

doi:10.15199/48.2023.11.49

Pomiarowe i normatywne aspekty badań kompatybilności elektromagnetycznej

Streszczenie. Publikacja dotyczy problematyki oceny wyników badań kompatybilności elektromagnetycznej (KEM). Badania obejmują pomiary poziomów emisji przewodzonej i promieniowanej, generowanej przez urządzenie oraz testy odporności urządzenia na zaburzenia przewodzone i promieniowane. Przeanalizowano problematykę dokładności pomiarów emisji w aspekcie zapewnienia tzw. zapasu KEM, a także zaproponowano algorytm oceny wyników w testach odporności, wyznaczający dodatkowe parametry jakościowe, związane z zapasem odporności urządzenia.

Abstract. The paper deals the issue of results evaluating of electromagnetic compatibility (EMC) tests. The tests embrace the measurements of levels of conducted and radiated emission generated by device and the immunity tests of device against conducted and radiated disturbances. The accuracy of emission measurements was analyzed in terms of ensuring the EMC reserve. An algorithm for evaluating the results of immunity tests was proposed, determining an additional quality parameters related to the device's immunity reserve. (The measurement aspects and result estimations in the electromagnetic compatibility tests).

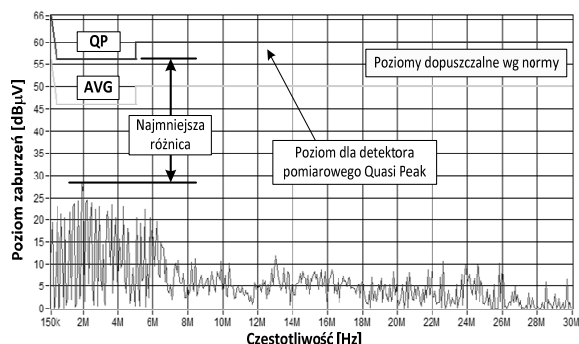
Słowa kluczowe: kompatybilność elektromagnetyczna (KEM), pomiary poziomów emisji, testy odporności, dokładność badań.

Keywords: electromagnetic compatibility, measurement of emission levels, immunity tests, testing accuracy.

Wprowadzenie do zagadnienia

Badania kompatybilności elektromagnetycznej nowego wyrobu lub wyrobu poddanego modyfikacjom konstruktorskim wykonuje się jako badania inżynierskie (konstruktorskie), badania wstępne pierwszego prototypu, mające na celu rozpoznanie ewentualnych problemów z KEM oraz badania finalne, na podstawie których producent lub importer wyrobu może sporządzić deklarację zgodności dla tego wyrobu. W każdej z tych grup badań rozważa się pomiary poziomów emisji promieniowanej lub/i przewodzonej oraz testy odporności obiektu na zaburzenia promieniowane lub/i przewodzone. Zakres zalecanych badań precyzują normy przedmiotowe dla danej grupy produktów. Normy te określają jakie rodzaje pomiarów należy wykonać w zakresie oceny emisji, jakie są dopuszczalne poziomy zaburzeń, a także podają, jakie rodzaje badań należy wykonać w ramach testów odporności i jakie są dopuszczalne kryteria oceny dla poszczególnych testów.

Ocena emisyjności produktu dokonywana jest na podstawie wyników pomiarów zaburzeń dla danych częstotliwości w zalecanym paśmie. Wyniki te są porównywane z maksymalnymi (dopuszczalnymi) wartościami zdefiniowanymi normatywnie dla określonych częstotliwości. Wynik badań jest pozytywny, jeżeli całe widmo zmierzonych zaburzeń (przewodowych/promieniowanych) znajduje się pod tzw. limitem dopuszczalnym, jak w przykładzie pokazanym na rysunku 1.



Rys. 1. Przykładowy wynik pomiaru poziomów emisji przewodzonej

Podczas badań należy zwrócić szczególną uwagę na zalecany normami typ detektora pomiarowego w celu

stwierdzenia, czy odpowiedni detektor został zaimplementowany w użytym przyrządzie pomiarowym. Bardzo istotne znaczenie ma zachowanie spójności jednostek w jakich wyrażane są wyniki. Zwykle są to jednostki używane w skalowaniu logarytmicznym, odniesione do typowych, ogólnie przyjętych poziomów (tzw. decybele bezwzględne), np. dB(μ V) dla pomiarów zaburzeń przewodzonych lub dB(μ V/m) w przypadku pomiarów zaburzeń promieniowanych.

Szczegółowe protokoły pomiarowe są znane wyłącznie podmiotowi zlecającemu badania, zaś ocena, która jest upubliczniana, występuje w tzw. formie zero-jedynkowej, czyli jako wynik pozytywny lub negatywny. Doświadczenia autora potwierdzają, że bywają przypadki badanych urządzeń EUT (*ang. Equipment Under Test*), poddanych pomiarom emisyjności, dla których poziomy zmierzonych zaburzeń zbliżają się niepokojąco do wartości dopuszczalnych w poszczególnych fragmentach widma, choć wynik jest uznawany jako pozytywny. Taka sytuacja w praktyce może powodować duży rozrzut KEM dla serii produkowanych urządzeń, w efekcie czego w poszczególnych egzemplarzach serii widmo zaburzeń może zostać przekroczone w stosunku do limitu normatywnego. Problem jednak tkwi w tym, że nie ma wymogu badania każdego urządzenia, a wystarczy poddać analizie jeden egzemplarz z serii.

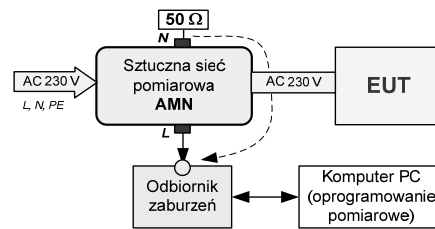
Drugim zagadnieniem, rozważanym w ramach oceny KEM są badania odporności EUT, polegające na poddaniu obiektu zalecanym w normie narażeniom w środowisku laboratoryjnym. W tym obszarze badań zagadnienia metrologiczne bezpośrednio nie występują, ponieważ wyniki testów odporności są opisowe i odnoszą się do funkcjonalności EUT ocenianej podczas trwania danego testu oraz po jego zakończeniu. Jako parametry oceny stosowane są standardowe kryteria literowe: A, B, C i D, odnoszące się do ogólnej reakcji EUT na zaburzenie, gdzie A opisuje całkowity brak reakcji na test, zaś D, odnosi się do uszkodzenia urządzenia podczas testu lub trwałej utraty danych z jego pamięci. Dla większości urządzeń normy przedmiotowe wskazują kryterium B (podczas testu urządzenie może cechować się dysfunkcjami, ale po ustaniu testu ma samoczynnie wrócić do poprawnej pracy), dla wymagane poziomu probierczego (tzw. ostrości testu) w danym rodzaju testu, np. dla danego wyrobu w przypadku kontaktowego wyładowania ESD z poziomem ± 2 kV, wymagane jest kryterium B. Kryterium C jest rzadziej

rekomendowane z uwagi na fakt, że dopuszcza dysfunkcję EUT podczas testu i po ustąpieniu badania urządzenie nie wraca samoczynnie do poprawnej pracy – wymagana jest ingerencja operatora. Wynik pozytywny testu odnosi się do uzyskania kryterium wymaganego lub „lepszego”, w rozumieniu korzystniejszego, czyli np. dla wymaganego kryterium B, otrzymano podczas testu również B lub otrzymano korzystniejszy wynik A. W przypadku testów odporności również powinno się poddać analizie zapas kompatybilności, ponieważ z doświadczeń autora wynika, że bywają EUT gdzie powtarzając konkretny, wymagany test kilkakrotnie, uzyskuje się w większości iteracji zalecane kryterium, ale w niektórych iteracjach wynik jest gorszy, czyli negatywny. Z reguły nie ma wymogu powtarzania testów w większej liczbie niż wskazują zalecane procedury badawcze, więc dla urządzenia, będącego na tzw. granicy KEM w zakresie odporności, może się zdarzyć, że statystyczny wynik będzie pozytywny w jednym podejściu, ale nie oznacza to, że kolejne, nieobligatoryjne próby go potwierdzą.

Należy wspomnieć, że do spełnienia wymagań dyrektywy KEM [1], która jest dokumentem obligatoryjnym w UE, badane urządzenie musi uzyskać jednocześnie wyniki pozytywne we wszystkich zalecanych pomiarach poziomów emisji oraz pozytywne wyniki wszystkich, wskazanych w normie produktu, testów odporności. Obecnie dopuszczalna praktyka pozwala w deklaracji zgodności informować użytkownika, że urządzenie **spełnia wymagania** zalecanych norm emisji i odporności dla danego typu produktu. Normy te są wyszczególnione w deklaracji **CE**, a ich spełnienie oznacza pozytywny wynik badań KEM. Ta forma wymagań nie określa jednak zapasu kompatybilności elektromagnetycznej. Dodanie np. dodatkowych parametrów liczbowych lub kodowych w deklaracji zgodności, klasyfikujących obiekt w danym przedziale zapasu KEM, zapewne nie byłoby dobrze odbierane marketingowo z punktu widzenia konkurencyjności, ale w ujęciu inżynierskim wnosiłoby bardzo istotnie informacje użytkowe.

Ocena emisji przewodzonej i promieniowanej

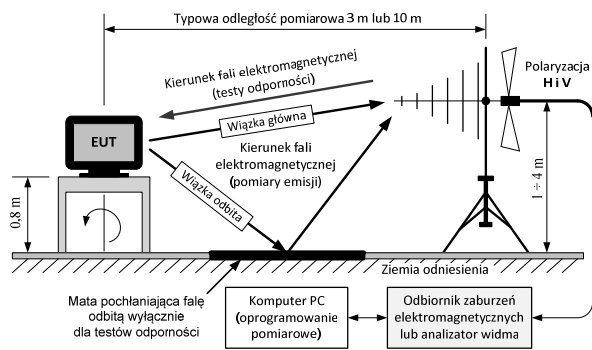
Pomiary poziomów emisji (emisyjności) przewodzonej (przewodowej) obejmują głównie analizę zaburzeń generowanych przez badany obiekt i wprowadzanych do linii zasilających oraz innego rodzaju okablowania, współpracującego z obiektem, stanowiącego jego interfejs. Integralną częścią stanowiska do badań zaburzeń w linii zasilającej AC lub DC jest strukturalnie znormalizowana sztuczna sieć pomiarowa AMN (*ang. Artificial Mains Network*), będąca rodzajem CDN (*ang. Coupling / Decoupling Network*). Obwód sprzężenia służy do dołączenia odbiornika zaburzeń lub analizatora widma do linii zasilania L lub N w przypadku zasilania AC oraz do linii + lub -, w opcji zasilania DC. Obwód służący do odsprężania jest pasywnym filtrem RLC, tłumiącym mierzone zaburzenia z poziomem minimum 10 dB w kierunku zewnętrznej linii zasilającej oraz filtrem ograniczającym sieciowe zaburzenia tła z takim samym współczynnikiem tłumienia w kierunku obwodów pomiarowych. Widok przykładowego stanowiska z wykorzystaniem sztucznej sieci typu V (pomiar zaburzeń asymetrycznych) oraz jego schemat blokowy pokazano na rysunku 2. Pomiary wykonuje się osobno dla przewodu L i N w paśmie częstotliwości 150 kHz ÷ 30 MHz. Dla niektórych EUT, m.in. zawierających przekształtniki energoelektroniczne, pasmo analizy ma dodatkowy przedział częstotliwości 9 kHz ÷ 150 kHz. Zalecanym detektorem pomiarowym jest detektor Quasi Peak (QP).



Rys.2. Widok i schemat blokowy stanowiska do pomiaru emisji przewodzonej w linii zasilającej AC

Dokładność pomiarów jest zdeterminowana parametrami metrologicznymi AMN oraz odbiornika zaburzeń, którym może być również analizator widma, spełniający pewne wymagania. Parametry pomiarowe analizatora dotyczą przede wszystkim rozdzielczości i stabilności częstotliwości, rozdzielczości i stabilności pomiaru amplitudy, zwykle rzędu ± 1 dB oraz niepewności detektora pomiarowego, co często nie jest wprost podawane w dokumentacji. W przypadku niektórych producentów, podawane są w pewnych przypadkach zależności analityczne, dedykowane do obliczenia dokładności pomiaru, w zależności od zakresu częstotliwości analizy oraz innych ustawień funkcjonalnych, takich jak: wartość tłumienia wejściowego i rozdzielczość analizy. Zazwyczaj finalna wartość względnej niepewności wyników pomiaru jest rzędu kilku %. Zasadniczym źródłem niedokładności toru z rys. 2 jest AMN, która w początkowym przedziale zakresu częstotliwości, wprowadza błąd rzędu nawet kilkudziesięciu %. W miarę wzrostu częstotliwości, błąd ten maleje i jest zwykle mniejszy niż 1% [2]. Analiza zaburzeń przewodzonych wymaga uwzględnienia zaburzeń tła, jednak w większości przypadków, gdy różnica poziomów między widmem samego tła i widmem zmierzonych zaburzeń, zawierającym udział tła, jest większa niż 6 dB, nie eliminuje się z wyniku wpływu tła. Zaburzenia przewodzone wyraża się w skali logarytmicznej bezwzględnej, gdzie jednostką jest najczęściej decybel odniesiony do 1 μ V, czyli dB(μ V). Korzystanie z miary bezwzględnej, pozwala nie tylko na ocenę wzmocnienia sygnału, ale również na ustalenie wartości sygnału wyjściowego, co ma istotne znaczenie w pomiarach KEM, w trakcie których mierzone jest wprost napięcie zaburzeń.

W przypadku realizacji pomiarów poziomów emisji promieniowanej, głównym źródłem błędów jest zespół antenowy. Szczegółowe parametry stanowiska laboratoryjnego, dedykowanego do badań emisji promieniowanej, podobnie jak w przypadku stanowiska z rysunku 2, opisane są w stosownych normach, np. [3]. Pokazany na rysunku 3 szkic sytuacyjny stanowiska do pomiaru zaburzeń promieniowanych, reprezentuje wyłącznie główne, typowe parametry przestrzenne pola pomiarowego. W pomiarach tych istotny jest dystans pomiarowy 3 m lub 10 m, zależny od wymiarów wykorzystywanej komory pomiarowej, konieczność aplikacji obrotowego stołu laboratoryjnego, wykonanego z materiałów niemagnetycznych, wykorzystanie szerokopasmowej anteny kierunkowej, najczęściej bi-logarytmicznej o regulowanej wysokości i zmiennej polaryzacji (poziomej H i pionowej V).



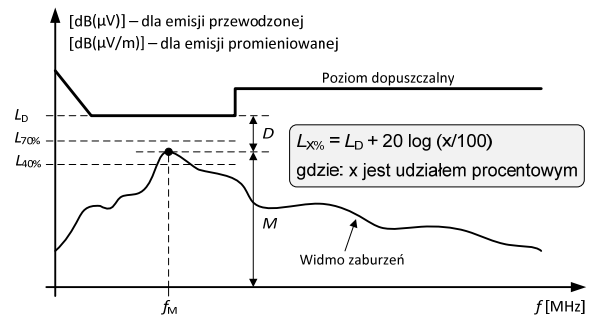
Rys.3. Szkic sytuacyjny stanowiska laboratoryjnego dedykowanego do pomiaru poziomów emisji promieniowanej oraz realizacji testów odporności EUT na zaburzenia promieniowane w. cz.

Analiza niepewności pomiaru poziomów zaburzeń radioelektrycznych promieniowanych jest bardzo skomplikowana i nie jest bezpośrednim przedmiotem rozważań niniejszego opracowania. Niepewność zależy od wielu czynników użytkowanego stanowiska pomiarowego, dla którego jednymi z ważniejszych czynników są parametry metrologiczne anteny z uwzględnieniem jej zysku i charakterystyk kierunkowych [4], rodzaj, jakość i ułożenie geometryczne kabla łączącego antenę z odbiornikiem (wpływ zaburzeń asymetrycznych) oraz parametry samego środowiska pomiarowego, które zazwyczaj ma postać zamkniętej, bezodbiorniczej komory pomiarowej. W tym obszarze uwzględnia się poziom tła elektromagnetycznego, temperaturę powietrza i jego wilgotność. Dodatkowymi czynnikami są parametry użytej aparatury pomiarowej oraz wymagania formalno-prawne, dotyczące np. współczynników rozszerzania niepewności pomiarowej. Pomiar pola elektromagnetycznego cechują się stosunkowo małą precyzją w stosunku do innych pomiarów środowiskowych lub elektrycznych. Niezależnie, czy pomiary realizowane są w strefie oddziaływań bliskich, gdzie mierzy się osobno parametry pola elektrycznego i magnetycznego, czy dotyczą one oddziaływań o wysokiej częstotliwości w przestrzeni dalekiej, to szacowane niepewności złożone dobrej klasy stanowisk stacjonarnych, jak i przenośnych, mogą osiągać nawet wartości $20 \div 30\%$.

Badania z wykorzystaniem stanowiska z rysunku 3, wymagają zmian ustawień przestrzennych EUT, dokonywanych za pomocą odpowiedniego ułożenia obiektu na stole oraz rotacji stołu, jak również zmian wysokości anteny i jej polaryzacji. Spośród kombinacji zalecanych ustawień, największa zmierzona wartość zaburzeń, odpowiadająca danej częstotliwości jest porównywana z poziomem dopuszczalnym dla tej częstotliwości. Pasma pomiarów zawiera się w przedziale $30 \text{ MHz} \div 1 \text{ GHz}$. W pewnych analizach, górna granica może sięgać do 3, 6 lub nawet 40 GHz. Zalecana rozdzielczość częstotliwości, podobnie jak w pomiarach emisji przewodzonej, wynosi 9 kHz. Sugeruje się również dobranie odpowiedniego detektora w odbiorniku zaburzeń. Wynikiem analizy jest widmo zaburzeń, prezentowane w częstotliwościowym paśmie analizy z naniesionym poziomem dopuszczalnym, zgodnym z dedykowaną normą. Poziom widma zaburzeń wyraża się zwykle w $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ i jest interpretowany jako natężenie pola zaburzeń. Wykorzystanie miary składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego (PEM) jest typowe we wskazanym powyżej paśmie częstotliwości z uwagi na rodzaj użytego detektora. W niektórych rodzajach badań, korzysta się z dolnego pasma częstotliwości $150 \text{ kHz} \div 30 \text{ MHz}$, gdzie poddaje się rozładze składową magnetyczną PEM, wykorzystując zestawy anten pętlowych i prezentując

wynik odnoszący się do natężenia składowej magnetycznej (A/m). W pomiarach związanych z oceną narażenia organizmów żywych na ekspozycję w PEM w. cz. w środowisku mieszkaniowym i przemysłowym, poddaje się analizie gęstość mocy mikrofalowej PEM (W/m^2). Procedury i algorytm realizacji badań nie jest przedmiotem rozważań w publikacji i stanowi odrębną część zagadnień. Autor tego opracowania skupia się głównie na interpretacji uzyskanych w ramach badań wyników.

Biorąc pod uwagę występowanie znacznych wartości niepewności w pomiarach oddziaływań polowych, a także dosyć dużych niepewności w pomiarach zaburzających napięć przewodowych, autor niniejszego opracowania zaproponował metodę szacowania tzw. zapasu kompatybilności elektromagnetycznej w grupie badań związanych z ogólnie rozumianą emisyjnością. Należy przyjąć, że szacowanie to ma sens wyłącznie dla wyniku pozytywnego pomiaru emisji przewodzonej lub promieniowanej, czyli wtedy, kiedy całość widma nie przekracza poziomów dopuszczalnych. Metoda bazuje na zlokalizowaniu najmniejszej różnicy D , wskazanej na rysunku 4, między widmem zburzeń, a normatywnym poziomem dopuszczalnym. Analiza w pierwszym kroku obejmuje zlokalizowanie minimalnego dystansu D w opcji manualnej lub automatycznej realizowanej przez oprogramowanie pomiarowe systemu laboratoryjnego.



Rys.4. Interpretacja metody szacowania jakości EUT z punktu widzenia jego emisyjności przewodzonej lub promieniowanej

Drugim etapem jest ustalenie wartości poziomu widma zaburzeń M dla miejsca występowania minimalnej różnicy D . Następnie oblicza się dwa obniżone przedziały procentowe (zależność z rys. 4) poziomu dopuszczalnego L_D , odczytane go z normy dla częstotliwości f_M . Założono arbitralnie, że będzie to obniżenie limitu L_D do 70% jego wartości $L_{70\%}$ oraz do poziomu 40%, czyli $L_{40\%}$. Obniżone poziomy wyrażone są w skali logarymicznej i mają tworzyć trzy przedziały „jakościowe”, gdzie w ostatnim etapie algorytmu, do jednego z nich zostanie zakwalifikowana wartość M , co będzie określać jakość EUT z punktu widzenia emisyjności. Należy zauważyć, że faktyczne obniżenia procentowe dla L_D muszą dotyczyć wartości wyrażanych w jednostkach skalowanych liniowo, czyli w przypadku emisji przewodzonej jest to μV , zaś dla pomiarów zaburzeń promieniowanych, jest to najczęściej $\mu\text{V}/\text{m}$. Zlecający badania z reguły dysponuje wyłącznie nieedytowalnym wykresem, stanowiącym wynik badania np. w postaci pliku o formacie .pdf lub wręcz ma tylko wydruk papierowy. W dostarczanych raportach laboratoryjnych, jednostki zmierzonych zaburzeń są spójne z jednostkami normatywnych poziomów granicznych i dotyczą skali logarymicznej. Ułatwieniem jest więc skorzystanie z wzoru (rys. 4), który przelicza rzeczywiste procentowe poziomy w skalowaniu liniowym na miarę decybelową bezwzględną. W tabeli 1 zestawiono przedziały określające zaproponowane przez autora klasy emisyjności EUT.

Tabela 1. Proponowane klasy emisyjności dla EUT

| Klasa emisyjności przewodzonej (E_C) lub promieniowanej (E_R) | Przedział, w którym znajduje się M |
|---|--------------------------------------|
| E_{C1} lub E_{R1} | $<0 ; L_{40\%}>$ |
| E_{C2} lub E_{R2} | $(L_{40\%} ; L_{70\%})$ |
| E_{C3} lub E_{R3} | $(L_{70\%} ; L_D)$ |

Dolny próg przedziału dla klasy trzeciej, został przyjęty jako 30%-owe obniżenie L_D , co pokrywa się często z przedziałem niepewności pomiaru, zatem jest to przedział określający najgorszą klasę EUT. Przykładowa analiza dla emisji przewodzonej: $M = 50 \text{ dB}(\mu\text{V})$, $L_D = 56 \text{ dB}(\mu\text{V}) \rightarrow 631 \mu\text{V}$. Obliczono: $L_{70\%} = 53 \text{ dB}(\mu\text{V}) \rightarrow 447 \mu\text{V}$, $L_{40\%} = 48 \text{ dB}(\mu\text{V}) \rightarrow 251 \mu\text{V}$, co kwalifikuje EUT w klasie E_{C2} .

Ocena odporności za zaburzenia

Ocena odporności stosowana w standardowych testach jest opisowa i odnosi się do kryteriów literowych. Często obserwuje się, że mały zapas KEM powoduje np. losowe występowanie gorszego wyniku niż wymagany w normie przedmiotowej podczas powtarzania testu. Proponowany algorytm szacowania zapasu odporności dla EUT w danym teście, który uzyskał wynik pozytywny, może być oparty na:

- analizie liczby iteracji danego testu z otrzymanym sporadycznie / losowo gorszym kryterium,
- zwiększeniu poziomu probierczego (tzw. ostrości),
- fakcie, że wynik jest za każdym razem lepszy niż rekomendowany w normie przedmiotowej / produktu.

Najlepsza wydaje się opcja b), czyli procentowe zwiększenie poziomu probierczego (ostrości), wymaganego w normie dla danego typu testu L_N . Przyjęto arbitralnie zwiększenie nominalnej ostrości o 40% i 70%, co odnosi się do niektórych rodzajów badań, w których te procentowe udziały w różnych procedurach są rozważane, np. dla grupy badań odporności EUT na zapady napięcia zasilającego.

Tabela 2. Proponowane klasy odporności dla EUT

| Wymagany wg normy poziom testu L_N i wymagane kryterium oceny | | | Klasa odporności I_x |
|---|-----------------|-----------------|------------------------|
| L_N | $1,4 \cdot L_N$ | $1,7 \cdot L_N$ | |
| np. B | B | B | I_1 |
| np. B | B | C | I_2 |
| np. B | C | C lub D | I_3 (najgorsza) ! |

Dla przykładu, test typu EFT/Burst [5] z parametrami zalecanymi np. $L_N = \pm 1 \text{ kV}$ i wymaganym kryterium B, należy dodatkowo powtórzyć z podwyższonymi poziomami: $\pm 1,4 \text{ kV}$ i $\pm 1,7 \text{ kV}$ oraz zakwalifikować EUT do odpowiedniej klasy, zgodnie z tabelą 2. Standardowe wartości ostrości rozważane w badaniach linii zasilających w tego typu teście, to: $\pm 0,5 \text{ kV}$, $\pm 1 \text{ kV}$, $\pm 2 \text{ kV}$ i $\pm 4 \text{ kV}$.

Ocena poziomu kompatybilności elektromagnetycznej

Wprowadzenie pojedynczego literowego lub liczbowego współczynnika, opisującego jakościowo KEM urządzenia, odnoszącego się zarówno do zapasu emisyjności, jak również zapasu odporności, nie jest rekomendowane, choć takie próby były podejmowane. Uzasadnieniem jest różnorodność wskazanych dla EUT rodzajów badań, szczególnie w obszarze odporności, gdzie sygnały zaburzające nie są ze sobą skorelowane i ich związek analityczny może być nieznyany lub w ogóle nie występuje. Nie można więc uśredniać wagowo klas odporności dla poszczególnych rodzajów badań, jak również próbować wiązać ich analitycznie z uzyskanymi klasami emisyjności E_C lub E_R , ponieważ zostałaby utajniona informacja o składowych zapasach KEM, które mogłyby mieć parametry krytyczne. Proponowane metody oceny zapasu KEM są zgrubne i służą wyłącznie do celów szacunkowych. Należy zauważyć, że tzw. procentowe podwyższanie zaburzeń w badaniach odporności odnosi się najczęściej do amplitudy

sygnału probierczego. W praktyce, występują czasem złożone procedury testowe, szczególnie w ocenie odporności na zaburzenia promieniowane, gdzie istotne są poziomy amplitud, ale także parametry czasowe lub częstotliwościowe sygnałów zaburzających. W przypadku emisji, wiadomym jest, że sygnały zakłócające o różnych przedziałach częstotliwości w różnym stopniu są źródłem zaburzeń dla innych urządzeń, co sugerowałoby wprowadzenie indywidualnych przedziałów jakościowych w funkcji przedziałów częstotliwości. Istotą analizy jest ustalenie w sposób szybki i zgrubny, czy wyrób będzie miał stabilne parametry KEM w zakresie emisji i odporności, a więc tworzenie wielu wąskich przedziałów klasyfikacji jakościowej, byłoby raczej działaniem bezpodstawnym.

Zapas KEM dla wyrobu mógłby być publikowany np. w formie suplementu do deklaracji zgodności, jako stabelaryzowany wykaz klas w odniesieniu do poszczególnych, zalecanych rodzajów badań emisji i odporności. Podobną funkcję pełni deklaracja właściwości użytkowych (DWU) np. dla wyrobów elektrycznych, przeznaczonych dla budownictwa.

Podsumowanie

Przedstawiona koncepcja wynika przede wszystkim z doświadczeń badawczych autora (komercyjne prace zlecone – stąd m.in. brak konkretnych przykładów w niniejszej publikacji) oraz z rekonesansu opartego na upublicznionych w mediach protokołach badań, w szczególności dotyczących pomiarów emisji. Inspiracją do szacowania zapasu KEM wynika z pojawiania się na rynku coraz większej liczby urządzeń elektrycznych, które są zadziwiająco podatne na zakłócenia lub same zakłócają. Niektórzy producenci dbają o odpowiedni zapas odporności swoich wyrobów i żądają podczas realizacji badań zwiększenia ostrości testów powyżej poziomów zalecanych o standardowe progi probiercze, co czasami bywa przewymiarowaniem problemu, a niekiedy nawet uszkadza EUT [6]. Urządzenia dedykowane do pewnych branż, np. energetyki zawodowej lub motoryzacji, muszą być badane obligatoryjnie z bardziej restrykcyjnymi wymaganiami niż większość urządzeń powszechnego użytku.

Autorzy: dr inż. Damian Gonszcz, Politechnika Śląska, Katedra Metrologii, Elektroniki i Automatyki, ul. Akademicka 10, 44-100 Gliwice, E-mail: damian.gonszcz@polsl.pl

LITERATURA

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do KEM, 2014
- [2] Gonszcz D., Sieci sprzęgająco-odsprzęgające stosowane w badaniach kompatybilności elektromagnetycznej, Miesięcznik Pomiary Automatyka Kontrola, vol. 59, nr 12/2013
- [3] PN-EN 55011:2016-05/A11:2020-07, Urządzenia przemysłowe, naukowe i medyczne – Charakterystyki zaburzeń o częstotliwości radiowej – Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru
- [4] Tyrawa P., Kałuski M., Zestaw anten pomiarowych do badania emisyjności urządzeń w zakresie częstotliwości od 30 do 1000 MHz, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne 1-2/2005, Instytut Łączności, Warszawa, 2005
- [5] Montrose M. I., Nakauchi E. M., Testing for EMC Compliance. Approaches and Techniques, IEEE Electromagnetic Compatibility Society, IEEE Press, USA, 2004
- [6] Gonszcz D., Rola badań konstruktorskich kompatybilności elektromagnetycznej w procesie wdrażania wyrobu na rynek UE, Przegląd Elektrotechniczny, No 12, Vol 2022