

## Specyfika badań kompatybilności elektromagnetycznej w zakładowych laboratoriach badawczych

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono metodykę postępowania stosowaną przy rozwiązywaniu zagadnień związanych z badaniami kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) wykonywanymi w zakładowych laboratoriach badawczych. Przedstawiono podstawowe różnice w metodyce prowadzonych badań powstające między laboratoriami zakładowymi a zewnętrznymi jednostkami akredytowanymi. Odstępstwa od reguł przewidzianych w odnośnych normach wynikają głównie z faktu, iż laboratoria zakładowe mogą działać bardziej elastycznie. Wynika to z możliwości modyfikacji normatywnych procedur postępowania opisanych w normach.

**Abstract.** The article presents the methodology used for solving issues related to research electromagnetic compatibility (EMC) performed in factory research laboratories. The basic differences in the methodology of the research arising between factory and accredited laboratories. Derogation from the rules laid down in the relevant standards, the main result of the fact that the internal laboratory can work much more flexibly. This is due to the possibility of modifying the normative procedures described in the standards. **The methodology used for solving issues related to research electromagnetic compatibility (EMC) performed in factory research laboratories**

**Słowa kluczowe:** badania kompatybilności elektromagnetycznej, zakładowe laboratoria badawcze.

**Keywords:** electromagnetic compatibility testing, factory test site.

### Wstęp

Badania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) stanowią jeden z etapów, jakie producent urządzeń elektrycznych i/lub elektronicznych powinien przejść przed wprowadzeniem urządzeń na rynek. Stanowi to warunek konieczny poprawnej oceny wyrobów, które podlegają odpowiednim badaniom. Producenci dysponują nierzadko własnymi zakładowymi laboratoriami badawczymi, w których jest dostępny różnorodny sprzęt pomiarowy. Są przy tym często wykorzystywane programy umożliwiające przeprowadzenie badań symulacyjnych dla produkowanych urządzeń. Wykonywane w laboratoriach będących przedmiotem rozważań zawartych w niniejszym artykule pomiary nie służą wyłącznie kontroli jakości dostarczanych na rynek własnych wyrobów, lecz służą także rozwijaniu wiedzy i umiejętności w zakresie zagadnień związanych z ich przeznaczeniem. Przeprowadzane są w nich testy kontrolne wyrobów przed ich przekazaniem do badania w laboratoriach zewnętrznych. Konieczność sprawdzenia w zewnętrznych, niezależnych od producenta laboratoriach wyniku w wielu przypadkach z wymagań stawianych przez sieci dystrybucyjne, jednak dysponowanie własnym zapleczem badawczym pozwala na szybką reakcję w przypadku pojawienia się jakichkolwiek problemów oraz zmniejsza prawdopodobieństwo ich występowania podczas wykonywania badań zewnętrznych. Poniesione na budowę własnego laboratorium nakłady są z reguły wysokie, zwracają się jednak w stosunkowo krótkim czasie, ponieważ koszt powtórnych badań zewnętrznych jest przeważnie znaczny, szczególnie w przypadku pojawienia się problemów z EMC. Wynika on w głównej mierze zarówno z konieczności wprowadzenia zmian do istniejącego już wyrobu, jak i zapłaty kar umownych wynikających z opóźnienia wprowadzenia danego produktu na rynek. Przed wszystkim z tego powodu wielu producentów decyduje się na budowę własnego zaplecza laboratoryjnego, które w swojej strukturze organizacyjnej zawiera dział zajmujący się badaniami EMC.

### Zadania zakładowych laboratoriów badawczych

Testy wykonywane w laboratoriach wewnątrzzakładowych nie podlegają tak rygorystycznym wymaganiom normatywnym, jakie obowiązują w laboratoriach akredytowanych. Laboratoria zakładowe pracują przeważnie zgodne z wymaganiami norm serii

ISO 9000. Pozostawanie w strukturze przedsiębiorstwa pozwala na przeprowadzanie wyspecjalizowanych badań określonego wyrobu. Często próby są wykonywane bardziej szczegółowo oraz przy przyjęciu wyższych poziomów dopuszczalnych niż te ujęte w normach. Wynika to z konieczności zapewnienia odpowiednich marginesów bezpieczeństwa zarówno w zakresie wymagań EMC, jak i bezpieczeństwa użytkownika. W przypadku badań EMC w zakresie badania odporności jak i emisyjności poziomy graniczne wartości są podwyższane względem wymagań zawartych w normach dla danej grupy urządzeń. Jednocześnie laboratoria zakładowe muszą samodzielnie określić ich wartość tak, aby z jednej strony zapewnić spełnienie wymagań formalnych, a drugiej nie stosować zbyt kosztownych rozwiązań ochronnych, które w znacznej mierze decydują o kosztach danego wyrobu. Szczególnie w tym zakresie niezbędna jest współpraca z zewnętrznym laboratorium referencyjnym. Natomiast zadaniem niezależnych zewnętrznych laboratoriów badawczych jest przede wszystkim wykonanie badań w ściśle określonych warunkach, przy zachowaniu jak największej dokładności zastosowanych metod pomiarowych.

Zadania z zakresu badań EMC, które są realizowane w laboratoriach zakładowych są skoncentrowane na podstawowych aspektach emisyjności i odporności przedstawionych w tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe badania EMC

	Rodzaj badania	Norma
EMISJA	Przewodzone zaburzenia radioelektryczne	EN 55022
	Składowe harmonicznych prądu	EN 61000-3-2
	Promieniowane zaburzenia radioelektryczne	EN 55022
ODPORNÓŚĆ	Wylądowania elektrostatyczne (ESD)	EN 61000-4-2
	Promieniowane pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej	EN 61000-4-3
	Serie szybkodziennych impulsów zakłóceń przejściowych (BURST)	EN 61000-4-4
	Impulsy dużej energii (SURGE)	EN 61000-4-5
	Zapady napięcia, krótkie przerwy w zasilaniu i zmiany napięcia	EN 61000-4-11

W wielu przypadkach mają także zastosowanie inne normy z serii EN 61000-3-X lub EN 61000-4-X odnoszące się do innych aspektów EMC, które w przypadku projektowania nowych wyrobów powinny być uwzględniane i kontrolowane na różnych etapach powstawania danej konstrukcji. Dotyczy to zarówno badań symulacyjnych, jak i fizycznych modeli prototypowych, których celem jest sprawdzenie efektywności zastosowanych elementów ochronnych. Poniżej przedstawiono zakres prac, jakie wykonuje najczęściej personel pracujący w laboratorium zakładowym. Obejmuje on zarówno uczestnictwo w procesie konstruowania bądź modernizacji wyrobu, jaki i kontrolę na poszczególnych etapach jego powstawania (przy zachowaniu racjonalności ponoszonych kosztów). W tym celu laboratoria zakładowe powinny być wyposażone w sprzęt pozwalający na skontrolowanie stanu urządzenia.

### **Podstawowe zadania zakładowego laboratorium badawczego**

Zakres prac wykonywanych w laboratorium zakładowym nie ogranicza się wyłącznie do wykonywania badań urządzeń na różnych etapach ich powstawania. Prowadzone prace powinny obejmować szereg różnorodnych procesów w trakcie powstawania danego wyrobu, m.in. uczestnictwo w formułowaniu założeń wstępnych, współuczestnictwo w podejmowaniu decyzji dotyczących zastosowanych rozwiązań ochronnych niezbędnych do ograniczenia wpływu zaburzeń elektromagnetycznych nie tylko w warstwie sprzętowej, lecz także programowej.

### **Badania odporności**

Sprawdzenie odporności na wyładowania elektrostatyczne (ESD) wykonuje się poprzez wykonanie badań zgodnie z wymaganiami normy EN 61000-4-2:2009. Zaleca się, aby przed wykonaniem powyższego badania wykonać dokonać analizy dostępnej dokumentacji technicznej w celu sprawdzenia, w jakim stopniu konstruktorzy dostosowali je do wymagań EMC. W szczególności należy sprawdzić, czy zastosowano elementy ochronne na wszelkich portach wejście - wyjście, dostępnych dla końcowego użytkownika. Podczas badania należy zwrócić uwagę na obudowę testowanego obiektu badań. Nie zaleca się wykonywania sprawdzenia dla urządzeń z obudowami prototypowymi wykonanymi np.: metodami druku 3D. W szczególności należy zwrócić uwagę na zastosowane ozdobne materiały wykończeniowe. W wielu przypadkach nawet drobne zmiany np. wprowadzenie ozdobnej ramki o innym kolorze, może mieć wpływ na wynik badania. Dodatkowo podczas badań wstępnych można przeprowadzić identyfikację elementów wrażliwych w urządzeniu przeprowadzając badanie z odstępstwami od wymagań normalizacyjnych. Jednym ze sposobów pozyskania informacji o elementach wrażliwych jest np.: wykonywanie badania z zastosowaniem serii udarów bądź zbliżaniem przewodu powrotnego do elementów urządzenia badanego.

Sprawdzenie odporności na promieniowane pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej (RF) wykonuje się poprzez wykonanie badania zawartego w normie EN 61000-4-3:2007 z późniejszymi zmianami. Wykonanie powyższego testu wymaga dysponowania stosunkowo drogim wyposażeniem w postaci komory bezodbiornicowej, bądź zastosowania innych alternatywnych metod badania dopuszczonych w normach, np. z wykorzystaniem komory GTEM. W takim przypadku testy powinny być prowadzone według wymagań zawartych w normie EN 61000-4-20:2010. Wykorzystanie komory GTEM ma niestety wiele ograniczeń wynikających głównie

z wielkości obiektów badanych oraz układu okablowania, jeżeli jest ono wymagane. Niejednokrotnie autor zaobserwował znacznie mniejszą odporność badanych obiektów na narażenie niż uzyskiwaną w komorach bezodbiornicowych. W niektórych przypadkach ta właściwość komory GTEM może prowadzić do nieracjonalnego wzrostu kosztów zastosowanych środków i/lub elementów ochronnych. Podczas wykonywania tego rodzaju badania należy koniecznie monitorować stan wewnętrznej komunikacji w badanym urządzeniu, co wymaga współpracy z osobami odpowiedzialnymi za jego oprogramowanie. Nierzadko konieczne jest zbudowanie specjalnego programu testującego, które może ujawnić szereg ważnych informacji. Bardzo często w przypadku tego badania zauważano przypadkowe działanie niektórych komponentów układów scalonych, które może zostać wyeliminowane na drodze programowej w wyniku zastosowania różnorodnych filtrów programowych. Dodatkowo, w początkowej fazie testów autor zaleca wydłużenie czasu narażenia przy badanej częstotliwości ponad wymagany normami czas 3-ech sekund. Czas badania powinien odpowiadać realizacji co najmniej jednej pełnej pętli programowej dla danego urządzenia, co w niektórych przypadkach znacznie przekracza czas badania przewidziany w normie. Wydłużenie czasu narażenia niejednokrotnie ujawniło błędy programowe pojawiające się po kilku, kilkunastu powtórzeniach.

Badanie odporności na serie szybkozmiennych impulsów w stanach przejściowych (tzw. BURST) wykonuje się zgodnie z normą EN 61000-4-4:2012. Przed przystąpieniem do testów zaleca się wykonanie sprawdzenia dokumentacji technicznej w celu skontrolowania stopnia zabezpieczenia obwodów wejście-wyjście oraz sprawdzenia, czy obligatoryjnie zastosowano kondensatory odfłokujące. W przypadku braku tych elementów należy oczekiwać nieprawidłowego działania urządzenia podczas testów. Również podczas tego badania stosunkowo wysoko plasuje się rola oprogramowania, którego funkcje znacząco wpływają na ostateczny wynik badania.

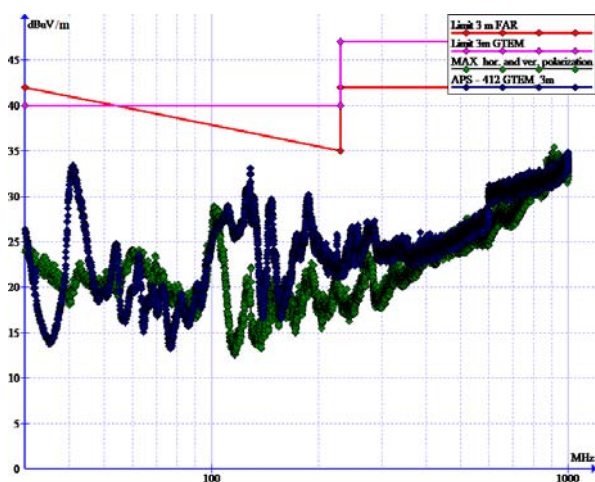
Badanie odporności na impulsy udarowe (tzw. SURGE) wykonuje się zgodnie z normą EN 61000-4-5:2014. Podobnie jak w badaniu odporności na BURST, przed przystąpieniem do testów zaleca się sprawdzenie, czy obwody podawane badaniom zostały odpowiednio zabezpieczone w odpowiednie elementy ochronne (diody, warystory). Najczęściej występującym błędem projektowym ujawniającym się podczas tego badania jest nieuwzględnienie efektów kumulowania się udarów. W jego wyniku najczęściej dochodzi do implozyjnego zniszczenia elementu ochronnego. Jednym z często stosowanych odstępstw od wymagań normatywnych jest zmniejszenie czasu pomiędzy aplikowanymi udarami, np.: dwukrotnie, jednakże w takim przypadku konieczne jest dostosowanie wykorzystywanych elementów ochronnych do zwiększonej intensywności testu. Dodatkowo w tym badaniu zalecane jest kontrolowanie stanu elementów ochronnych np.: poprzez zastosowanie monitoringu termowizyjnego. Pozwala to na predykcję uszkodzenia przy równoczesnym zobrazowaniu i wskazaniu obszaru, w którym występuje pochłonięcie lub rozproszenie energii udaru [1,2]. Najczęściej pojawiające się błędy w doborze elementów ochronnych, kończące się zniszczeniem układu wynikają z głównej mierze z chęci zaoszczędzenia miejsca i zastosowania elementów o nieodpowiedniej zdolności rozpraszania energii udaru.

Sprawdzenie odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy w zasilaniu i zmiany napięcia powinno przebiegać zgodnie z normą EN 61000-4-11:2007. W ocenie autora

powyższy test nie stwarza problemów sprzętowych. Niekiedy dla niektórych grup wyrobów mogą wystąpić trudności określeniem wyniku badania. Wynika to z przyjętych kryteriów oceny działania danego obiektu np. badane urządzenie musi wykryć i zmienić stan wyjścia w przypadku, gdy napięcie zasilania uległo zmianie (wymaganie normatywne dla badanego urządzenia), a równocześnie norma, według której wykonuje się test wymaga, aby takiej zmiany nie było. W takim przypadku występuje konflikt pomiędzy wymaganiami zawartymi w dwóch różnych normach dotyczących tego samego wyrobu i a ostateczna interpretacja uzyskanego wyniku może być niejednoznaczna.

### Badania emisyjności

Wykonywanie badań emisji zaburzeń radioelektrycznych zarówno w zakresie emisji przewodzonych, jak i promieniowanych wymaga dysponowania nie tylko odpowiednim zapleczem sprzętowym, lecz także dysponowania odpowiednimi stanowiskami w postaci poligonu pomiarowego lub innych alternatywnych stanowisk pomiarowych. W przypadku wykonywania pomiaru zaburzeń radioelektrycznych zaleca się ścisłą współpracę z jednostką dysponującą akredytacją w tym zakresie, w celu zweryfikowania uzyskanych wyników pomiarowych zarówno w zakresie pomiarów emisji radiowych, jak i przewodowych. Weryfikacja stanowiska pomiarowego może nastąpić poprzez wykonanie szeregu badań porównawczych np. w wyniku zbadania poziomu emisji w takiej samej konfiguracji sprzętowej. Pozwala to również laboratorium zakładowemu na oszacowanie własnych „marginesów” bezpieczeństwa. Na rysunku 1 zaprezentowano przykładowe wyniki pomiarów porównawczych przeprowadzonych w laboratorium zakładowym SATEL Sp. z o. o. oraz akredytowanym laboratorium EMC Oddziału Instytutu Elektrotechniki w Gdańsku. Badania wykonano w odniesieniu do emisji zaburzeń radiowych. Badaniu w takiej samej konfiguracji sprzętowej i okablowania poddano zasilacz impulsowy APS – 412. Przedstawione wyniki pozwalają na oszacowanie niezbędnych marginesów bezpieczeństwa. Pokazują one równocześnie, iż charakter uzyskanych wyników w dużej mierze zależy od będącego w dyspozycji stanowiska pomiarowego.



Rys.1. Wyniki pomiarów porównawczych zasilacza wykonane w komorze GTEM oraz w komorze FAR [1]

Przebieg oznaczony MAX hor. And ver polarization przedstawia wyniki uzyskane w komorze FAR i do niego odnoszą się graniczne wartości oznaczone jako

Limit 3 m FAR, natomiast przebieg oznaczony jako APS – 412 GTEM 3 m przedstawia wyniki uzyskane w komorze GTEM. Graniczne wartości emisji dla tego rodzaju urządzenia pomiarowego zaznaczono linią opisaną jako Limit 3 m GTEM. Uzyskane wyniki dla badanego zasilacza APS – 412 wskazują, iż spełnia on wymagania dla obu metod pomiarowych. Wskazują także, że charakter uzyskanych wyników jest odmienny dla obu zastosowanych metod pomiarowych [3].

Sprawdzenie zgodności emisji prądowych składowych harmonicznych dla sprzętu o poborze prądu poniżej 16 A powinno odbywać się zgodnie z normą EN 61000-3-2:2014. Badanie powyższe wymaga wyspecjalizowanego sprzętu pomiarowego. Wynika to z wymagań zawartych w wyszczególnionej normie. W wielu przypadkach laboratoria zakładowe stosują inne metody pomiarowe, pozwalające na oszacowanie poziomów emisji harmonicznych prądu. W dotychczasowej praktyce wykonywania badań w laboratoriach zakładowych wykorzystuje się zazwyczaj sprzęt nie w pełni spełniający wymagania zawarte w odnośnej normie W przypadku, gdy uzyskane wyniki pomiarowe były znacznie niższe od wartości dopuszczalnych, wynik oceny urządzenia badanego przeprowadzonej w laboratorium akredytowanym, które dysponowało sprzętem w pełni spełniającym wymagania normy, okazywał się zawsze pozytywny..

### Wnioski

Przedstawione powyżej uwagi odnoszące się do właściwości funkcjonowania laboratoriów działających w strukturze zakładu produkcyjnego wskazują, że w zakresie badań EMC nie różnią się one od działań podejmowanych w laboratoriach akredytowanych. Podstawowe zadania w funkcjonowaniu zakładowych laboratoriów badawczych uwidaczniają się w przypadku konieczności wprowadzania zmian konstrukcyjnych. Celem badań w nich wykonywanych jest umożliwienie wprowadzenia określonego urządzenia na rynek. Z kolei zadaniem zewnętrznych jednostek akredytowanych jest potwierdzenie zgodności wyrobu z wymaganiami EMC z możliwie najwyższą dokładnością. Zdaniem autora, konieczna jest ścisła współpraca między laboratoriami zakładowymi a zewnętrznymi laboratoriami akredytowanymi. Pozwala ona na opracowanie zakładowemu laboratorium badawczemu własnych procedur szczegółowych przy badaniu odporności i emisyjności. Należy jednak z żalem podkreślić, że obecnie nie występuje praktycznie forum wymiany informacji między laboratoriami. Wynika to przypuszczalnie z traktowania zdobytej wiedzy jako towaru deficytowego i poufnego.

### LITERATURA

- [1] Galla S., Konczakowska A., Application of infrared thermoography to non-contact testing of varistors Metrology and Measurement Systems Vol. XX (2013), Nr. 4, s. 677 – 688 ISSN: 0860-822T, [http://www.metrology.pg.gda.pl/full/2013/M&MS\\_2013\\_677.pdf](http://www.metrology.pg.gda.pl/full/2013/M&MS_2013_677.pdf)
- [2] Galla S., Wykorzystanie termowizji w badaniach odporności na udary wg EN61000-4-5, *Przegląd Elektrotechniczny* 2012, Nr.2 s. 36 – 38, ISSN: 0033-2097
- [3] Galla S., Lisewski T., Władziński W., Interlaboratory comparison of the electromagnetic emission measurements using far and GTEM test sites up to 1 GHz, *Prace Instytutu Elektrotechniki*, s. 49 – 58, ISSN: 0032-6216

**Autor:** dr inż. Stanisław Galla, Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki, Katedra Metrologii i Optoelektroniki ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Tel. + 48 58 347 -21-40, E-mail: [galla@eti.pg.gda.pl](mailto:galla@eti.pg.gda.pl).