

# ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ СИСТЕМ ЕФІРНОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕМОВЛЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Досліджено системи ефірного ЦТМ з підвищеною завадостійкістю за рахунок використання зворотного зв'язку між приймачем та передавачем з допомогою інтерактивних засобів, які дозволяють змінювати вихідні параметри передавача для забезпечення заданих значень параметрів сигналу у точці прийому. Розглянута завадостійкість систем ефірного ЦТМ на основі проведення комплексних вимірів її основних параметрів, а також, виконано оцінювання завадостійкості систем ефірного ЦТМ, що засновано на опрацюванні вектору розподілу помилок модуляції OFDM по ознакам яскравості зображень зіркових діаграм.*

**Ключові слова:** завадостійкість, ефірне цифрове телемовлення.

## Abstract

*Investigated terrestrial broadcasting systems with high noise immunity through the use of receiver-to-transmitter feedback by means of interactive tools that allow the transmitter output parameters to be changed to provide setpoints for the signal at the receiving point. Considered the noise immunity of the terrestrial central television broadcasting systems on the basis of complex measurements of its basic parameters, as well as the estimation of the noise immunity of the terrestrial central television broadcasting systems, which is based on the processing of the OFDM modulation error distribution vector based on the brightness of the star diagram images.*

**Keywords:** noise immunity, terrestrial digital broadcasting.

## Вступ

При проектуванні систем ефірного ЦТМ, задіяних в трансляції сигналу стандарту DVB-T2, як правило, виходять з умов, щоб домогтися 95% часу і 95% місця покриття сигналом заданої території. З цією метою в даних системах використовується моніторинг передавального обладнання. При цьому характеристики приймального обладнання не контролюються.

Щоб вирішити задані завдання з охопленням населення регіонів мовленням сигналу стандарту DVB-T2, для початку мусимо забезпечити формування зони обслуговування ЦТМ з заданим рівнем напруженості електромагнітного поля. Визначити напруженість електромагнітного поля в точці можна декількома способами (формула Введенського, моделі Окамури-Хата і т.п.). У зазначених способах не враховуються умови, які можуть істотно впливати на розміри зон впевненого прийому і відповідно на охоплення територій [3]. Завдання ускладнюється тим, що при розрахунку необхідної вихідної потужності передавача необхідно враховувати і інші параметри: тип модуляції сигналу, швидкість транспортного потоку, висоту підвісу передавальної антени. При цьому існують і нечислові характеристики, наприклад, суб'єктивна оцінка якості одержуваного зображення і звукового супроводу. Недоліком вищевказаних способів є їх обмеженість в оперуванні комбінаціями параметрів формувачів сигналу (захисний інтервал, символна швидкість, кількість несучих частот) [4]. Щоб удосконалити систему ефірного ЦТМ в частині підвищення її завадостійкості, потрібно ввести обмеження, яким дана система повинна відповідати.

Огляд відомих систем ефірного ЦТМ і патентний пошук не виявили рішення задачі по підвищенню завадостійкості систем ефірного ЦТМ за допомогою введення зворотного зв'язку між приймачем і передавачем.

Таким чином, завдання дослідження та розробки методів підвищення завадостійкості систем ефірного ЦТМ, пов'язаних з використанням зворотного зв'язку, а також створенням апаратно-програмного комплексу, розробленого на їх основі, є актуальними.

Метою роботи є підвищення завадостійкості систем ефірного ЦТМ за рахунок використання інтерактивних пристроїв для контролю і управління їх параметрами.

## Основна частина

Кінцевий продукт роботи систем ефірного ЦТМ є якість отриманого зображення. Критерії оцінки зображення поділяють на суб'єктивні та об'єктивні. До перших належить візуальний критерій (на основі аналізу вихідного зображення і результатів його обробки, або тільки результатів обробки, якщо вихідне зображення недосяжне), до других – мінімум середньоквадратичного відхилення і відношення сигнал-шум.

Також оцінити якість зображення можна таким параметром як пікове відношення сигнал-шум, який детально описаний і досліджений в роботах [1, 2].

В області комерційного застосування алгоритмів обробки зображень в більшості випадків вирішальне значення має думка замовника, тобто повна залежність від його особистого суб'єктивного сприйняття результатів обробки.

Для оцінки якості роботи цифрового каналу зв'язку передбачено кілька параметрів, що підлягають моніторингу. Один з цих параметрів - BER.

Канал зв'язку працює якісно, якщо значення Post-BER не піднімається вище  $2 \times 10^{-4}$  тобто 2 помилкових біти на 10000 переданих. У системах ефірного ЦТМ реалізовані методи підвищення їх завадостійкості за рахунок використання складних алгоритмів обробки сигналу. Можливість підвищення ступеня завадостійкості систем ефірного ЦТМ за допомогою введення зворотного інтерактивного зв'язку раніше не розглядалася. Таким чином, дослідження систем ефірного ЦТМ з використанням інтерактивного зв'язку між передавачем і приймачем є актуальним.

Отже, є необхідність провести додаткові дослідження методів оцінки завадостійкості систем DVB-T2 для цифрового ефірного мовлення не тільки за первинними ознаками, а й за вторинним, наприклад, зірковими діаграмами.

Для реалізації зворотного зв'язку в системах ефірного ЦТМ необхідна розробка прототипу інтерактивного пристрою. Дослідження способів використання зворотніх зв'язків для підвищення завадостійкості систем ефірного ЦТМ з метою реалізації заданих зон обслуговування ефірних цифрових телевізійних передавачів є актуальним завданням.

Результати досліджень показали, що якщо ввести певні обмеження, наприклад, забезпечити значення MER (коефіцієнт помилок модуляції) на заданому рівні за допомогою введення зворотного зв'язку, то можна підвищити ефективність системи з точки зору визначення не тільки вихідних параметрів передавачів (вихідна потужність, вид модуляції сигналу, захисний інтервал, символна швидкість), а й коригування значень параметрів в точці прийому. Забезпечення заданого значення MER призводить до зниження швидкості передачі даних і підвищення завадостійкості системи за рахунок збільшення захисного інтервалу, символної швидкості.

При проектуванні систем ЦТМ, як правило, спираються на окремо задані параметри і не враховують їх комбінації. Наприклад, сигнал передається з певною модуляцією, швидкістю внутрішнього коду, захисним інтервалом, вихідною потужністю і фіксованою швидкістю передачі даних, яка дозволяє передати необхідний контент телевізійних програм. Шляхом зміни вищевказаних параметрів можна досягти тієї ж швидкості передачі даних, проте, з інакшою завадостійкістю, що в конкретному випадку підбору критеріїв підвищить ефективність роботи каналу зв'язку.

## Висновки

Запропоновано рішення на основі методів поширення систем ефірного ЦТМ з підвищеною завадостійкістю, полягає у використанні зворотного зв'язку між приймачем і передавачем за допомогою інтерактивних пристроїв, які дозволяють змінювати вихідні параметри передавача для забезпечення заданих значень параметрів сигналу в точці прийому.

Детальний аналітичний і технічний аналіз літератури в області методів систем ефірного ЦТМ з підвищеною завадостійкістю підтвердив актуальність даної роботи та вказав про необхідність вдосконалення та розвитку заданого напрямку досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Fischer W. Digital Video and Audio Broadcasting Technology: A Practical Engineering Guide. Springer Science & Business Media, 2010. – 827 p.2. Du, Jinfeng. Classic OFDM Systems and Pulse Shaping OFDM/OQAM Systems / Jinfeng Du, Svante Signell // Electronic, Computer, and Software Systems Information and Communication Technology. – 2017. – 40 p.
2. Серов А.В. Перспективы развития телевизионных технологий // MediaVision. – 2013. – № 1.4. Chang, Ming-Xian. On the Impact of Residual Inter-Subchannel Interference for the Single-Carrier Block Transmission / Ming-Xian Chang, Tzy-Yu Wu // Institute of Computer and Communication Engineering and Department of Electrical Engineering National Cheng-Kung University, Taiwan. – 2016. – P. 35-39.
3. Popov A.S., Kuryachiy M.I., Kapustin V.V. Improvement of noise immunity level for digital on-air video broadcasting systems. SIBCON, 2015.

**Васильківський Микола Володимирович** – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

**Яновська Ірина Вікторівна** – студентка групи ТКТ-18мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ira.yanovska20152016@gmail.com.

Науковий керівник: **Кононов Сергій Павлович** – к.т.н., доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: knnvknnv@ukr.net.

**Vasykivskyi Mikola V.** – Phd, Assistant Professor of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

**Yanovskaya Irina V.** – Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ira.yanovska20152016@gmail.com.

Supervisor: **Kononov Sergiy P.** – Phd, Assistant Professor of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: knnvknnv@ukr.net.