

**СТАНДАРТ ДСТУ ETSI TR 101 290: 2004  
ЦИФРОВЕ ТЕЛЕВІЗІЙНЕ МОВЛЕННЯ (DVB)  
ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ ПЕРЕДАВАННЯ  
НАСТАНОВИ ЩОДО ВИМІРЮВАННЯ**

МЕЩЕРЯКОВА Е. В.  
ДП УНДІРТ

**DIGITAL VIDEO BROADCASTING  
TRANSMISSION SYSTEM PERFORMANCE  
MEASUREMENT GUIDE**

MESCHERYAKOVA E.V.

В Україні впроваджено стандарт, який містить методики вимірювання характеристик і параметрів цифрових мовленнєвих систем і їх компонент. Цей стандарт призначено для виробників, технічного персоналу з введення та приймання в експлуатацію цифрових мовленнєвих систем та технічного персоналу з обслуговування таких систем і їх компонент.

Для використання описаних методів технічний персонал має бути ознайомлено зі стандартами для відповідного середовища передавання. Хоча більшість параметрів, визначених у цьому стандарті, добре відомі у телекомунікаційному середовищі, багато з них має бути переосмислено стосовно нових умов, особливо щодо передавання цифрових сигналів телебачення чи інших споріднених служб.

Уведення кожного параметра в цей стандарт базовано на вимогах з боку тих, хто планує роботу безпосередньо в цьому напрямку. Це стосується операторів телекомунікацій, постачальників обладнання мереж, а також виробників інтегрованих приймачів-декодерів (IRD) або випробувального і вимірювального обладнання.

У цьому стандарті подано настанови щодо вимірювання у супутникових, кабельних, наземних та споріднених їм системах цифрового телевізійного мовлення (DVB). У стандарті визначено ряд методів вимірювання, що дають змогу одержати порівнювані результати за умови, що вимірювання виконують відповідно до наданих визначень.

Нормативні посилання у стандарті містять 23 документи, серед яких європейські і міжнародні стандарти, Рекомендації ІТУ.

Метою визначених у стандарті випробувань є забезпечення простого і швидкого контролю, який не означає випробувань на відповідність стандарту MPEG-2 чи на сумісність з усіма стандартами DVB. Настанови згруповано у кілька розділів. Оскільки транспортний потік MPEG-2 має єдиний формат, використовуваний для вхідних і вихідних сигналів усіх базових систем, розділ 5 присвячено опису процедур контролювання тих параметрів, які доступні у заголовку пакета транспортного потоку, тобто без декодування скрембльованих чи шифрованих даних. Випробування в основному призначено для постійного чи періодичного спостереження за транспортним потоком у робочому середовищі. Ці випробування в першу чергу розроблено для перевірки цілісності транспортного потоку джерела, але охоплено і інші аспекти транспортних потоків у мережах, включаючи погіршення, створені транспортними системами.

Основною метою описаних випробувань є забезпечення контролю роботоздатності найважливіших елементів транспортного потоку. Перелік наданих випробувань не можна вважати вичерпним.

Випробування не залежать від реалізації декодера з точки зору відповідності результатів, якщо незалежні випробування було виконано за стабільних умов, без перерв чи динамічних змін.

Випробувані параметри згруповано у 3 групи за ступенем їх важливості для процесів контролювання. До першої групи віднесено основний набір параметрів, який вважають необхідним для впевненості в тім, що цей потік може бути декодовано. У другій групі зазначено додаткові параметри, рекомендовані для постійного контролювання. Третя група містить перелік необов'язкових додаткових параметрів, які можуть становити інтерес для деяких застосовань.

### 1 ГРУПА:

*Втрата синхронізації:* Запропоновано, щоб п'яти послідовних правильних байтів синхронізації було достатньо, щоб вважати, що є захоплення синхронізації, а наявність двох чи більше послідовних пошкоджених байтів синхронізації спричиняла б індикацію втрати синхронізації. Тільки за наявності синхронізації може бути проведено оцінювання інших параметрів.

*Помилки у Таблиці структури програм,* в якій є вказівка на компоненти відео -, аудіо-потоків та потоків даних, з яких скомпоновано програму.

*Порушення порядку надходження пакетів та помилки в ідентифікаторах пакетів* Такі помилки можуть виникнути, якщо транспортний потік мультиплексовано чи демультиплексовано, а потім знов ремультиплексовано. Передумови “невірний порядок надходження пакетів” і “втрачений пакет” можуть створити проблеми для інтегрованого приймача-декодера, який не обладнано додатковою буферною пам'яттю та вбудованими обчислювальними засобами.

### 2 ГРУПА:

*Мітки PCR,* які використовують для підстроювання місцевих генераторів сигналу синхронізації системи з частотою 27 МГц. Якщо ці мітки не з'являються з необхідною регулярністю, частота може мати джитер чи дрейф. Приймач з декодером може вийти з режиму синхронізації.

*Точність PCR* має бути достатньою для відтворення колірнісного підносійного коливання від сигналу системної синхронізації.

### 3 ГРУПА

*Помилки Таблиці мережної інформації (NIT),* яка згідно зі стандартами DVB містить інформацію про частоту, швидкості кодів, модуляцію, поляризацію та інше різних програм, яку може бути використано декодером. Контролюють, чи ці таблиці є у транспортному потоці і чи мають вони правильні ідентифікатори пакетів (PID).

*Помилки Таблиці службової інформації* щодо мінімальної і максимальної періодичності цих таблиць.

*Buffer\_error* Для цього показника перевіряють наявність переповнення чи антипереповнення набору буферів еталонного декодера MPEG-2.

*Помилки Таблиці інформації про події (EIT),* яка описує, що йде тепер і буде далі на кожній службі, та необов'язково може надавати цілком розклад програм.

*Помилки Таблиці TDT,* яка містить інформацію про поточний універсальний скоординований час і дату (UTC). На додаток до TDT може бути передано таблицю TOT, яка містить дані про зсув місцевого часу на заданій території.

Розділ 6 містить загальні параметри, які стосуються різних середовищ передавання. Наприклад, до цієї категорії належить контроль роботоздатності систем передавання або ліній зв'язку, тому може бути бажаним мати однакове визначення роботоздатності, незалежно від конкретної використовуваної системи.

Для визначення роботоздатності системи уведено такі специфічні робочі параметри, як суттєво пошкоджений інтервал, блок з помилками, інтервал часу з помилками, секунда з по-

милками, суттєво пошкоджений інтервал часу, суттєво пошкоджена секунда, час нероботоздатності.

У стандарті визначено особливості вимірювання коефіцієнта помилок (BER) під час роботи служби і коли служба не працює. Загальними вимірюваними параметрами є потужність сигналу радіочастоти і проміжної частоти, а також зниження точності синхронізації через джитер. У зв'язку з широким практичним використанням квадратурної модуляції (маніпуляції) до стандарту введено аналіз ортогональних сигналів I та Q точок сузір'я символів, що містить оцінку коефіцієнта помилок модуляції, неоднаковості амплітуд, квадратурної помилки, придушення носійного коливання, джитер фази.

Розділи 7 і 8 стосуються параметрів, специфічних для кабельних і супутникових систем (DBV-C і DBV-S), їх також може бути використано для систем SMATV (DVB-CS) та, можливо, для систем MMDS і MVDS, таких як DVB-MC і DVB-MS.

У кабельних системах застосовують багатопозиційну квадратурну амплітудну модуляцію, що дає змогу передати більший обсяг інформації на символ, але потребує вищого відношення сигнал/шум. Тому у цьому випадку важливими є вимірювання, що стосуються оцінювання запасу завадостійкості, а також вимірювання параметрів, пов'язаних з впливом шуму, таких як еквівалентне погіршення параметрів через шум, залежність коефіцієнта помилок через шум, фазовий шум носійного коливання. Оскільки передаваний цифровий сигнал має бути розташовано в визначеній обмеженій області спектру, в стандарті надано методику вимірювання і оцінювання амплітудо-частотної, фазочастотної та імпульсної характеристик каналу, а також рівня позасмугового випромінювання.

У супутникових системах, щоб позбутися впливу інтерференції, застосовують не амплітудну, а фазову модуляцію. Специфічними для цього випадку є вимірювання коефіцієнта помилок окремо у каналах I та Q, а також оцінювання залежності BER від такого параметра, як відношення енергії на біт до спектральної густини потужності шуму. Важливим є також вимірювання спектру на виході модулятора для запобігання впливу на інші канали і забезпечення відповідності технічним вимогам DVB.

У стандарті великої уваги приділено вимірюванням у системах цифрового наземного ефірного мовлення. Розділ 9 присвячено параметрам, специфічним для середовища наземного ефірного телебачення за системою DVB-T із застосуванням модуляції OFDM. У вигляді таблиці надано перелік параметрів вимірювання, застосованих у цьому середовищі. Виробники обладнання (передавачів і приймачів), як і оператори, можуть вибирати ті вимірювання, що найкраще відповідають їх потребам.

Деякі основні параметри модуляції OFDM може бути виміряно на рівні радіочастотного сигналу DVB-T. Оброблення сигналів з OFDM потребує, щоб у передавачі було підтримано певну точність носійного коливання, також деякі режими мережної роботи, такі як SFN, потребують високої точності носійного коливання. Режим  $8k$  DVB-T завжди передбачає безперервний пілот-сигнал з безперервною фазою вздовж послідовних символів OFDM точно в центрі каналу ( $k=3408$ ). Його частоту може бути безпосередньо виміряно будь-яким аналізатором спектра. У режим  $2k$  має бути виміряно безперервний пілот-сигнал з безперервною фазою на частоті носійного коливання з  $k=1140$ . Центральну частоту каналу може бути отримано від виміряної частоти простим розрахунком.

Точність частоти дискретизації на стороні модулятора запропоновано оцінювати методом вимірювання ширини смуги частот каналу через носійні коливання безперервних пілот-сигналів, які розташовано на краях смуги. Щоб оцінити, чи працює модулятор правильно і чи виробляє сигнал з очікуваним або призначеним захисним інтервалом, за допомогою аналізатора спектра може бути виконано вимірювання різниці частот між двома суміжними спектральними лініями, що представляють розподілені пілот-сигнали, яка є зворотною до часової довжини чотирьох послідовних DVB-T символів.

Для визначення здатності приймача придушувати позаканальну заваду виконують вимірювання вибіркості. Надано також методику вимірювання діапазону захоплення АПЧ; фазового шуму, що може бути спричинено у передавачі, у будь-якому перетворювачі частоти чи у приймачі через нестабільність гетеродинів; потужності сигналу РЧ/ПЧ та потужності шуму, що спричиняє істотне погіршення якості передавання в мережі.

Щоб уникнути інтерференції з іншими каналами, необхідно, щоб спектр РЧ сигналу, що його передають, було сформовано за допомогою фільтра, АЧХ якого обмежено трафаретом, визначеним для наземної мережі. Якщо шаблоном визначено спектр на виході модулятора, то ту саму процедуру можна застосовувати до сигналу ПЧ. Звичайно вимірювання спектра РЧ виконують з використанням аналізатора спектра. Спектральну густину сигналу наземного телебачення системи DVB визначають як середнє значення за тривалий проміжок часу потужності сигналу, що змінюється в часі, на одиницю ширини смуги (тобто на 1 Гц). Значення для іншої ширини смуги може бути отримано пропорційним збільшенням значень, прийнятих для одиничної ширини смуги. Щоб уникнути регулярних структур у модульованому сигналі, потрібен нерегулярний сигнал, подібний, наприклад, до псевдовипадкової бінарної послідовності (ПВП), чи цифровий сигнал на вході передавача, подібний до сигналу програми мовлення.

Вимірювання динамічного діапазону для гаусівського каналу необхідно для планування мережі, коли має бути встановлено мінімальні і максимальні вхідні потужності для нормальної роботи приймача.

Ступінь нелінійності модулятора може бути оцінено через параметр загасання на схилах АЧХ спектра сигналу OFDM.

За допомогою аналізатора спектру рекомендовано визначити будь-яке когерентне джерело завад, що може впливати на надійність аналізу сигналів I та Q або на вимірювання BER.

У стандарті надано детальні рекомендації з вимірювання BER у різних точках тракту і різних режимах, а також рекомендації щодо аналізу сигналів I та Q.

Спеціальний підрозділ присвячено питанням синхронізації одночастотної мережі (SFN), а також оцінювання параметрів помилок системи, таких як коефіцієнт секунд з помилками чи коефіцієнт часових інтервалів з помилками, коефіцієнт суттєво пошкоджених секунд чи коефіцієнт суттєво пошкоджених часових інтервалів.

Розділи 6, 7, 8 і 9 мають однакову структуру. Для кожного параметра надано призначення описуваної процедури, точки, до яких має бути підімкнено засоби вимірювальної техніки, та опис самого методу випробовування.

Окрім цих розділів, в стандарт включено ряд додатків, які містять рекомендації загального характеру, приклади вимірювальних установок та деякі настанови щодо контрольного і вимірювального обладнання.

Більшість параметрів може бути виміряно за допомогою стандартного випробовувального обладнання, такого як аналізатори спектра чи аналізатори сузір'я. Інші параметри визначено таким чином, що поставлено вимоги до виробників контрольного і вимірювального обладнання забезпечити нові функційні можливості їх виробів.

Таким чином, настанови, що їх надано в цьому стандарті, може бути використано для:

- встановлення випробовувальних стендів чи лабораторного обладнання для випробовування апаратури цифрового телебачення та інших споріднених служб;
- настроювання відповідних параметрів цього обладнання;
- забезпечення однозначних результатів, які може бути безпосередньо порівняно з результатами вимірювання, одержаних на іншому випробовувальному обладнанні;
- формування потенційної бази для ефективного порівняння результатів вимірювання на основі визначень, даних у цьому стандарті як основоположні.