

doi:10.15199/48.2022.12.05

## Rola badań konstruktorskich kompatybilności elektromagnetycznej w procesie wdrażania wyrobu na rynek UE

**Streszczenie.** Publikacja dotyczy analizy potrzeb badawczych kompatybilności elektromagnetycznej (KEM) w zakresie badań konstruktorskich nowego wyrobu, wprowadzanego na rynek UE. Badania te zwykle obejmują wstępne pomiary poziomów emisji oraz testy odporności na wybrane zaburzenia elektromagnetyczne. Przeanalizowano zasadność realizacji takich badań z punktu widzenia optymalizacji kosztów i czasu wdrożenia nowego produktu na rynek, co poparto wynikami własnych doświadczeń autora publikacji.

**Abstract.** The paper deals the analysis of the research needs of electromagnetic compatibility (EMC) in the field of preliminary testing (cognitive research of emission levels and selected immunity tests) of a new product launching to the EU market. The purposefulness of preliminary EMC testing were analyzed from the point of view of cost optimization and time to launch a new product to the market, which was supported by the results of the author's own experience. (*The role of electromagnetic compatibility preliminary testing in the launching of product to the EU market*).

**Słowa kluczowe:** kompatybilność elektromagnetyczna, pomiary poziomów emisji, testy odporności, deklaracja zgodności wyrobu.

**Keywords:** electromagnetic compatibility, measurement of emission levels, immunity tests, conformity declaration of product.

### Wprowadzenie

Obszar zagadnień związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną (KEM) jest zanany od bardzo wielu lat m.in. w branży elektrotechnicznej, telekomunikacyjnej, radiokomunikacyjnej, pomiarowej, a także medycznej. Powyższy obszar zwykle obejmował problematykę szerokorozumianych zakłóceń, ich wzajemnego przenikania pomiędzy urządzeniami lub też obwodami elektrycznymi, w obrębie jednego, autonomicznego urządzenia, jak również dotyczył zagadnień wymaganego poziomu odporności urządzenia (wyrobu) na zewnętrzne zakłócenia elektromagnetyczne. Aktualna sytuacja geopolityczna, polegająca na konieczności przestrzegania przez krajowych producentów dyrektyw Parlamentu Europejskiego, skłania do usystematyzowania procedur badawczych i przyjęcia pewnych standardowych kroków w procesie wdrażania nowego wyrobu do obrotu handlowego.

Kompatybilność elektromagnetyczna jest definiowana literaturowo jako zdolność do poprawnego działania urządzenia lub złożonego systemu w środowisku elektromagnetycznym. W rozumieniu inżynierskim, urządzenie kompatybilne elektromagnetycznie, nie może emitować zaburzeń elektromagnetycznych promieniowanych (pole elektryczne PE, magnetyczne PM, elektromagnetyczne PEM) i przewodzonych (sygnały zakłócające wprowadzane do okablowania zasilającego, sygnałowego, sterującego lub interfejsowego) powyżej dopuszczalnych poziomów, określonych w dedykowanych dla danej grupy urządzeń normach przedmiotowych. Z drugiej strony, urządzenie poddane analizie KEM, musi się cechować wymaganym poziomem odporności na wybrane rodzaje zaburzeń promieniowanych (PE, PM i PEM) i przewodzonych (ściśle określone w normach sygnały elektryczne, wprowadzane do okablowania). Jeżeli badane urządzenie EUT (*ang. Equipment Under Test*) spełnia wymagania co do poziomów emisji promieniowanej i przewodzonej i również wykazuje rekomendowane poziomy odporności na wybrane zaburzenia promieniowane i przewodzone, o wymaganych poziomach probierczych (tzw. ostrości badań), to przyjmuje się, że EUT jest kompatybilne elektromagnetycznie. Niespełnienie któregoś z powyższych kryteriów, niestety neguje wcześniejsze stwierdzenie.

Integralnym i obligatoryjnym dokumentem jest aktualna dyrektywa kompatybilności elektromagnetycznej 2014/30/UE [1]. Jest to dokument określający w treści

szereg kwestii formalno-prawnych, jednak nie zawierający aspektów technicznych, związanych z realizacją badań KEM. Kwestie konkretnych badań w zakresie pomiarów poziomów emisji oraz realizacji testów odporności, zawarte są w normach zharmonizowanych z dyrektywą KEM, które nie są obligatoryjne, jednak standaryzują stanowiska laboratoryjne i procedury badawcze. Z powyższego wynika, że dla typowych urządzeń objętych dyrektywą 2014/30/UE, badania nie są wymagane, jednak producent musi zapewnić, że wyrób spełnia dyrektywę, co bez poparcia procesem badawczym, nie jest przekonujące.

Rola producenta urządzenia lub importera urządzenia pochodzącego spoza UE obejmuje wydanie temu urządzeniu „Deklaracji zgodności”, zanim zostanie ono wprowadzone do sprzedaży w UE. Wydanie deklaracji obliuguje do umieszczenia znaku CE na wyrobie. Deklaracja zgodności informuje zwykle, że wyrób spełnia szereg dyrektyw, z których najistotniejsza dotyczy bezpieczeństwa. W przypadku urządzeń elektrotechnicznych, wymagana jest dodatkowo dyrektywa KEM, zaś np. dla urządzeń mechanicznych, tzw. dyrektywa maszynowa, a także w wielu przypadkach pojawiają się dyrektywy, odnoszące się do szeroko pojętej ochrony środowiska. Rozpatrywana kompatybilność elektromagnetyczna jest więc tylko jednym z elementów składowych deklaracji zgodności.

### Proces wdrażania nowego wyrobu na rynek

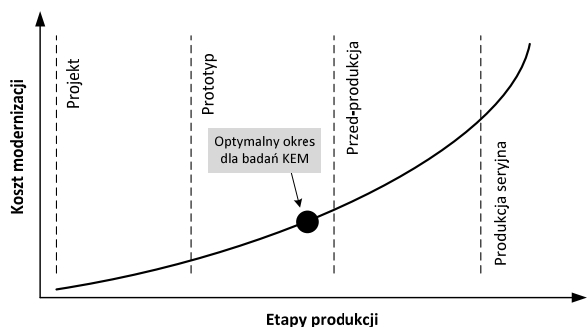
Aktualny trend, praktykowany powszechnie w wielu przedsiębiorstwach produkcyjno-wdrożeniowych obliuguje zwykle lidera zespołu projektowego, będącego jednym z tzw. „inżynierów sprzętowych” – osób odpowiedzialnych za nadzór projektu, nadzór budowy prototypu i kontroli technicznej jego funkcjonalności, do pozytywnego wprowadzenia nowopowstającego wyrobu do sprzedaży. Osoba ta zazwyczaj dobiera odpowiednie normy, m.in. dotyczące dyrektywy bezpieczeństwa i dyrektywy kompatybilności elektromagnetycznej (właściwe normy emisji i odporności), dedykowane do grupy urządzeń, w której znajduje się nowy produkt. Powyższa osoba nierzadko przygotowuje zakres badań i procedury badawcze, zlecając ich praktyczną realizację wybranemu laboratorium notyfikowanemu. Opcjonalnie, proces przygotowania procedur badawczych można zlecić personelowi laboratorium, ale może to mieć pewne ujemne skutki, często wynikające z nieporozumień, m.in. w kwestii

zakwalifikowania produktu do niewłaściwej grupy wyrobów. Tego typu podejście generuje także dodatkowe koszty.

Wczesne rozpoznanie wymagań badawczych w zakresie bezpieczeństwa i KEM, jest istotne, ponieważ w ten sposób można w dużej mierze zminimalizować czas i koszty wdrożenia wyrobu na rynek. Każdy produkt powinien być koniecznie projektowany i budowany z uwzględnieniem wszystkich znanych zasad oraz prawideł, m.in. z obszaru bezpieczeństwa oraz KEM [2, 3].

Małe doświadczenie zespołu projektowego lub ograniczona znajomość zasad konstruktorskich tzw. realizacji poprawnego projektu, może w konsekwencji doprowadzić do uzyskania negatywnych wyników w poszczególnych grupach badań, co z kolei obliuguje projektantów do modernizacji projektu i prototypu, powodując straty czasowe i finansowe. W skrajnych przypadkach, iteracja związana z przebudową może być realizowana nawet kilkakrotnie, po każdym ponownym poddaniu urządzenia badaniom – często kosztownym. Z powyższego wynika zasadność znajomości zakresu badań już w początkowym etapie projektu, gdzie zespół projektowy zna rodzaje badań, które będą wykonywane wraz z ich ostrością i kryteriami oceny. Pozwala to poczynić pewne istotne kroki w projekcie, zapewniające uzyskanie w przyszłości pozytywnych wyników badań lub przynajmniej pozyskanie nadziei, iż takowe będą. Niniejsza publikacja została zorientowana wyłącznie na aspekty projektowe i badawcze, związane z KEM, co ma związek z doświadczeniami autora publikacji w powyższym obszarze badań, jako realizatora przemysłowych prac zleconych, często również jako konsultanta w procesie modernizacji urządzeń w ramach zleceń o charakterze badawczo-usługowym.

Częstym dylematem zespołu projektowego jest optymalny wybór na jakim etapie procesu wdrażania wyrobu, należy poddać go badaniom KEM [3]. Z praktyki wynika, że najlepiej, gdy będzie to początkowa faza tzw. przed-produkcji, gdzie nowy wyrób jest już w postaci finalnej i nie został jeszcze powielony w wielu egzemplarzach (istnieje jeden lub zaledwie kilka sztuk), zaś linia produkcyjna nie jest jeszcze przygotowana do produkcji wielkoseryjnej. Na rysunku 1 przedstawiono wykres ewentualnych nakładów finansowych, związaną z modernizacją stanowisk produkcyjnych, w przypadku nie spełnienia wymagań KEM przez urządzenie w funkcji standardowych etapów produkcyjnych w typowym przedsiębiorstwie.



Rys.1. Koszty modernizacji linii technologicznej, ponoszone w celu rozwiązania ewentualnych problemów z KEM w funkcji typowych etapów wdrożenia nowego wyrobu do sprzedaży

Wskazany etap optymalny, pozwala jeszcze w miarę niskim kosztem zmodernizować urządzenie, gdyby się okazało, że należy zmienić wymiary obudowy, ponieważ zalecana jest np. zamiana przeciwwzrosteniowego filtra

sieciowego na inny o większych gabarytach (efekt negatywnego wyniku pomiarów poziomów emisji przewodzonej). Gdyby w tym przypadku istniało wiele egzemplarzy produktu, to byłyby one wszystkie przeznaczone do przebudowy lub gdy linia produkcyjna byłaby już zorientowana do produkcji docelowej (zbyt późny etap badań KEM) i dla przykładu istniałyby już gotowe formy wtryskowe do produkcji elementów konstrukcyjnych lub obudowy, to również ich ponowna modernizacja przyniosłaby znaczące straty finansowe i czasowe.

### Konstruktorskie i docelowe badania kompatybilności elektromagnetycznej

Należy wyraźnie rozdzielić zagadnienia związane z procesem docelowych badań KEM gotowego produktu od potrzeb realizacji tzw. badań konstruktorskich, inaczej nazywanych badaniami inżynierskimi. Na wstępie rozważań warto wspomnieć, że podejście twórców nowych wyrobów do realizacji badań KEM, czy tych docelowych, czy jakichkolwiek, wskazanych na wcześniejszym etapie wdrożenia, może być różne. Istnieje grupa producentów, chcących wykonać wyłącznie docelowe badania finalnego produktu i problemy rozwiązywania ewentualnych niepowodzeń z KEM, odłożyć na później. Kolejną grupą są tacy, którzy oprócz badań finalnych, już na etapach wcześniejszych realizują pewne dodatkowe, wybrane badania KEM, a także są i takie zespoły projektowe, które nie myślą o realizacji jakichkolwiek badań, wydając deklaracje zgodności m.in. z dyrektywą kompatybilności elektromagnetycznej, bez pokrycia procesem badań laboratoryjnych. Ostatni „rodzaj” przedsiębiorców znajduje się w grupie ryzyka wycofania ich produktów z rynku w przypadku wykrytych nieprawidłowości w tych produktach w obszarze KEM. Przedsiębiorcy tacy pozostawiają weryfikację KEM ich wyrobów rynkowi/konsumentom, ryzykując ewentualne poniesienie dodatkowych kar finansowych. Na szczęście, takich firm na rynku jest już statystycznie niewiele.

Konstruktorskie badania kompatybilności elektromagnetycznej opracowywanego wyrobu, wykonywane są w dwóch aspektach. W pierwszej kolejności w przypadku problemów na etapie konstruowania i uruchamiania prototypu, jeśli zespół napotyka na problemy związane np. z wzajemnym zakłócaniem się wewnętrznych modułów składowych urządzenia lub urządzenie podatne jest na pewne charakterystyczne rodzaje zaburzeń zewnętrznych. W takiej sytuacji bada się przyczyny niniejszych problemów, stosując różne metody i techniki pomiarowo-badawcze, niekoniecznie idealnie zgodnie z wymaganiami stawianymi stanowiskom badawczym w zharmonizowanych normach KEM. Tu celem jest identyfikacja i eliminacja danego problemu z obszaru emisji zaburzeń, ale także często odporności na zaburzenia. Drugim aspektem badań konstruktorskich może być profilaktyka, obejmująca przygotowanie nowego produktu do „bezproblemowego przebycia” finalnych badań KEM, realizowanych zwykle w laboratorium akredytowanym i zgodnych z zalecanymi normami emisji i odporności. W tej sytuacji, jako badania konstruktorskie, wykonuje się wstępnie wszystkie zalecane lub tylko pewne niewrażliwe badania KEM, zgodnie z procedurami, ale nie ma konieczności korzystania z usług laboratorium akredytowanego. Można wykonać te badania zewnętrznie, np. w jednostce naukowo-badawczej lub nawet samodzielnie, dysponując własnym zapleczem laboratoryjnym, co zwykle dotyczy tylko dużych podmiotów, które często wdrażają na rynek nowatorskie konstrukcje. Najczęściej bada się urządzenie w obszarze pomiarów poziomów emisji, podejrzewając np. przekroczenie wartości

pewnych wskaźników, co może być efektem implementacji charakterystycznych rozwiązań sprzętowych w strukturze urządzenia lub wykonuje się testy odporności obiektu na wybrane rodzaje zaburzeń, mając pewne przesłanki, że urządzenie może niewłaściwie reagować na powyższe typy zaburzeń [4, 5]. Wybór rodzaju poznawczych badań wstępnych, wynika z doświadczeń oraz intuicji projektantów i konstruktorów. Omawiany aspekt badań konstruktorskich, pozwala we wczesnym etapie wyeliminować niedociągnięcia projektowo-konstruktorskie i z dużym prawdopodobieństwem założyć, że badania docelowe już gotowego produktu, zakończą się sukcesem w pierwszym podejściu.

Prawidłowe podejście do problematyki badań konstruktorskich/inżynierskich, wymaga zoptymalizowania tego procesu i jak wspomniano, wynika m.in. z doświadczeń zespołu wdrożeniowego. Zwykle nowe projekty, realizowane przez ten sam zespół w przedsiębiorstwie, charakteryzują się pewnymi wspólnymi cechami, np. podobna topologia ścieżek na płytkach obwodów drukowanych, podobne ułożenie wiązek przewodów, taka sama logika prowadzenia linii masy, podobne techniki ekranowania lub też wykorzystanie w swoich urządzeniach takich samych rodzajów prefabrykowanych komponentów składowych (typy i producenci), takich jak filtry EMI, złącza, zasilacze AC/DC itp. Często skutkuje to wspólnymi właściwościami urządzeń w obszarze zaburzeń elektromagnetycznych i skłania do wstępnego sprawdzania produkowanych wyrobów pod kątem konkretnych, newralgicznych badań KEM, np. pomiarów emisji przewodzonej w liniach zasilających lub wykonania niektórych rodzajów testów odporności na zaburzenia, np. szybkie elektryczne stany przejściowe (EFT/Burst) w liniach sygnałowych, czy wyładowania elektrostatyczne (ESD). Wybrane rodzaje pomiarów emisji i testów odporności, wynikają bezpośrednio z konkretnych, powtarzalnych problemów we wdrażanych urządzeniach, gdzie pewne kryteria normatywne zostają przekroczone lub są spełnione z niewielkim „zapasem”.

### Doświadczenia własne autora publikacji

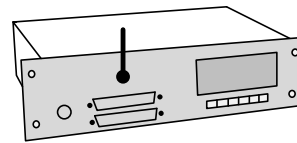
W niniejszym rozdziale opisane zostały rzeczywiste problemy wdrożeniowe kilku wybranych nowych wyrobów, wprowadzanych na rynek przez cztery niezależne przedsiębiorstwa. Wszystkie wyroby należały do grupy urządzeń elektronicznych, dedykowanych do zastosowań w przemysłowym obszarze automatyki pomiarowo-sterującej.

#### Przykład 1

Do laboratorium KEM Katedry Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej trafiło urządzenie rejestrujące parametry i zdarzenia awaryjne, przeznaczone docelowo do zastosowania w branży transportowej. Urządzenie zostało poddane docelowym badaniom KEM w zakresie testów odporności. Poziomy emisji były sprawdzane w innym, niezależnym laboratorium. Należy wspomnieć, że zgodnie z [1], badania docelowe oprócz dedykowanych, notyfikowanych laboratoriów KEM, mogą być realizowane w laboratoriach jednostek o charakterze naukowo-badawczym.

Badane urządzenie miało konstrukcję przemysłową z wykorzystaniem obudowy w standardzie rack 19” 3U. Na przednim panelu obudowy umieszczono interfejs użytkownika w postaci wyświetlacza i klawiatury, złącza pomiarowo-sterujące oraz antenę do radiokomunikacji w systemie GPRS. Szkic poglądowy badanego urządzenia pokazano na rysunku 2. Pokazany rysunek, celowo nie odzwierciedla w pełni widoku obiektu rzeczywistego, aby nie kojarzyć omawianego przypadku badań z konkretnym,

znanym z rynku rozwiązaniem. Omawiane rzeczywiste przypadki dotyczą błędów popełnianych przez wielu producentów, a zostały zidentyfikowane przez autora publikacji w konkretnych opisywanych pracach zleconych.

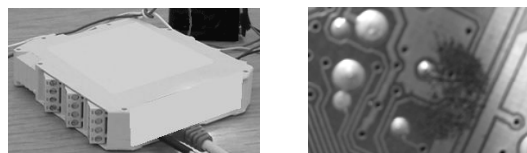


Rys.2. Szkic poglądowy urządzenia poddanego badaniom KEM

Przeprowadzono kilka rodzajów testów odporności, zgodnych co do poziomów probierczych (ostrości) i kryteriów oceny z normą przedmiotową. W przypadku jednego z rodzajów testów, urządzenie uzyskiwało wynik pozytywny, ale nie po każdej iteracji. Po modyfikacjach konstruktora, w drugim podejściu, wynik był jednoznacznie pozytywny. Po pewnym czasie urządzenie trafiło ponownie do realizacji identycznych badań, gdzie powodem była zmiana producenta modułu komunikacyjnego, co wymaga powtórzenia badań KEM (inne kanały sprzęgające). Wynik dla problematycznego testu z poprzedniego przypadku, tu okazał się powtarzalnie negatywny. Przyczyną był sposób wewnętrznego montażu komponentów składowych, wykonany przewodowo. Podzespoły montowano powtarzalnie na płycie bazowej, zaś okablowanie umieszczono w powtarzalnie montowanych korytkach, jednak kolejność ułożenia przewodów w korytkach była przypadkowa i wynikała z decyzji danego montażysty. Mając na uwadze mały zapas kompatybilności dla newralgicznego testu, losowe trasowanie przewodów, bez przyjętego stałego algorytmu ich układania, skutkowało brakiem stabilności w badaniach, gdyż przewody mogły się sprzągać w sposób losowy.

#### Przykład 2

Badaniom docelowym KEM poddano przemysłowy rejestrator temperatury, wykonany w obudowie modułowej jednosekcyjnej, dedykowanej do montażu na szynie DIN (rys. 3).



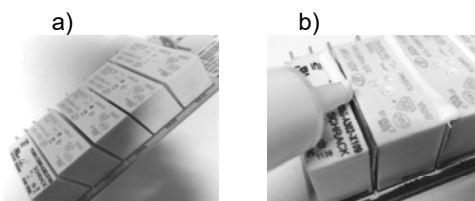
Rys.3. Poglądowy widok urządzenia poddanego badaniom oraz fragmentu uszkodzonego obwodu drukowanego

Z uwagi na małe gabaryty obudowy i zarazem rozbudowaną elektronikę, wewnętrzna płytka obwodu drukowanego (PCB), została wykonana niepoprawnie w części układu zasilania 24 VDC. Ścieżki + i - zasilania ułożono zbyt blisko siebie. Problem został zauważony podczas wysokoenergetycznego testu typu Surge w linii zasilającej. Efektem testu były przeskoki iskrowe między ścieżkami. Pasożytniczy iskrownik stanowił skuteczną ochronę przeciwprzebieciową, jednak urządzenie nie mogło być eksploatowane w miejscu docelowego swojego przeznaczenia z uwagi na warunki środowiskowe, zabraniające tak niebezpiecznych rozwiązań. Wynik testu uznano za negatywny i urządzenie wróciło do ponownego procesu projektowego.

### Przykład 3

W tym przypadku obiektem testów był zintegrowany system monitorowania wybranych parametrów pracy, dedykowany do pewnej branży przemysłowej. Urządzenie wykonano w obudowie systemu rack 19" 2U, podobnej do tej z rys. 2, z tą różnicą, że złącza znajdowały się w tylnym panelu i urządzenie nie posiadało komunikacji radiowej. Urządzenie trafiło do docelowych badań KEM w znanym laboratorium akredytowanym. Negatywny wynik jednego z testów odporności w liniach sygnałowych, skłonił do realizacji badań konstruktorskich. Identyfikacja problemu wymagała modernizacji integralnej płyty bazowej obwodu drukowanego. Wszystkie wewnętrzne moduły funkcjonalne współpracowały za pomocą stałych złącz krawędziowych, bez dodatkowego okablowania. Zmodernizowane urządzenie ponownie trafiło do wcześniejszego laboratorium i tym razem, uzyskało wyniki pozytywne.

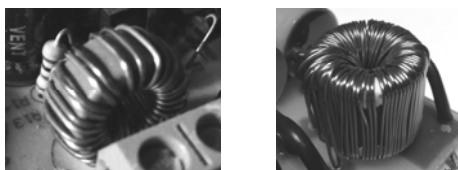
Po wydaniu deklaracji zgodności, urządzenie trafiło do przemysłu gdzie zostało poddane próbom rzeczywistym. Rozważono najgorszy przypadek, polegający na jednoczesnym występowaniu wszystkich wejść (analogowe, cyfrowe i przekaźnikowe), co poskutkowało wzajemnym sprzężaniem się sąsiadujących przekaźników poprzez ich pola magnetyczne rozproszenia. Powstał efekt tzw. sklejenia się przekaźników i zostały rozpoznane fałszywe stany pracy. System pomiarowy po raz kolejny poddano modernizacji, polegającej na implementacji lokalnego ekranowania między przekaźnikami (rys. 4). Taka modyfikacja zmienia kanały sprzężenia się zaburzeń i w efekcie należy powtórzyć całościowo badania KEM.



Rys.4. Moduł przekaźnikowy urządzenia poddany badaniom przed (a) i po zaekranowaniu (b) – zdjęcia poglądowe

### Przykład 4

Modułowe urządzenie pomiarowe wykonano w obudowie identycznej jak na rysunku 3 lecz z dodatkowym modemem komunikacji GPRS. W linii zasilającej 24 VDC, użyto komercyjnego dławika, dedykowanego do tłumienia zaburzeń asymetrycznych (rys. 5).



Rys.5. Widok przykładowych dławików sprzężonych magnetycznie, dedykowanych do tłumienia zaburzeń asymetrycznych

Dławik dobrano zgodnie z parametrami elektrycznymi co do wymagań zasilania (wartość prądu i napięcia), jednak był on dedykowany do linii sygnałowych. Z uwagi na małe gabaryty, został użyty w projekcie. Podczas testu odporności na udar typu Surge, dławik uległ zniszczeniu ze względu na niedostosowanie jego parametrów izolacyjnych do wymagań linii zasilających (linie sygnałowe badane są z mniejszą ostrością). Niniejszy przykład dowodzi braku doświadczenia zespołu projektowego.

### Ocena poziomu kompatybilności elektromagnetycznej

Ostateczny wynik badań KEM jest dwustanowy, czyli wyrób jest / nie jest zgodny z dyrektywą UE. Brak liczbowej skali oceny, stawia wszystkie wyroby z pozytywnymi końcowymi wynikami na równi, jednak praktyka dowodzi, że tzw. poziom zapasu kompatybilności może być różny [3]. Dla przykładu niektóre produkty mają wyższe poziomy odporności niż wymagane w poszczególnych testach lub poziomy emisji są dużo niższe od limitów wskazanych w normach, zaś inne produkty przechodzą badania w opcji „na styk”. W takim przypadku, tolerancja w montażu seryjnym oraz w parametrach podzespołów, mogą sprawić, że losowo przebadany wyrób z linii produkcyjnej, może uzyskać wyniki negatywne w niektórych pomiarach emisji lub testach odporności.

Należałoby rozważyć wprowadzenie pewnych skal liczbowych dla testów odporności i emisyjności, które szacowałyby poziom kompatybilności elektromagnetycznej w poszczególnych rodzajach badań dla danej grupy urządzeń. Końcowy algorytm obliczałby ostateczną wartość liczbową, odniesioną do jakości wyrobu pod kątem KEM. Wskaźnik ten być może, stanowiłby dodatkowe kryterium przy wyborze produktu podczas zakupu. Przedstawiona koncepcja szacowania, zapewne nie byłaby korzystna dla wielu producentów.

### Podsumowanie

Z rozważań wynika, że w wielu przypadkach, realizacja optymalnie przygotowanych konstruktorskich badań KEM, mogłaby zminimalizować koszty i czas wdrożenia nowego wyrobu do sprzedaży. Przedstawione przykłady badawcze, potwierdzają, że brak badań na etapie konstruktorskim, generuje często szereg problemów, nawet w przypadku zaawansowanych zespołów wdrożeniowych. Zdarza się czasem, że producent nie zdaje sobie sprawy z faktu, że jego wyrób przed wprowadzeniem na rynek będzie badany (z doświadczeń autora). Cechą dobrego projektu urządzenia elektrotechnicznego jest poprawnie wykonana jego część mechaniczna, zapewniająca powtarzalność w produkcji. Należy minimalizować wewnętrzne połączenia przewodowe, a jeśli takie są niezbędne, to koniecznie powinna być opracowana dokumentacja trasowania tych przewodów. Podczas prób laboratoryjnych urządzenia, należy przeanalizować możliwie wszystkie jego stany pracy, które mogą wystąpić w warunkach rzeczywistych. Przykładem problemów wynikłych z niestosowania powyższego zalecenia jest opisany przypadek nr 3.

Opisane w publikacji przypadki własne, zostały wybrane spośród wielu realizowanych przez autora badań KEM, zaś pokazane rysunki, szkice i zdjęcia są wyłącznie poglądowe.

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

### LITERATURA

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, 29.03.2014r.
- [2] Williams T., EMC for Product Designers, Third edition, Newnes, Great Britain, 2001
- [3] Kučera M., Šebök M., Electromagnetic compatibility analysis of electric equipments, Przegląd Elektrotechniczny, R. 88 NR 9a/2012
- [4] Clayton R., Introduction to electromagnetic compatibility, Wiley-Interscience, USA, 2006
- [5] Więckowski T., Badania kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych i elektronicznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2001