

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ І НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДТВОРЮВАНOSTІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ

В. Князєв, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, відповідальний секретар
ТК 22 «Електромагнітна сумісність та стійкість радіоелектронних, електронних та електротехнічних засобів», м. Харків

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

В. Князев, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ответственный секретарь
ТК 22 «Электромагнитная совместимость и стойкость радиоэлектронных, электронных и электротехнических средств», г. Харьков

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY AND REGULATORY SUPPORT OF REPRODUCIBILITY OF THE TEST RESULTS

V. Kniaziev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Executive Secretary
of TC 22 «Electromagnetic compatibility and stability of radio, electrical and electronic tools», Kharkiv



ВСТУП

Випробування з підтвердження відповідності ТЗ вимогам ТР, як правило, проводять в компетентних ВЛ, вимоги до яких викладено в стандарті ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 (ISO/IEC 17025:2005, IDT). Одним із важливих аспектів, якому приділено увагу під час акредитації ВЛ на відповідність цьому стандарту, є вимога регулярної участі у міжлабораторних порівняльних випробуваннях з метою підтвердження відтворюваності результатів. Для випробувань, результати яких виражаються числовими значеннями, таку вимогу може бути реалізовано з певним ступенем вірогідності. Підсумки порівняльних випробувань є особливо переконливими, коли в процесі випробувань використовують еталонний зразок. У той же час проведення порівняльних випробувань за па-

У статті проаналізовано вимоги нормативного забезпечення відтворюваності результатів випробувань технічних засобів (ТЗ) за параметрами електромагнітної сумісності (ЕМС), встановленими Технічним регламентом України з електромагнітної сумісності (ТР). Наведено значення невизначеності результатів випробувань стійкості (несприйнятливості) ТЗ до зовнішніх чинників, характерні для акредитованих у галузі ЕМС випробувальних лабораторій (ВЛ). Показано, що допустимі відхилення на параметри впливних сигналів, які дозволені відповідними стандартами ІЕС, значно перевищують невизначеність випробувань.

раметрами стійкості ТЗ до електромагнітних чинників пов'язане із принциповими труднощами [1].

Для уніфікації процедури оцінювання невизначеності Міжнародна електротехнічна комісія (ІЕС) розробила групу документів CISPR 16-4 [2—5], які ще не гармонізовані в Україні. У рамках обговорюваної теми слід зазначити деякі положення стандарту CISPR/TR 16-4-1:2009 [2].

У стандарті уведено поняття «типова відповідність невизначеності» (standards compliance uncertainty) —

параметр, пов'язаний із результатами вимірень, проведених у чіткій відповідності до стандарту. Цей параметр характеризує дисперсію значення, яке може бути обґрунтовано приписано вимірюваній величині. Тому його значення є орієнтиром під час проведення відповідних вимірювань у ВЛ.

Уведено поняття «відтворюваність» (reproducibility) результатів вимірень. Її числове значення використовують для оцінення близькості значень, отриманих під час вимірювання однієї й тієї саме фізичної величини, проведених за різних значень однієї або більше впливних величин (influence quantity), які зазначені у конкретному стандарті. У загальному випадку відтворюваність результатів залежить також і від інших чинників, тому ступінь близькості результатів може бути встановлена лише з певною ймовірністю.

Уведено поняття «коефіцієнт чутливості» (sensitivity coefficient), який характеризує змінення вимірюваної фізичної величини залежно від однієї з впливних величин. Очевидно, що визначення коефіцієнтів чутливості для кожного виду випробувань є достатньо трудомісткою науково-дослідною роботою.

Оцінення невизначеності результатів вимірень рівнів емісії не становить принципових труднощів. Процедура випробувань чітко регламентована у відповідних стандартах ДСТУ CISPR, наприклад, для обладнання інформаційних технологій у ДСТУ CISPR 22:2007 [6]. Вимоги до вимірювального та допоміжного устаткування детально описано у ДСТУ CISPR 16-1:2005 [7]. Слід звернути увагу, що згідно з новою структурою CISPR 16 ця частина має позначення CISPR 16-1-1:2010, яке ще не гармонізоване в Україні.

Можна стверджувати, що наявна нормативна база за визначення рівнів емісії є достатньою для забезпечення міжлабораторних порівняльних випробувань із високим ступенем відтворюваності їхніх результатів. Інша ситуація із проведенням порівняльних випробувань за параметрами стійкості технічних засобів. Саме нормативне забезпечення цих випробувань є предметом поглибленого розгляду цієї статті.

Джерела невизначеності результатів випробувань ТЗ на стійкість

У стандарті CISPR 16-4-1 [2] уведено категорії джерел невизначеності під час проведення стандартизованих вимірень рівня емісії, які повною мірою можуть бути застосовані до випробувань на стійкість. Уведено три категорії джерел невизначеності, обумовлені, відповідно: ВЛ; випробувальним стандартом і випробовуваними зразками продукції.

До можливих джерел невизначеності, пов'язаних із випробувальною лабораторією, у [2] віднесено: навички оператора, який проводить випробування; опрацювання результатів; протоколювання; ступінь упрощення вимог стандарту в процедури випробувань і програмне забезпечення; система якості. Очевидно,

що числове значення внеску цих джерел до бюджету невизначеності результатів випробувань може бути оцінене лише експертним чином. Тому цю групу джерел невизначеності може бути оцінено під час проведення зовнішнього та внутрішнього аудитів.

До джерел невизначеності, пов'язаних із випробувальним стандартом, у [2] віднесено: характеристики випробувального обладнання, зокрема невизначеність результатів атестації та верифікації; описання процедури випробувань; навколишні умови; розміщення випробовуваного обладнання (ВО); функціонування ВО; тип ВО. Числові значення основних джерел невизначеності, пов'язаних із випробувальним і вимірювальним обладнанням, зазначено у технічній документації на обладнання та засоби вимірювання, свідоцтвах про метрологічну атестацію, калібрування і протоколах верифікації. Отже, частину зазначеної категорії джерел невизначеності може бути враховано достатньо коректно, як це зроблено в [1, 8, 9].

Серед джерел невизначеності, віднесених до випробовуваного обладнання, найбільші труднощі в процесі аналізування внеску в невизначеність результату випробувань викликає облік стабільності якості функціонування ВО. Крім того, результат випробувань, зазвичай, є якісним, а не кількісним [1]. Стійкість ТЗ характеризується чотирма якісними критеріями стійкості. У стандартах ІЕС, які розглядають [10—14], ці критерії визначено так:

- нормальна якість функціонування в межах, установлених виробником, замовником чи покупцем;
- тимчасовий вихід з ладу чи погіршення робочих характеристик, що відновлюються після припинення збурення, і після чого випробне обладнання відновлює нормальну якість функціонування без втручання оператора;
- тимчасовий вихід з ладу чи погіршення робочих характеристик, виправлення яких потребує втручання оператора;
- вихід з ладу або погіршення робочих характеристик, які є незворотними в зв'язку з ушкодженням апаратного чи програмного забезпечення або втраченою даних.

Фактично стійкість ТЗ залежить від багатьох внутрішніх чинників, наприклад, ресурсу й «утоми» елементної бази. Тому говорити стосовно відтворюваності (повторюваності) результатів достатньо складно.

Невизначеність результатів випробувань ТЗ на стійкість

Випробування ТЗ на стійкість до дії сторонніх електромагнітних завад, регламентовані TR, містять 16 видів випробувань, які відображають різноманітність електромагнітних явищ (гармонічних та імпульсних). У табл. 1 представлено результати оцінень невизначеності, які проведено за участі автора [1, 6, 7] для найчастіше використовуваних видів випробувань ТЗ

на стійкість, зокрема регламентованих стандартами [10—16]. Акцент зроблено на імпульсні види впливів, які є найскладнішими для аналізу. Значення, представлені у третьому стовпчику табл. 1, дають змогу оцінити внесок невизначеності результатів атестації відповідного випробувального генератора.

Аналіз представлених результатів свідчить, що невизначеність результатів випробувань, обумовлена всіма суттєвими чинниками, не перевищує 20 %.

Особливістю розглянутих видів випробувань є те, що відповідні стандарти регламентують значні допус-

тимі відхили на параметри імпульсів. Значення цих допустимих відхилів для амплітудних і часових параметрів імпульсів представлено у табл. 2.

Як видно з табл. 2, допустимі відхили параметрів випробувальних імпульсів напруги (сили струму) сягають 30 %. Відомо, що рівень стійкості ТЗ може залежати від потужності завади (значення похідної) й енергетичних параметрів впливального чинника. У табл. 2 представлено оцінення фактичних допусків на дестабілізувальну дію у частині потужності завади. Для імпульсних процесів дестабілізувальну

Таблиця 1. Значення невизначеності результатів атестації випробувальних генераторів і результатів випробувань ТЗ на стійкість

Стандарт ІЕС	Вид електромагнітної завади	Значення стандартної невизначеності результатів атестації генератора, %	Значення стандартної невизначеності результатів випробувань, %
61000-4-2 [10]	Електростатичний розряд	15,4	16,7
61000-4-4 [11]	Швидкі перехідні процеси / пакети імпульсів	1,9	3,0
61000-4-5 [12]	Сплеск напруги 1,2/50 мкс	2,9	5,6
	Сплеск напруги 10/700 мкс	1,53	4,2
61000-4-9 [13]	Імпульсне магнітне поле	2,6	13,9
61000-4-10 [14]	Загасне коливальне магнітне поле	2,6	13,9
61000-4-12 [15]	Загасні коливальні завади	1,8	2,6
61000-4-18 [16]	Загасна коливальна хвиля	1,8	2,6

Таблиця 2. Допустимі відхили параметрів впливних сигналів, регламентовані стандартами ІЕС серії 61000-4

Стандарт ІЕС	Вид електромагнітної завади	Допустимі відхили на амплітуду, %	Допустимі відхили на тимчасові параметри, %	Коефіцієнт ¹⁾ допустимого відхилу на дестабілізувальну дію
61000-4-2 [10]	Електростатичний розряд	±10	-30	1,74
61000-4-4 [11]	Швидкі перехідні процеси / пакети імпульсів	±10	±30	2,28
61000-4-5 [12]	Сплеск напруги 1,2/50 мкс	±10	±30	2,28
	Сплеск напруги 10/700 мкс			
61000-4-9 [13]	Імпульсне магнітне поле	±20	±30	2,8
61000-4-10 [14]	Загасне коливальне магнітне поле	±20	±30	2,8
61000-4-12 [15]	Загасні коливальні завади	±10	±30	2,28
61000-4-18 [16]	Загасна коливальна хвиля	±10	±20	1,85

Примітка: ¹⁾ Оцінення дестабілізувальної дії завади здійснено з урахуванням закону електромагнітної індукції Фарадея.

Коефіцієнт визначено як відношення допустимого максимального значення похідної до її мінімального значення. ►

дію оцінено як усереднену похідну за формулою A/T , де A — амплітуда сигналу, T — тривалість фронту імпульсу. Значення коефіцієнта, занесене до останнього стовпчика табл. 2, визначено як відношення допустимого максимального значення похідної до її мінімального значення. Як видно з табл. 2, дестабілізуюча дія завади (за потужності) може відрізнятись у понад 2 рази. Припустима розбіжність енергетичних показників завади (за параметром інтегралу дії) має приблизно такий самий коефіцієнт.

ВИСНОВКИ

Загальна невизначеність результатів випробувань ТЗ на стійкість до дії сторонніх електромагнітних завад, які розглянуто, не перевищує 20 %.

Дестабілізуюча дія завади залежно від параметрів випробувального генератора може відрізнятись у понад 2 рази.

Отже, у розглянутих випадках результати випробувань мають найбільший коефіцієнт чутливості до параметрів впливального чинника. Тому відтворюваність результатів випробувань насамперед залежить від близькості параметрів впливального чинника, що генерується у різних випробувальних лабораторіях.

Виробники випробувального обладнання мають прагнути мінімізувати відхилення параметрів завади від заданих у стандарті, а випробувальні лабораторії — віддавати перевагу такому обладнанню. Для стимуляції такого процесу доцільно зменшити дозволені допустимі відхилення шляхом внесення відповідних змін до стандартів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Князев В. В., Лесной И. П. Оценка неопределенности результатов испытаний технических средств по параметрам ЭМС // Системы обработки информации. — Выпуск 6 (64): Неопределенность измерений: научные, нормативные, прикладные и методические аспекты. — Харьков, 2007. — С. 44—46.
2. CISPR 16-4-1:2009. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 4-1 Uncertainties, statistics and limit modeling — Uncertainties in standardized EMC test.
3. CISPR 16-4-2:2009. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 4-2 Uncertainties, statistics and limit modeling — Uncertainty in EMC measurements.
4. CISPR 16-4-3:2009. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 4-3 Uncertainties, statistics and limit modeling — Statistical considerations in the determination of EMC compliance of mass-produced products.
5. CISPR 16-4-4:2009. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 4-4 Uncertainties, statistics and limit modeling — Statistics of complaints and a model for the calculation of limits for the protection of radio services.
6. ДСТУ CISPR 22:2007. Обладнання інформаційної технології. Характеристики радіозавод. Норми та методи вимірювань (CISPR 22:2006, IDT)
7. ДСТУ CISPR 16-1:2005. Технічні умови до апаратури та методів вимірювання радіозавод і несприйнятливості. Частина 1. Апаратура для вимірювання радіозавод і несприйнятливості (CISPR 16-1:2002, IDT).
8. Князев В. В. Оценка неопределенности результатов подтверждения соответствия технических средств требованиям технического регламента Украины по электромагнитной совместимости // Системы обработки информации. — Выпуск 1 (91): Неопределенность измерений: научные, нормативные, прикладные и методические аспекты. — Харьков, 2011. — С.139—142.
9. Князев В. В., Сафнюк Г. Ю. Оценка неопределенности результатов аттестации генератора микросекундных импульсных помех большой энергии // Электротехника и Электромеханика. — Том 4, 2008. — С. 30—33.
10. ДСТУ IEC 61000-4-2:2008. Електромагнітна сумісність. Частина 4-2. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до електростатичних розрядів (IEC 61000-4-2:2001, IDT).
11. ДСТУ IEC 61000-4-4:2008. Електромагнітна сумісність. Частина 4-4. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до швидких перехідних процесів/пакетів імпульсів (IEC 61000-4-4:2004, IDT).
12. ДСТУ IEC 61000-4-5:2008. Електромагнітна сумісність. Частина 4-5. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до сплесків напруги та струму (IEC 61000-4-5:2005, IDT).
13. ДСТУ IEC 61000-4-9:2007. Електромагнітна сумісність. Частина 4-9. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до імпульсних магнітних полів (IEC 61000-4-9:2001, IDT).
14. ДСТУ IEC 61000-4-10:2008. Електромагнітна сумісність. Частина 4-10. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до загасного коливального магнітного поля (IEC 61000-4-10:2001, IDT).
15. 61000-4-12. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-12: Testing and measurement techniques — Ring wave immunity test.
16. 61000-4-18. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-18: Testing and measurement techniques — Damped oscillatory wave immunity test. ■