Прискорення тестування електромагнітної інтерференції з використанням сканування в режимі реального часу

Переклад та редагування: Віктор Бутирін, директор, Юнітест
E-mail: Victor_Butyrin@unitest.com

У цих рекомендаціях щодо застосування розглядається використання вимірювань у режимі RTSC для проведення випробувань на електромагнітну сумісність, що дають змогу виявляти й оцінювати швидкі перехідні сигнали з використанням швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) у смузі частот шириною 350 МГц.

ВВЕДЕННЯ

У міру розвитку наступного покоління мобільних мереж 5G, автономних транспортних засобів та Інтернету речей (IoT) інженери прагнуть розробляти все більше бездротових пристроїв, щоб задовольнити зростаючий ринковий попит. Одночасно збільшується щільність і складність електромагнітної обстановки через величезну кількість пристроїв, що підключаються до бездротових мереж. Така динаміка являє собою виклик для випробувань на електромагнітну сумісність (EMC), оскільки бездротовим пристроям потрібна сертифікація на відповідність нормативним стандартам, кількість яких також зростає.

Важливо швидко виявляти та ізолювати проблеми EMC під час тестування на відповідність вимогам EMC, щоб швидше й ефективніше виводити пристрої на ринок. Випробувальний приймач електромагнітної сумісності Keysight N9048B PXE надає нову функцію — вимірювання з використанням сканування в режимі реального часу (*real-time scan, RTSC*). Ця нова функція значно покращує діагностичні можливості застосунку EMC і дає змогу швидко усувати проблеми з електромагнітною сумісністю у ваших пристроях.

Основи сканування в режимі реального часу

Вимірювання в режимі RTSC забезпечує захоплення й аналіз сигналу без пропусків із використанням дуже широкої смуги аналізу ШПФ до 350 МГц. Під час вимірювання одночасно відображаються результати в частотній області, часовій області та на спектрограмі за допомогою до трьох EMC-детекторів. Крім того, користувачі також можуть виконувати вимірювання випромінювання без пропусків для виявлення й аналізу сигналів завад, що перемежовуються. Ці сигнали легко пропустити при використанні звичайних режимів сканування через великі значення часу витримки на кожній частоті, заданих стандартами випробувань.

Приймач EMC має кілька преселекторних фільтрів у радіочастотній (РЧ) частині для подавлення будь-яких сигналів, які не відображаються на екрані. Ці фільтри необхідні для запобігання перевантаження під час вимірювання імпульсного сигналу. Останніми роками дедалі більшого поширення набуває сканування в часовій області (*time-domain scan, TDS*), яке в багатьох випадках замінює традиційне покрокове сканування. Під час сканування в часовій області виконується багато захоплень сигналу з використанням ШПФ на різних преселекторних фільтрах (рис. 1). Однак перемикання захоплень сигналу з використанням ШПФ на різні преселекторні фільтри вимагає часу на заспокоєння перехідних процесів у вимірювальному обладнанні. Таким чином у цих захоплених сигналах з'являються часові пропуски.

Вимірювання випромінювання з часовими пропусками між захопленнями сигналу (рис. 2) є неприйнятним, оскільки ніколи не знаєш точно, які сигнали присутні під час вимірювання електромагнітної інтерференції (EMI). Традиційно ці пропуски усувають одним

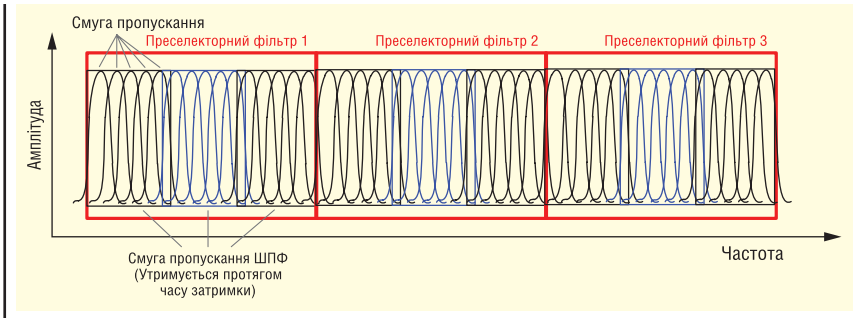

Рис. 1. Сканування в часовій області по частотному спектру

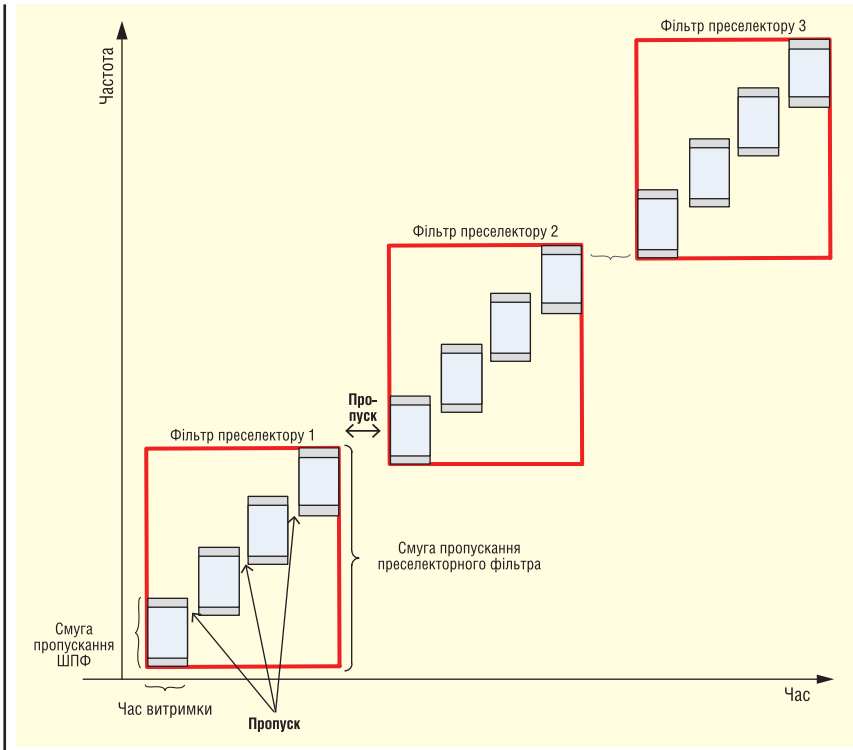

Рис. 2. Сканування в часовій області по часовій області

із двох способів: плавним або покроковим скануванням. Можна збільшити час затримки на кожному кроці частоти, щоб підвищити ймовірність виявлення завади. Або можна призупиняти поворотний стіл у кожному кутовому положенні і виконувати безперервне швидке сканування з коротким часом затримки в усьому діапазоні частот, що цікавить. Цей метод дає змогу використовувати функцію Maximum Hold trace (спектрограма максимального утримання) доти, доки завади не будуть зафіксовані на дисплеї.

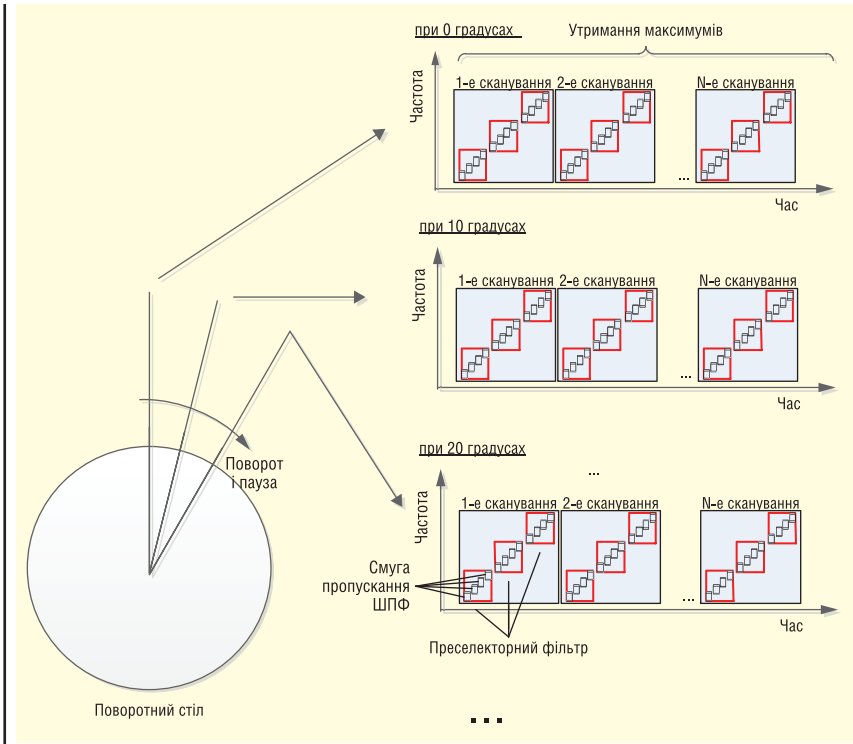

Рис. 3. Приклад установок для вимірювання EMI

Однак повторення цих кроків для кожної антени і кожного кутового положення поворотного столу призведе до надмірного збільшення часу вимірювання EMI (рис. 3).

Отримання спектру випромінювання для кожного кута поворотного столу на різних частотах — непростий процес. У процесі вимірювання спектрограма максимального утримання (*Max Hold*) підсумовується, і кожен захоплений часовий зріз не може бути простежений наприкінці вимірювання. Важко визначити, чи є сигнали синусоїдальними коливаннями (*CW*) або імпульсами, і визначення джерела випромінювання займає багато часу.

РІШЕННЯ

Сканування в режимі реального часу усуває недоліки сучасних вимірювань EMI. Можливість безперервної обробки всіх вибірок в одній смузі аналізу ШПФ за допомогою детекторів EMI дає змогу аналізувати сигнал без пропусків. Замість того, щоб виконувати сканування при кожному кутовому положенні поворотного столу, вимірювання EMI може виконуватися в режимі реального часу при безперервному обертанні поворотного столу (рис. 4).

Якщо вам потрібен діапазон ширший за 350 МГц, повторіть вимірювання кілька разів. Наприклад, для вимірювання в діапазоні від 30 МГц до 1 ГГц повторіть вимірювання тричі, використовуючи смугу пропускання 350 МГц. Крім того, ви можете записати дані спектра за останні 12 000 часових зрізів і відстежувати їх туди і назад для аналізу після вимірювань. Знайти джерело проблеми набагато простіше, якщо у вас є дані під рукою.

Реалізація

Вимірювання RTSC дає змогу отримати спектр на вході приймача в режимі реального часу, обмеживши вимірювання до одного захоплення сигналу із застосуванням ШПФ. Під час цього вимірювання гетеродин (LO) встановлюється на фіксовану частоту, збираються дані й одночасно виконується ШПФ. Такий процес надає дані без пропусків і за минулі періоди як у часовій, так і в частотній області для відповідних діапазонів частот (рис. 5).

Вимірювання RTSC надають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача і багатий набір інформації в трьох вікнах:

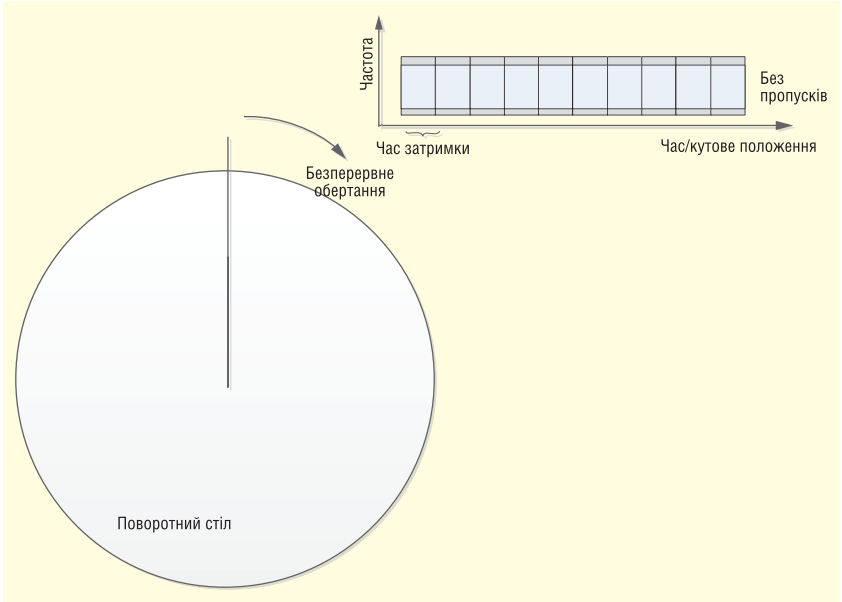

Рис. 4. Приклад установок для вимірювання EMI зі скануванням у режимі реального часу

Вікно спектра

Вікно спектра або вікно частотної області показує спектральне відображення вхідного радіочастотного (РЧ) сигналу із зазначенням амплітуди за вертикальною віссю *y* і частоти за горизонтальною віссю *x*. У вікні спектра відображається спектр окремого часового зрізу з буфера каскаду/спектрограми. У цьому вікні можна відобразити до шести спектрограм, зокрема три спектрограми Clear Write і три спектрограми Maximum Hold з різними детекторами EMI.

Вікно каскаду

У вікні каскаду або спектрограми відображаються дані останніх 12000 часових зрізів для вибраної в даний момент спектрограми для однієї з трьох спектрограм Clear Write. Кожна горизонтальна лінія у вікні каскаду являє собою одну спектрограму. Дані прокручуються вгору від старих до нових, тобто в самому низу екрана відображаються найсвіжіші спектрограми, а у верхній частині — найстаріші. При виборі часу спектрограма, що відображається у вікні спектра, змінюватиметься при переміщенні повзунка відображуваної спектрограми вгору або вниз. Ви можете налаштувати кольори у вікні каскаду; вони позначають амплітуду сигналу.

Вікно часової області

Вікно часової області відображає амплітуду сигналу за визначений користувачем час і відповідає обраній частоті у вікні спектра. Спектрограма складається з усіх накопичених часових зрізів, де з кожного часового зрізу виділяється один елемент роздільної здатності за частотою, який зшивається в спектрограму. Дані відображаються вліво від найновіших до найстаріших. Найновіша спектрограма відображається праворуч, а найстаріша — ліворуч. У разі зміни частоти часової області спектрограма, що відображається у вікні, оновлюється відповідним чином.

ПЕРЕВАГИ СКАНУВАННЯ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Історичні дані

Під час сканування захоплюються часові зрізи і зберігаються як части-

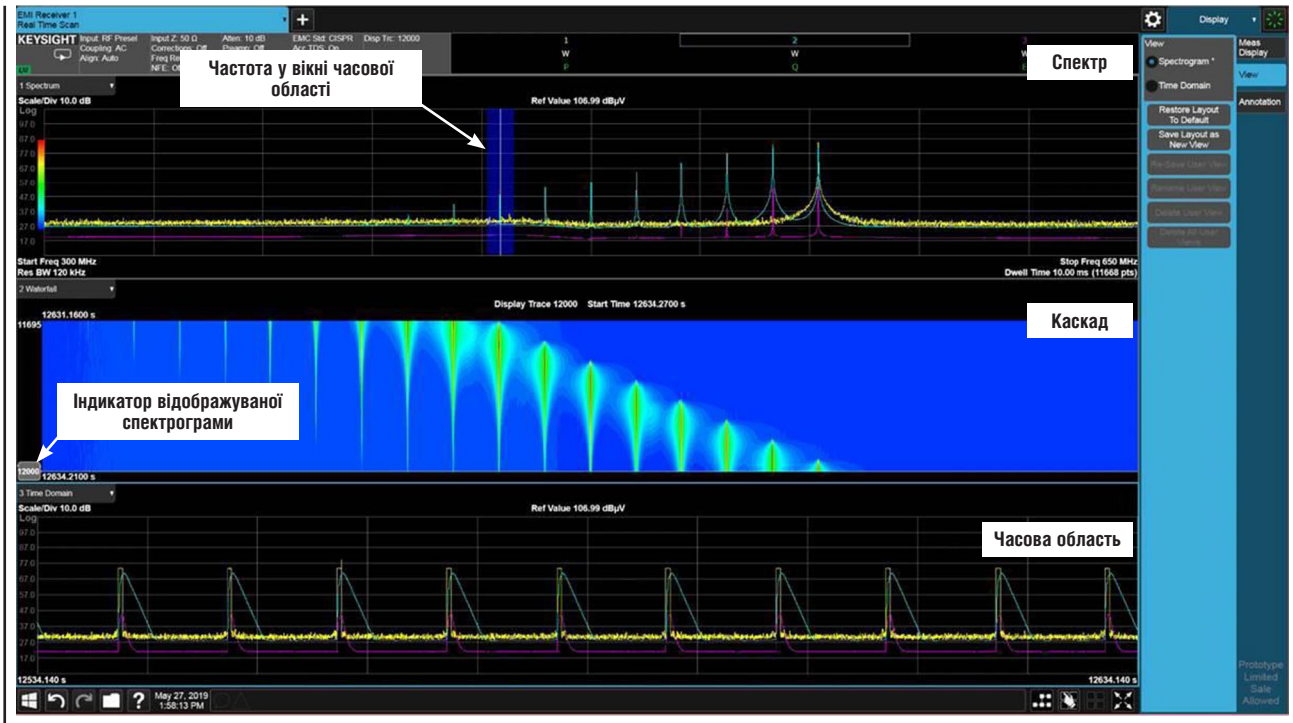

Рис. 5. Вигляд екрана під час сканування в режимі реального часу

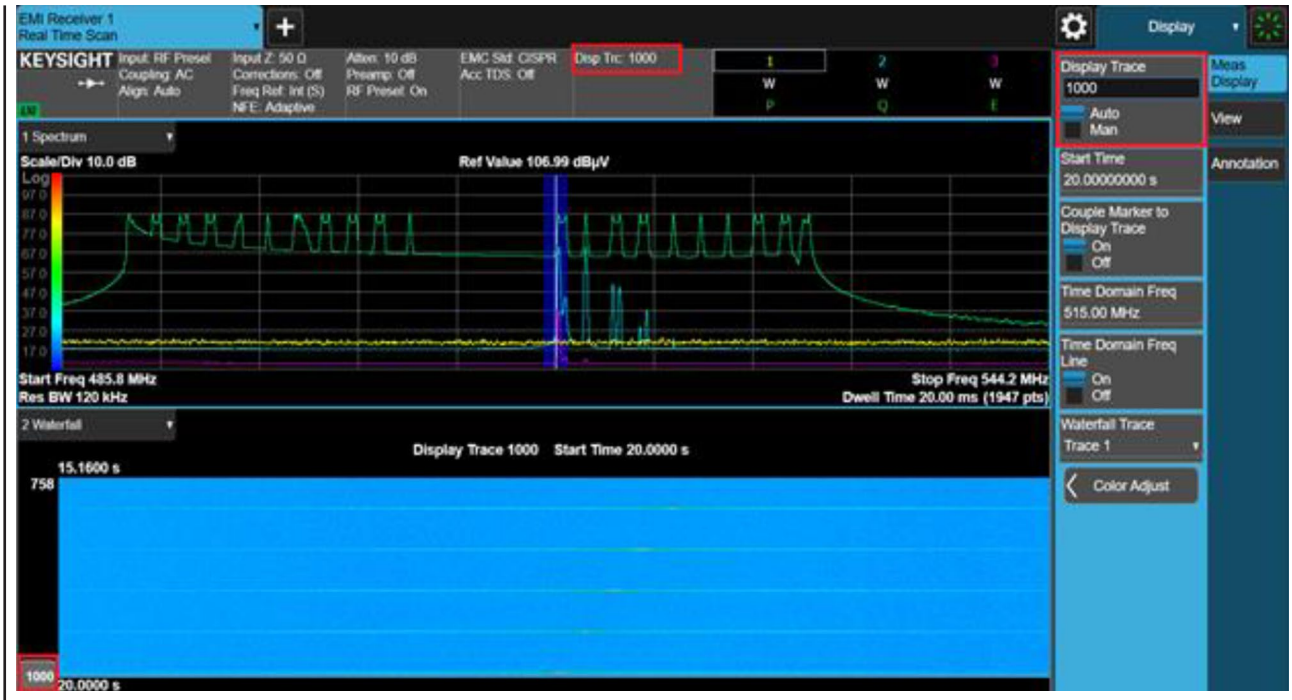

Рис. 6. Використання керування відображуваною спектрограмою для перегляду часових зрізів

на даних спектрограми. Часові зрізи можна переглянути навіть після зупинки поворотного столу за допомогою стандартних команд для програмованих приладів (SCPI) просто ввівши зацікавившу відображувану спектрограму. Використання функції маркерів дає змогу аналізувати часові зрізи, що може дати цінну інформацію про джерела завад (рис. 6).

3-вимірне представлення

Відображення результатів вимірювань EMI на двовимірному дисплеї не дає змоги належним чином показати джерело випромінювання, особливо коли широкосмугові та вузькосмугові сигнали з'являються одночасно. Але використання каскадного відображення дає змогу вибрати, яку спектрограму відображати з трьох підтримуваних спектрограм. Також ви можете увімкнути відображення показання маркера у вікні каскаду, щоб спростити переміщення між часовими зрізами (рис. 7).

Вбудована стрічкова діаграма

Замість того щоб переходити до вимірювання, що відображається у вигляді стрічкової діаграми, для моніторингу та

Рис. 7. Каскадне 3-вимірне представлення з відображенням показання маркера

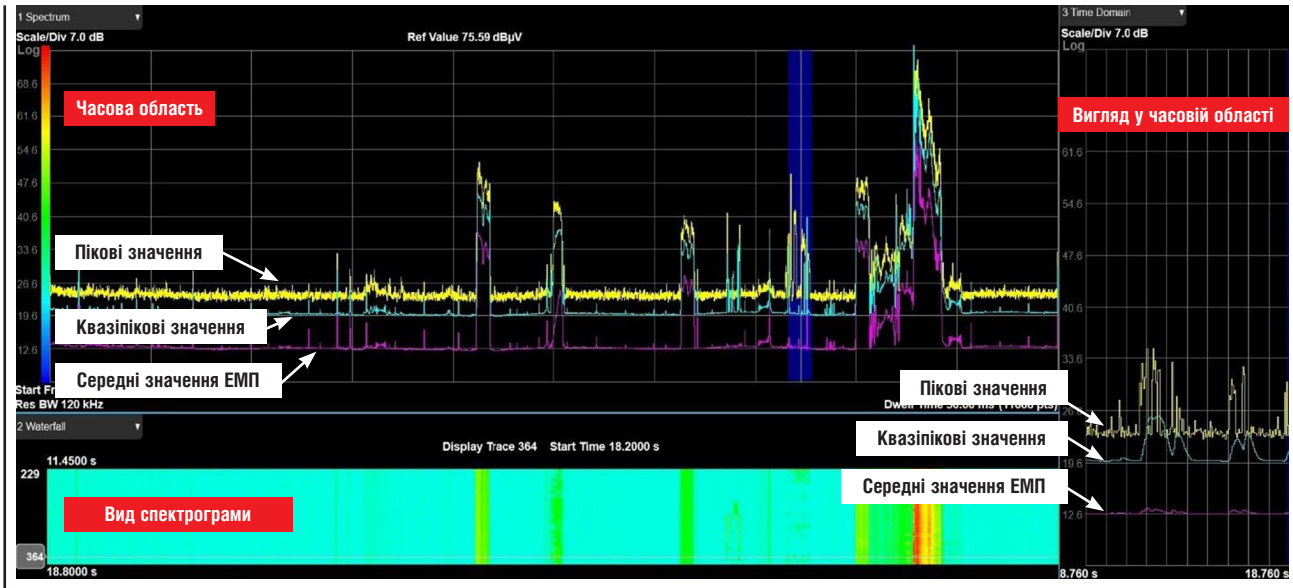

Рис. 8. Представлення в кількох областях дає змогу користувачам аналізувати справжню поведінку шуму під час вимірювань без пропусків

запису амплітуди сигналу з плином часу, вимірювання RTSC пропонує вбудоване вікно часової області. Якщо синхронізувати RTSC з обертанням поворотного столу, можна визначити максимальне випромінювання сигналу від випробовуваного пристрою (ВП).

Інструмент для пошуку та усунення несправностей

Протягом типового життєвого циклу продукту інженери, що займаються дослідженнями і розробками, проводять більшу частину свого часу, аналізуючи та усуваючи завади, які випромінює ВП, коли він не проходить нормативні випробування у випробувальній лабораторії.

Здебільшого звичайні аналізатори спектра сканують частоти, що цікавлять, щоб продублювати або зафіксувати ті самі збої, які реєструються під час нормативних випробувань. Але це часто виявляється складним і трудомістким завданням, якщо збої нелегко відтворити. Це особливо актуально, коли ВП випромінює неперіодичні завади — наприклад, короткі імпульси з великим інтервалом між ними.

Вимірювання за допомогою RTSC можуть відображати дані без пропусків на різних частотах, у часі та на різних детекторах, при цьому користувачі можуть вільно налаштовувати ці параметри. Широка смуга пропускання RTSC (до 350 МГц) дає змогу значно скоротити загальний час сканування для належної реєстрації завад із великими інтервалами між імпульсами. Скорочення часу відбувається за рахунок того, що ви можете одночасно аналізувати набагато ширший діапазон частот.

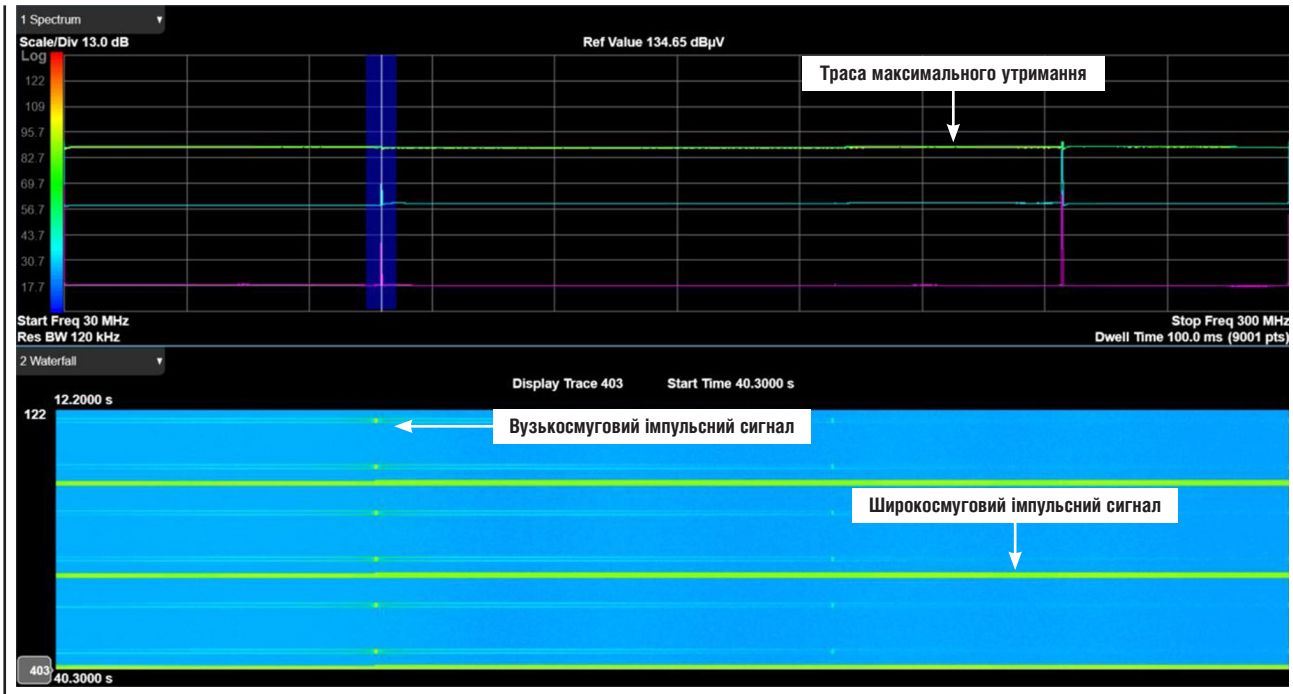

Рис. 9. Розрізнення широкосмугових та вузькосмугових сигналів

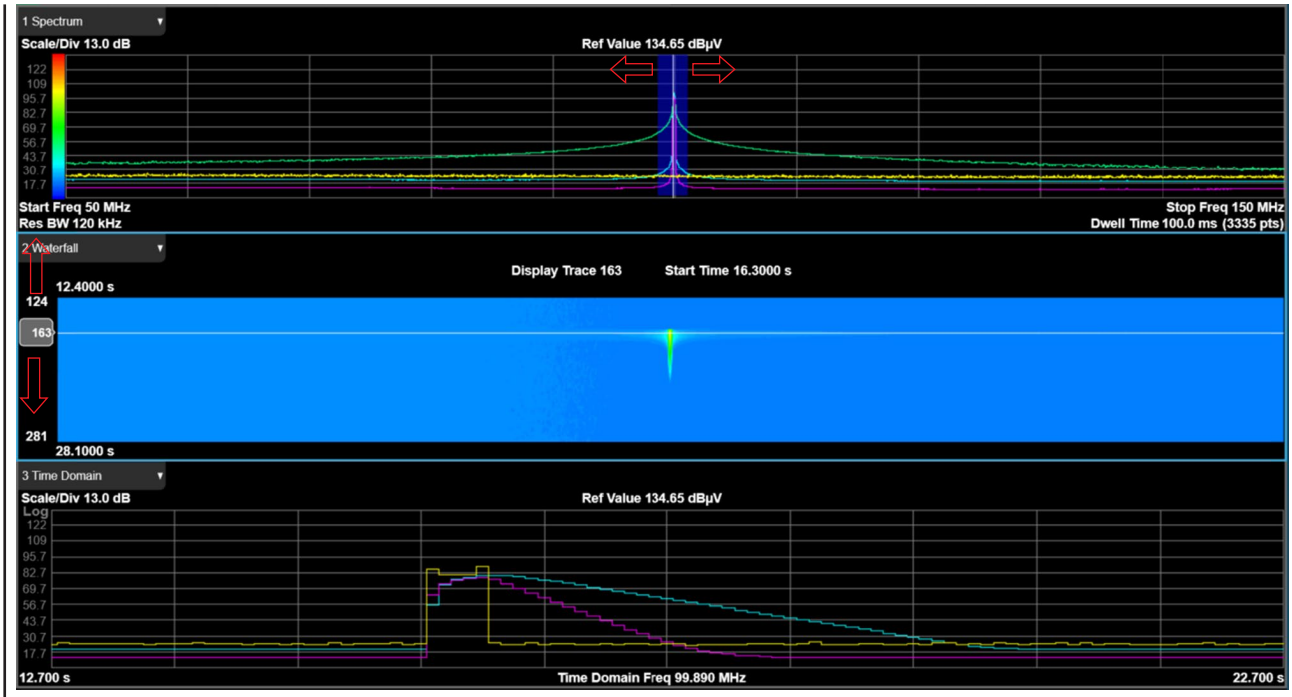

Рис. 10. Аналіз сигналу інтерференції за допомогою вимірювання в режимі сканування в реальному часі

Тепер розглянемо три приклади типових вимірювань EMI.

ПРИКЛАД 1: ПРИСКОРЕННЯ РОБОТИ З УСУНЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПЕРЕШКОД

Тестування на електромагнітні завади необхідне для випуску високоякісного продукту. Удосконалення процесу налагодження допоможе прискорити цикл розробки продукту. Однак розуміння наявних методів вимірюваннь EMI для визначення справжньої поведінки шуму вимагає високого рівня знань, який не мають навіть деякі найдосвідченіші інженери.

Використовуючи RTSC і ввімкнувши функцію прискореного сканування в часовій області, ви можете легко виявити справжню поведінку шуму за короткий проміжок часу, залежно від налаштування випробування. На рисунку 8 показано, як можна проаналізувати складний шум у різних представленнях:

- **Вид спектра:** одночасне відображення спектрограм, виміряних з використанням пікового детектора/квазіпікового детектора/детектора середніх значень EMI.
- **Вид спектрограми:** повні спектрограми, що ґрунтуються на кількох областях (частота, час, потужність).
- **Вид у часовій області:** спектрограма в часовій області для сигналу певної частоти, обраного маркером на виді спектра.

ПРИКЛАД 2: РОЗРІЗНЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ТА ВУЗЬКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ

Спектральний дисплей — не найефективніший спосіб вимірювання одночасних широкосмугових і вузькосмугових сигналів. Однак у каскадному представленні хронологічне розташування даних у поєднанні з колірним відображенням амплітуди покращує представлення даних. У деяких випадках широкосмуговий шум не є проблемою через умови тестування. Тому можна зосередитися на вузькосмуговому сигналі. Висота або ширина імпульсу у вікні каскаду дає змогу швидко зрозуміти характеристику завади, як показано на рисунку 9.

ПРИКЛАД 3: АНАЛІЗ ІНТЕРФЕРЕНЦІ

Під час пошуку та усунення інтерференції, що надходять з ВП, нам необхідно переглянути зміну інтерферуючого сигналу в залежності від часу, щоб краще зрозуміти причину випромінювання. Налаштуйте вимірювання на безперервне сканування в діапазоні частот, що вас цікавить, а потім перемістіть потрібну частоту (біла смуга в режимі перегляду частоти), на частоту з максимальною амплітудою (сигнал інтерференції). На екрані з'явиться відповідна спектрограма в часовій області, що дасть вам змогу зрозуміти характеристики випромінювання (рис. 10). Експортуйте дані спектрограми у файл Excel для подальшого аналізу.

ВИСНОВОК

Вимірювання RTSC на приймачі N9048B PXE EMI надає відмінні діагностичні можливості та забезпечує повну видимість сигналу. Приймач N9048B PXE EMI забезпечує захоплення сигналу без пропусків у смузі пропускання до 350 МГц і одночасно відображає частотну область, часову область і спектрограму. Можливості захоплення сигналу без пропусків при вимірюванні RTSC допомагають виявляти небажані шуми набагато швидше, ніж традиційні підходи, що дає змогу скоротити час випробувань на EMC. Крім того, вимірювання RTSC може підвищити пропускну здатність лабораторій EMC, даючи змогу тестувати більше продукції та сертифікувати її за короткий час.

Більш детальну інформацію щодо продукції компанії Keysight Technologies можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — компанії Юнітест:

04053, м. Київ,
вул. Олеся Гончара, 6,
тел. +38 (044) 272-60-94,
e-mail: web@unitest.com,
http://unitest.com

CN