представляється такою, що може бути досягнута існуючими практичними методами та засобами, є те, що у смузі частот 46-53 кГц передається інвертований на 180° цифровий сигнал тої додаткової програми, яка передається у смузі частот 23-30 кГц. При цьому у

смузі частот різницевого сигналу 23-53 кГц стереофонічного приймача, крім різницевого сигналу лівого та правого каналів (A – B) у смузі частот 31-45 кГц, попадає цифровий сигнал додаткової програми у смузі частот 23-30 кГц та його інвертований на 180° цифровий сигнал у смузі частот 46-53 кГц, який буде від’ємним для сигналу у смузі частот 23-30 кГц та суттєво зменшуватиме його помітність як шуму. Суттєвою перевагою такого методу формування спектру сигналу при використанні типового стереофонічного приймача є те, що на відміну від прототипу [5] не потрібна навіть нескладна заміна смугового фільтра різницевого сигналу на фільтр з меншою смугою пропускання в схемах з амплітудним чи синхронним детектором чи впровадження фільтрації виділеного різницевого сигналу з обмеженням його смуги до 7 кГц в будь-яких схемах детектування різницевого сигналу (див. рис. 1, рис. 2).

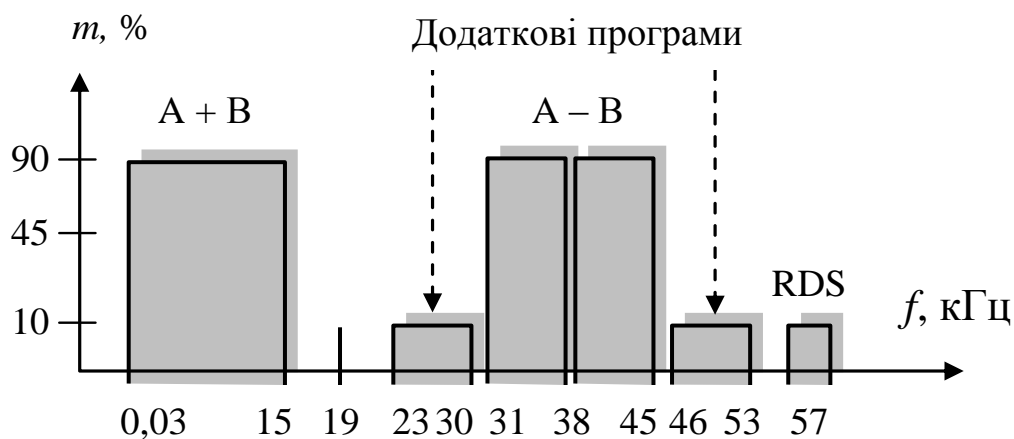


Рис. 1. Спектр складеного стереофонічного сигналу за способом аналого-цифрового мовлення у діапазоні ДВЧ

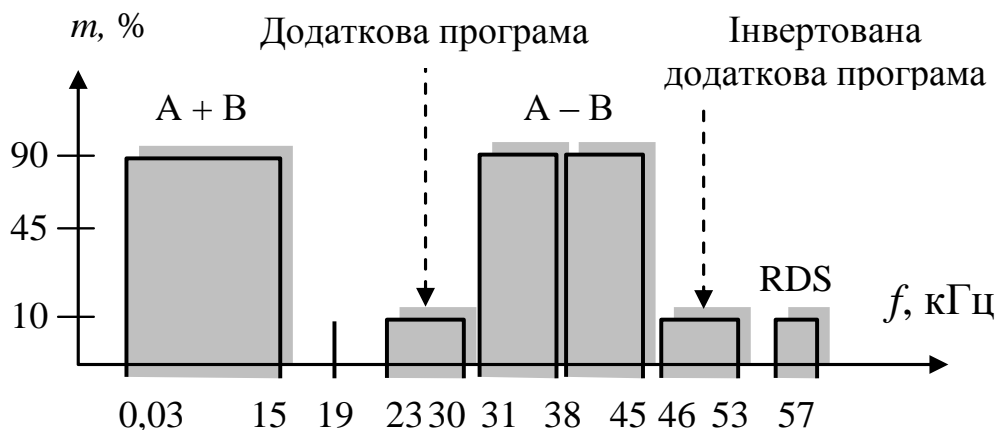


Рис. 2. Спектр складеного стереофонічного сигналу за способом сумісного аналого-цифрового мовлення у діапазоні ДВЧ

На рис. 1 приведений спектр складеного стереофонічного сигналу за способом у якому для передавання сумарного сигналу лівого та правого каналів ( $A + B$ ) використовується смуга частот 0,03-15 кГц, а для передавання різницевого сигналу ( $A - B$ ), створеного з обмежених за частотою до 7 кГц лівого та правого каналів, використовується балансно-модульований сигнал з симетричними (відносно подавленої частоти піднесучої) нижньою та верхньою бічними смугами у смузі частот 31-45 кГц. Для передавання цифрового сигналу додаткової програми використовуються симетричні (відносно подавленої частоти піднесучої) смуги частот 23-30 кГц і 46-53 кГц. Пілот-тон передається на частоті 19 кГц, а сигнали RDS – на потрібній частоті пілот-тону – 57 кГц.

На рис. 2 приведений спектр складеного стереофонічного сигналу за способом сумісного аналого-цифрового радіомовлення у діапазоні ДВЧ. Його опис приведений у першому абзаці цього пункту.

Метод, який розглядається, ніяк не впливає на погіршення існуючих розвинених сервісних можливостей стереофонічного радіомовлення. При цьому мається на увазі збереження широких експлуатаційних можливостей існуючого парку користувачьких приймачів, які відмічені у [8], тобто:

- простоту безпошукового налаштування: бажана станція може, як і в системі-прототипі, завдаватися набором літер або вибиратися з назв станцій чи радіопередач, які відображаються дисплеєм приймача;

- індикацію виду (моно/стерео), характеру (мова, класична, популярна чи рок-музика) та найменування радіостанції (наприклад, «Маяк», «Європа-плюс» і т. п.), а також програми на багатофункціональному дисплеї приймача;

- здатність приймача контролювати силу прийнятого сигналу (див. рівень сигналу на рис. 1 та 2) та використовувати цю інформацію для автоматичного перемикавання при мобільному прийомі;

- можливість програмування радіоприймача таким чином, щоб він відбирав передачі тільки певного формату, а також встановлювати індивідуальні рівні гучності та динамічний діапазон для кожної програми.

Новий метод підтримує розширені можливості DAB-радіомовлення (англ.: *Digital Audio Broadcasting – DAB*), які полегшують пошук та скорочують час налаштування: слухач може програмувати DAB-приймач для пошуку програм зазначеного формату, тобто створювати власну програму з різних каналів, об'єднуючи їх при програмуванні за бажанням точно так же, як це робиться у системі-прототипі.

## 5. Висновок

Як результат, можемо відзначити, що метод сумісного аналого-цифрового мовлення у діапазоні ДВЧ забезпечує суттєве зниження рівня шумів у тракту різницевого сигналу за рахунок передавання у смузі частот 46-53 кГц інвертованого на  $180^\circ$  цифрового сигналу тої додаткової програми, яка передається у смузі частот 23-30 кГц. Цей сигнал є від'ємним для сигналу у смузі частот 23-30 кГц і суттєво зменшуватиме його помітність як шуму. Це дозволяє використати типовий стереофонічний приймач без заміни смугового

фільтра різницевого сигналу на фільтр з меншою смугою пропускання та має велике практичне значення для впровадження нових технологій цифрового мовлення у діапазоні ДВЧ.

Впровадження пропонованого методу повністю зберігає структуру системи аналого-цифрового мовлення, яка існує на поточний час, та забезпечує більш якісні показники передавання стереофонічних програм.

## Література

1. Blair, R. *Digital Techniques in Broadcasting Transmission* : монографія / Focal Press, 2002. – 225 с.
2. Levy, D. *Regulating digital broadcasting in Europe: The limits of policy convergence* [Текст] / D. Levy // *West European Politics*. – 1997. – Том 20. – № 4. – с. 24-42
3. *Digital sound broadcasting implementation plans (United states of America)* : керівний документ / ITU. – Document 10B/51, 10-11S/114-E-12, September, 1995.
4. Виходець, О. А. Удосконалення аналого-цифрової системи синхронного стереофонічного радіомовлення [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.12.17 / О. А. Виходець ; [ОНАЗ ім. О. С. Попова]. – 2010.
5. Спосіб аналого-цифрового мовлення у діапазоні ДВЧ [Текст] : пат. 47111 Україна : МПК Н 04\*) 1/00 / Балан М. М., Іскендерзаде Ш. Г., Стрелковська І. В. ; заявник та патентообладач ОНАЗ ім. О. С. Попова ; заявл. 26.10.2009 ; опубл. 11.01.2010, бюл. № 1.
6. Kroupa, V. *Noise properties of PLL systems* [Текст] / V. Kroupa // *IEEE Trans.* – 1982. – Том «Com-30». – № 10. – С. 2244-2252.
7. Спосіб сумісного аналого-цифрового мовлення у діапазоні ДВЧ [Текст] : пат. 77288 Україна : МПК Н 04J 1/00 / Балан М. М., Дмитрієва І. Ю., Іскендерзаде Ш. Г., Казакова Н. Ф. ; заявник та патентообладач ОНАЗ ім. О. С. Попова ; заявл. 10.07.2012 ; опубл. 11.02.2013, бюл. № 2.
8. Reinhardt, V. *Randomized Digital/Analog converter Direct Digital Synthesizer* [Текст] : пат. 5.014.231\* США / V. Reinhardt, K. Gould, K. McNab ; заявник та патентообладач невідомі ; заявл. 07.05.1991 ; дата публікації невідома.
9. Hoeg, W. *Digital Audio Broadcasting: Principles and Applications of DAB, DAB + and DMB* : монографія / W. Hoeg, T. Lauterbach. – John Wiley & Sons, 2009. – 452 с.
10. Shiomi, T. *Digital Broadcasting* : монографія / T. Shiomi, M. Hatori. – IOS Press, 2000. – 285 с.

## References

1. Blair, R. *Digital Techniques in Broadcasting Transmission*. *Focal Press*, 2002, 225.
2. Levy, D. (1997). *Regulating digital broadcasting in Europe: The limits of policy convergence*. *West European Politics*, Vol. 20, Iss. 4, p.p. 24-42.

3. Digital sound broadcasting implementation plans (United states of America). *ITU, Document 10B/51, 10-11S/114-E-12*, September, 1995.
4. Vyhodec', O. A. (2010). Improving analog-digital simultaneous stereo radio. *Dissertation. Odessa National Academy of communications*.
5. Balan, M., Iskenderzade, S., Strelkovs'ka I. (2010). Method compatible analog to digital broadcasting in the range of microwave frequencies stalemate. *UA Patent, 47111*, October, 26, 2009.
6. Kroupa, V. (1982). Noise properties of PLL systems. *IEEE Trans.*, Vol. «Com-30», Iss. 10, p.p. 2244-2252.
7. Balan, M., Dmitrieva, I., Iskenderzade, S., Kazakova, N. (2013). Method compatible analog to digital broadcasting in the range of microwave frequencies stalemate. *UA Patent, 77288*, July, 10, 2012.
8. Reinhardt, V., Gould, K., McNab, K. (1991). Randomized Digital/Analog converter Direct Digital Synthesizer. *U.S. Patent, 5.014.231*, May, 7, 1991.
9. Hoeg, W., Lauterbach, T. (2009). Digital Audio Broadcasting: Principles and Applications of DAB, DAB + and DMB. *John Wiley & Sons*, 452.
10. Shiomi, T., Hatori, M. (2000). Digital Broadcasting. *IOS Press*, 285.

*До загальної уваги представляється новий метод сумісного аналого-цифрового мовлення у діапазоні дуже високих частот. Метод включає трансляцію на передавальній стороні монофонічного сумарного сигналу лівого і правого каналів у смузі частот 0,03-15 кГц, пілот-тону стереопередачі з частотою 19 кГц, сигналу Radio Data System на частоті 57 кГц. Для передавання різницевого сигналу, створеного з обмежених за частотою до 7 кГц лівого та правого каналів, використовується балансно-модульований сигнал з нижньою та верхньою бічними смугами у діапазоні частот 31-45 кГц. Для передавання цифрового сигналу додаткової програми передбачене використання смуги частот 23-30 кГц, причому на передавальній стороні у смузі частот 46-53 кГц передається інвертований на 180° цифровий сигнал тої додаткової програми, яка передається у смузі частот 23-30 кГц. Така побудова спектру сигналу надає можливості вести стереофонічне цифрове радіомовлення у каналі передавання основної аналогової передачі зі збереженням всіх основних сервісів, зменшуючи при цьому взаємовплив компонентів спектру.*

*Keywords: analog-to-digital broadcasting, stereo, monophonic, inversion*

*Казакова Надія Феліксівна  
докторант кафедри Інформаційних систем в економіці  
Одеський національний економічний університет  
канд. техн. наук, доцент  
65089, Україна, м. Одеса, вул. Преображенська, 8  
Коло наукових інтересів: Системи захисту інформації  
Контактні телефони 050-512-98-99, 094-955-94-18  
e-mail: kaz2003@ukr.net*

*Казакова Надежда Феликсовна*  
*докторант кафедры Информационных систем в экономике*  
*Одесский национальный экономический университет*  
*канд. техн. наук, доцент*  
*65089, Украина, г. Одесса, ул. Преображенская, 8*  
*Круг научных интересов: Системы защиты информации*  
*Контактный телефон 050-512-98-99, 094-955-94-18*  
*e-mail: kaz2003@ukr.net*

*Nadiya Kazakova*  
*Doctoral student at the Department of information systems in economy*  
*Odessa National Economic University*  
*Ph.D., Associate Professor*  
*8, Preobrazhenskaya str., Odessa, 65089, Ukraine*  
*Research interests: Information security systems*  
*Контактный телефон +380-50-512-98-99, +380-94-955-94-18*  
*e-mail: kaz2003@ukr.net*