

Kompatybilność elektromagnetyczna w pomiarach energii elektrycznej

Abstract. This paper presents essential requirements of EMC Directive as well as general information about harmonized standards. A short review of electromagnetic emission measurement methods and immunity tests methods, recommended by harmonised standards with this directive is given. The programs of EMC tests of electronic energy meters have been also presented. In conclusion the necessity of knowledge of electromagnetic compatibility problems in assessment of conformity process with essential requirements of EMC Directive are underlined. **Electromagnetic compatibility in measurements of electric energy**

Streszczenie. W artykule przedstawiono wymagania zasadnicze Dyrektywy EMC oraz informacje podstawowe o normach zharmonizowanych z tą dyrektywą. Następnie podano krótki przegląd metod pomiaru emisji elektromagnetycznej oraz badań odporności na zaburzenia elektromagnetyczne, zalecanych przez normy zharmonizowane. Przedstawiono również programy badań KEM liczników energii elektrycznej. W podsumowaniu podkreślono konieczność znajomości zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej w procesie oceny zgodności wyrobów elektrycznych z wymaganiami zasadniczymi Dyrektywy EMC.

Wstęp

Współczesne urządzenia elektroniczne i elektryczne wykorzystywane są w różnorodnych środowiskach pracy, w tym również w miejscach wyróżniających się występowaniem zaburzeń elektromagnetycznych o znacznych poziomach. W tych trudnych warunkach urządzenia muszą charakteryzować się odpowiednio wysokim poziomem odporności na zaburzenia tak, aby można było zapewnić ich niezawodne działanie. Z drugiej strony, na poziom zaburzeń w środowisku mogą mieć znaczny wpływ urządzenia tam pracujące. Istnieje więc potrzeba ograniczania ich emisji elektromagnetycznej. Głównym problemem jest więc zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej (KEM) w danym środowisku, czyli możliwości zadawalającej pracy urządzeń, bez równoczesnego wytwarzania zaburzeń, które nie byłyby tolerowane przez wszystkie inne urządzenia pracujące w tym środowisku.

Unia Europejska doceniając znaczenie tych problemów wprowadziła w dniu 3 maja 1989r akt prawny w postaci Dyrektywy nr 89/336/EWG oraz Dyrektywę 2004/108/WE [1] - w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej oraz uchylającej dyrektywę 89/336/EWG

Dokumenty te są zwane w skrócie Dyrektywami EMC. Celem tych dyrektyw jest zapewnienie ochrony radiokomunikacji oraz urządzeń, systemów i instalacji, a także sieci dystrybucji energii elektrycznej przed pogorszeniem działania i uszkodzeniem spowodowanym przez zaburzenia elektromagnetyczne. Dyrektywa EMC określa m. in. wymagania zasadnicze, jakie powinny spełniać urządzenia elektryczne i elektroniczne, które jej dotyczą oraz procedury oceny zgodności. Spełnienie wymagań jest obowiązkiem producentów tych wyrobów. W procesie oceny zgodności producent wystawia deklarację zgodności WE i nanosi na dany wyrób oznakowanie CE.

Wymagania zasadnicze Dyrektywy EMC podane są w postaci ogólnej. Wymagania szczegółowe, w tym m. in. wartości dopuszczalnych poziomów emisji i wartości progów odporności elektromagnetycznej, dla poszczególnych wyrobów lub ich grup, podane są w normach zharmonizowanych z tą dyrektywą. W Polsce lista tych norm jest okresowo publikowana w postaci Obwieszczenia Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego [3]. Obwieszczenie to z 20 stycznia 2015r. zawiera listę norm zharmonizowanych z Dyrektywą EMC

Dyrektywa EMC została transponowana do prawa polskiego na mocy Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z

dnia 2 kwietnia 2003r [4]. Rozporządzenie to określa m. in. warunki i tryb dokonywania oceny zgodności urządzeń z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi KEM, zawartość deklaracji zgodności oraz skład dokumentacji tych urządzeń.

Wymagania zasadnicze dyrektywy EMC

Dyrektywa EMC dotyczy wszystkich elektronicznych i elektrycznych urządzeń, systemów i instalacji, które mogą powodować zaburzenia elektromagnetyczne lub, których działanie może zostać przez te zaburzenia utrudnione. Dotyczy więc zdecydowanej większości urządzeń, niezależnie od sposobów ich zasilania. Z dyrektywy wyłączone są tzw. urządzenia pasywne, np. kable, przewody, urządzenia zawierające obciążenie o charakterze wyłącznie rezystancyjnym (proste domowe grzejniki elektryczne, baterie, akumulatory, lampy żarowe, itp.). Dyrektywa określa wymagania zasadnicze dla urządzeń, ustanawiając, że urządzenia powinny być tak zbudowane, aby:

- wytwarzane przez nie zaburzenia elektromagnetyczne nie przekraczały poziomu pozwalającego innym urządzeniom na pracę zgodnie z ich przeznaczeniem,
- miały odpowiedni poziom odporności na zaburzenia elektromagnetyczne, umożliwiając im działanie zgodnie z przeznaczeniem.

Ponadto w załączniku III do tej dyrektywy zawarto wykaz podstawowych wymogów ochronnych. Stwierdzono tam, że maksymalny poziom zaburzeń elektromagnetycznych wytwarzanych przez dane urządzenie powinien być taki, aby nie nastąpiło pogorszenie działania innych urządzeń, również pracujących w tym środowisku, a w szczególności urządzeń z podanych dwunastu grup wyrobów. Wśród tych grup wymieniono m. in. domowe odbiorniki radiowe i telewizyjne, przemysłowy sprzęt produkcyjny, sprzęt technologii informatycznej, aparaturę medyczną i naukową, sprzęt gospodarstwa domowego. Jednocześnie stwierdzono tam, że każde urządzenie, a zwłaszcza te z podanych grup powinno być tak skonstruowane, aby mieć wystarczający poziom odporności elektromagnetycznej i działać bez przeszkód w swoim środowisku pracy, gdzie występują zaburzenia o określonym poziomie.

Normy zharmonizowane

Normy zharmonizowane są to europejskie normy techniczne, opracowane i ustanowione przez jedną z europejskich organizacji normalizacyjnych (CEN, CENELEC, ETSI), na podstawie zlecenia wydanego przez Komisję Europejską. Normy te są publikowane w Dzienniku Urzędowym

dowym Unii Europejskiej, a następnie są one przenoszone do systemów norm krajowych państw członkowskich.

Normy zharmonizowane z Dyrektywą EMC dzielą się na trzy grupy: rodzajowe, podstawowe i przedmiotowe. Normy rodzajowe mają charakter przekrojowy. Są one stosowane do wszystkich wyrobów, których dotyczy dyrektywa EMC, pod warunkiem, że dla danego wyrobu nie istnieją posiadające pierwszeństwo normy przedmiotowe. Normy te dzielą się na dwie klasy, związane z rodzajem środowiska elektromagnetycznego, w którym pracują dane urządzenia. Klasa pierwsza dotyczy środowiska mieszkalnego, handlowego i lekko uprzemysłowionego (np. PN-EN 61000-6-1, PN-EN 61000-6-3), a druga środowiska przemysłowego (np. PN-EN 61000-6-2, PN-EN 61000-6-4). Normy rodzajowe ustalają rodzaje sprawdzanych cech wyrobów, graniczne wartości progów i poziomów dla danego środowiska oraz wskazują metody badań i pomiarów.

Normy podstawowe dotyczą głównie metod badań i pomiarów. Opisują m. in. procedury wykonywania testów, stanowiska badawcze oraz określają wymagania na wyposażenie pomiarowo-badawcze i sposoby jego weryfikacji (np. norma PN-EN 61000-3-2).

Normy przedmiotowe dzielą się na normy grup wyrobów (np. urządzenia informatyczne – PN-EN 55022 i PN-EN 55024) oraz na normy szczegółowe, dotyczące poszczególnych rodzajów wyrobów (np. norma na łączniki zbliżeniowe PN-EN 60947-5-2). W normach szczegółowych wymagania KEM podane są na ogół razem z innymi wymaganiami np. funkcjonalnymi.

Przegląd metod badań kompatybilności elektromagnetycznej

Badania kompatybilności elektromagnetycznej wyrobów elektronicznych i elektrycznych w celu zapewnienia ich zgodności z wymaganiami zasadniczymi Dyrektywy EMC przeprowadza się stosując metody wskazane lub opisane w normach zharmonizowanych. Metody te dotyczą pomiarów emisji elektromagnetycznej z wyrobów oraz badania ich odporności na zaburzenia elektromagnetyczne. Poniżej podano krótki przegląd tych metod, zwracając szczególną uwagę na metody najczęściej stosowane.

A. Metody pomiarów emisji elektromagnetycznej

Emisja elektromagnetyczna jest to zjawisko wysyłania energii elektromagnetycznej. Energia ta może być wysyłana z wyrobów w postaci sygnałów przewodzonych (przez dołączone do danego urządzenia kable i przewody) lub wypromieniowana w postaci fali elektromagnetycznej lub bliskiego pola elektromagnetycznego. Wielkościami mierzonymi są w tym przypadku napięcia, prądy, natężenie pola i moc zaburzeń. Najczęściej dokonuje się następujących pomiarów emisji:

- poziomów składowych harmonicznym prądów zasilania,
- współczynników zmian napięcia i migotania światła,
- napięć i prądów przewodzonych na zaciskach zasilania i przewodach interfejsowych,
- natężenia pola zaburzeń promieniowanych przez obudowę,
- mocy zaburzeń promieniowanych przez przewód zasilania.

1) Pomiary poziomów składowych harmonicznym prądów zasilania

Duża grupa urządzeń zasilanych z sieci energetycznej stanowi dla tej sieci obciążenia nieliniowe. Prąd zasilania takich urządzeń może posiadać składowe harmoniczne o znacznych poziomach. Sytuacja ta może powodować niekorzystne skutki dla danego urządzenia, a także dla sieci energetycznej i innych urządzeń do niej dołączonych.

Aby ograniczyć te nieprawidłowości urządzenia elektryczne zasilane z sieci poddaje się badaniom mającym na celu określenie poziomów składowych harmonicznym prądu zasilania. Następnie poziomy tych składowych porównuje się z wartościami dopuszczalnymi. Na podstawie wyników tego porównania wnioskuje się czy dane urządzenie spełnia ustalone wymagania w tym zakresie. Pomiary te wykonuje się zgodnie z normą PN-EN 61000-3-2 [5]. Norma ta podaje metodę pomiarową, przedstawia wymagania na stanowisko i wyposażenie pomiarowe oraz podaje poziomy dopuszczalne składowych harmonicznym prądu od 2 do 40 składowej. Elementami stanowiska są źródło zasilania oraz miernik składowych harmonicznym prądu, którym najczęściej jest analizator przebiegu czasowego z dyskretną transformacją Fouriera (np. oscyloskop cyfrowy). Miernik ten wyposażony jest w czujnik dołączony do przewodów zasilania sieciowego obiektu badanego.

2) Pomiary współczynników zmian napięcia i migotania światła

Niektóre urządzenia dołączane do sieci energetycznej zmieniają w czasie swoją moc, wywołując znaczne zmiany prądu pobieranego z sieci. Powoduje to spadki napięcia na impedancjach przewodów sieci, a w konsekwencji wahania napięcia zasilającego odbiorniki. Wahania te są krytyczne w przypadku odbiorników takich jak urządzenia oświetleniowe, gdyż powstają dokuczliwe migotania światła. Aby ograniczyć to niekorzystne zjawisko dokonuje się pomiarów pewnych parametrów związanych ze zmianami napięcia powodowanymi przez urządzenia. Definicje tych parametrów oraz metody ich pomiaru przedstawione są w normie PN-EN 61000-3-3 [6]. Norma ta opisuje również stanowisko i wyposażenie pomiarowe oraz podaje wartości dopuszczalne parametrów zmian napięcia. Parametrami tymi są współczynniki zmian napięcia oraz wskaźniki krótkotrwałego i długotrwałego migotania światła. Elementami stanowiska są źródło zasilania oraz miernik parametrów migotania światła, który wyposażony jest w czujnik dołączony do przewodów zasilania sieciowego badanego urządzenia.

3) Pomiary napięć i prądów przewodzonych

Zaburzenia elektromagnetyczne powodowane przez urządzenia elektryczne w zakresie częstotliwości do około 30 MHz najczęściej są emitowane w postaci sygnałów przewodzonych, przez kable i przewody dołączone do tych urządzeń. Prądy zaburzeń przewodzonych mogą zakłócić pracę innych wyrobów elektrycznych znajdujących się w pobliżu lub dołączonych do tej samej sieci zasilającej. Aby nie dopuścić do tej niepożądanego emisji zaburzeń wprowadzono ograniczenia dla sygnałów występujących w przewodach dołączanych do urządzeń elektrycznych oraz opracowano metody ich pomiaru. Metody pomiaru napięć i prądów radioelektrycznych zaburzeń przewodzonych, w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 30 MHz, przedstawiono m. in. w normie PN-CISPR 16-2 [7]. Metody te umożliwiają przeprowadzanie pomiarów trzech typów zaburzeń przewodzonych: asymetrycznych, symetrycznych i niesymetrycznych. Dokument ten podaje wymagania na stanowisko i określa wyposażenie pomiarowe. Stanowisko to powinno być zlokalizowane w klatce Faraday'a. Podstawowymi elementami wyposażenia są odbiornik pomiarowy i sieć sztuczna. W normie PN-CISPR 16-2 nie są przedstawione poziomy dopuszczalne zaburzeń. Wartości tych poziomów są podawane w normach rodzajowych lub przedmiotowych. Niektóre normy przedmiotowe zawierają także opis metody pomiarowej (np. norma PN-EN 55022, która dotyczy urządzeń informatycznych lub norma PN-EN 55014-1, dotycząca przyrządów powszechnego użytku i narzędzi).

4) *Pomiary natężenia pola zaburzeń promieniowanych*

Urządzenia elektryczne emitują również zaburzenia elektromagnetyczne w postaci fali elektromagnetycznej. Najczęściej dotyczy to zaburzeń w zakresie częstotliwości ponad 30 MHz, wypromieniowywanych przez obudowę. W celu ograniczenia tej niepożądanego emisji ustanowiono poziomy dopuszczalne natężenia pola zaburzeń promieniowanych z urządzeń oraz opracowano metody ich pomiaru. Wspomniana wyżej norma PN-CISPR 16-2 zawiera również opis metody pomiaru natężenia pola radioelektrycznych zaburzeń promieniowanych. Norma ta podaje ogólny opis procedury pomiarowej, określa stanowiska, zalecając wykonywanie pomiarów na poligonie pomiarowym, w komorze bezodbiciowej lub rewerberacyjnej. Podstawowymi elementami wyposażenia są również odbiornik pomiarowy i antena odbiorcza. Wartości poziomów dopuszczalnych natężenia pola, podobnie jak dla zaburzeń przewodzonych są podawane w normach rodzajowych lub przedmiotowych.

5) *Pomiary mocy zaburzeń promieniowanych*

Dla oceny emisyjności niektórych urządzeń niezbędne jest wykonywanie pomiarów mocy zaburzeń wypromieniowanych przez ich przewód sieciowy. Pomiary te dokonuje się najczęściej w zakresie częstotliwości od 30 MHz do 1000 MHz. Na przewód sieciowy nakłada się urządzenie sprzęgające w postaci cęgów absorbcyjnych, które następnie dołącza się do odbiornika sygnałów wielkiej częstotliwości. W trakcie pomiaru cęgi przesuwają się wzdłuż przewodu sieciowego znajdując położenie, w którym następuje maksymalna emisja mocy zaburzeń. Metoda tych pomiarów i szczegółowe wymagania na wyposażenie pomiarowe zawarto w normie PN-CISPR 16-2[7]

B. Metody badań odporności na zaburzenia elektromagnetyczne

Odporność na zaburzenia elektromagnetyczne jest to właściwość urządzenia charakteryzująca jego zdolność do działania bez obniżenia jakości w obecności zaburzenia elektromagnetycznego. Tę właściwość sprawdza się narażając urządzenie umownymi sygnałami elektrycznymi o określonych poziomach, symulującymi zaburzenia występujące w warunkach rzeczywistych w środowiskach pracy danego wyrobu. W trakcie tego badania obserwuje się zachowanie narażanego obiektu i dokonuje pomiarów sprawdzających. Na podstawie tych obserwacji i pomiarów, a także zachowania się urządzenia po ustaniu narażenia wnioskuje się o wyniku tego badania. Poniżej podano najczęściej stosowane badania odporności wyrobów na zaburzenia elektromagnetyczne.

1) *Badanie odporności na wyładowania elektrostatyczne*

Badania te wykonuje się w celu sprawdzenia odporności wyrobów na wyładowania elektrostatyczne (ESD) pochodzące od osób obsługujących dane urządzenie (narażenia bezpośrednie) oraz od innych wyrobów pracujących w pobliżu (narażenia pośrednie). Badania przeprowadza się według normy PN-EN 61000-4-2 [8]. Norma ta podaje procedurę badawczą, określa wymagania na aparaturę oraz sposób weryfikacji jej parametrów. Podaje również wymagania na stanowisko badawcze oraz poziomy narażeń, stosowanych dla wyrobów pracujących w określonych środowiskach. Norma definiuje też kształt impulsu prądowego wyładowań ESD. Impuls ten charakteryzuje się bardzo krótkim czasem narastania (około 0,7 ns) oraz czasem trwania około 30 ns. Badania symulujące narażenia bezpośrednie wykonuje się kierując do testowanego obiektu pojedyncze wyładowania powietrzne (iskrowe) oraz kontaktowe (impuls prądowy). Wyładowaniami powietrznymi naraża się te części obiektu,

które są wykonane z tworzywa. Wyładowania kontaktowe kieruje się do powierzchni metalowych obiektu oraz do tzw. płaszczyzn sprzęgających. Narażenia kierowane do tych płaszczyzn symulują spotykane w rzeczywistych warunkach narażenia pośrednie.

2) *Badania odporności na pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej*

Badania te wykonuje się w celu sprawdzenia odporności wyrobów na pola elektromagnetyczne pochodzące m. in. od nadajników radiowych i telewizyjnych, urządzeń telefonii komórkowej i przemysłowych. Przeprowadza się je według normy PN-EN 61000-4-3 [9]. Norma ta określa metodę badań, opisuje aparaturę badawczą oraz podaje sposób przeprowadzenia kalibracji pola. Podaje również opis stanowiska badawczego, definicje i wartości poziomów probierczych oraz kształt przebiegów na wyjściu generatora sygnałowego. Sygnał narażenia ma kształt sinusoidy, modulowanej amplitudowo przebiegiem 1 kHz, z głębokością 80%. Norma zaleca przeprowadzać te badania w komorze bezodbiciowej. Elementami stanowiska są też generatory, filtry, wzmacniacze mocy i anteny nadawcze. W trakcie badania urządzenie testowane naraża się falą elektromagnetyczną o określonym poziomie probierczym z anteny nadawczej, w zakresie częstotliwości 30 MHz – 1000 MHz. Obiekt badany jest obracany, tak aby napromieniowanie było dokonywane z każdej jego strony.

3) *Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych*

Badania te wykonuje się w celu sprawdzenia odporności wyrobów na zaburzenia przejściowe pochodzące np. od nagłego przerwania przewodzenia prądu w obciążeniach indukcyjnych lub pojemnościowych, odbić styków przełączników lub łączników. Spotykane w warunkach rzeczywistych zaburzenia tego rodzaju najczęściej mają charakter wiązki impulsów, powtarzających się z określoną częstotliwością. Pojedynczy impuls tej wiązki ma czas narastania rzędu kilku nanosekund i czas trwania kilkadziesiąt nanosekund. Badania przeprowadza się według normy PN-EN 61000-4-4 [10], symulując narażenia występujące w warunkach rzeczywistych. Norma ta podaje procedurę badawczą, określa wymagania na sprzęt pomiarowy oraz sposób jego sprawdzenia. Podstawowymi elementami stanowiska badawczego są generator zaburzeń, sieć sprzęgająco-odsprzegająca i klamra pojemnościowa. Zadaniem tej sieci jest zapewnienie określonych parametrów sprzężenia między generatorem a narażanym obwodem, a także odseparowanie innych urządzeń dołączonych do tego obwodu. Norma podaje również poziomy narażeń, stosowanych dla wyrobów pracujących w różnych środowiskach elektromagnetycznych. W trakcie badania sygnał zaburzający z generatora o wybranym poziomie poprzez sieć sprzęgającą lub klamrę pojemnościową naraża określony obwód urządzenia testowanego.

4) *Badanie odporności na udary elektryczne*

Badania te wykonuje się w celu sprawdzenia odporności wyrobów na impulsy napięciowe i prądowe dużej energii, będące m. in. skutkiem procesów łączeniowych w urządzeniach dużej mocy, zwarć w sieci zasilającej oraz wyładowań atmosferycznych. Badania przeprowadza się według normy PN-EN 61000-4-5 [11]. Norma ta podaje procedurę badania, określa wymagania na aparaturę badawczą oraz sposób jej sprawdzenia. Podaje również wymagania na stanowisko badawcze oraz poziomy narażeń, stosowanych dla różnych warunków instalacji wyrobów. Definiuje również kształt impulsów zaburzających. Pojedynczy napięciowy impuls udarowy ma czas narastania 1,2 μ s, a czas trwania 50 μ s. Głównymi elementami

stanowiska badawczego są generator udarów i sieć sprzęgająco-odsprężająca.

5) Badanie odporności na zaburzenia przewodzone indukowane przez pola o częstotliwości radiowej

Dołączone do urządzeń przewody i kable mogą stać się antenami odbierającymi fale elektromagnetyczne propagujące w przestrzeni. Skuteczność tych anten zależy m. in. od stosunku ich długości do długości fali zaburzeń radiowych. Prądy zaburzeń zaindukowane w przewodach wpływają do wnętrza urządzeń i mogą wywołać zakłócenie ich pracy. Stąd też przeprowadza się badania odporności wyrobów elektrycznych na zaburzenia przewodzone indukowane przez pola o częstotliwości radiowej. Badania te przeprowadza się w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 80 MHz, według normy PN-EN 61000-4-6 [12]. Narażeniom poddaje się przyłącza zasilania i przyłącza interfejsowe (wejściowe, wyjściowe, sygnałowe lub sterowania). System testowy składa się z generatora sygnałowego, wzmacniacza mocy oraz układu sprzęgająco-odsprężającego. Zadaniem tego ostatniego układu jest zapewnienie sprzężenia z narażaną linią, stabilizacja impedancji, a także oddzielenie innych nie narażanych urządzeń współpracujących z daną linią. Norma ta podaje metodę pomiarową, określa wymagania na aparaturę badawczą. Podaje również układy pomiarowe dla różnych sposobów wprowadzania narażeń.

6) Badanie odporności na pole magnetyczne o częstotliwości sieci elektroenergetycznej

Badania te dotyczą na ogół wyrobów instalowanych w miejscach, gdzie występują znaczne poziomy pól magnetycznych o częstotliwości 50 Hz (lub 60 Hz). Pola takie mogą występować w pobliżu transformatorów lub przewodów, w których płyną prądy sieciowe o dużym natężeniu. Badania te przeprowadza się według normy PN-EN 61000-4-8 [13]. Norma ta podaje metodę badawczą oraz określa poziomy narażeń zarówno w warunkach ustalonego pola magnetycznego jak i pola krótkotrwałego, występującego w warunkach awaryjnych. W normie opisano również stanowisko badawcze i sposób jego weryfikacji. Stanowisko to składa się z generatora pomiarowego, cewek indukcyjnych oraz przyrządów do pomiaru prądu w tych cewkach.

7) Badanie odporności na zapady, zaniki i zmiany napięcia zasilania

Zapady, krótkie przerwy i zmiany napięcia zasilania powodowane są najczęściej uszkodzeniami w instalacjach sieci lub nagłą zmianą w dołączonych obciążeniach. Zjawiska te mogą wywołać nieprawidłowości pracy dołączonych do sieci odbiorników. Stąd też występuje potrzeba badań odporności urządzeń zasilanych z sieci na określone zmiany napięcia sieciowego. Badania te przeprowadza się według normy PN-EN 61000-4-11 [14]. Norma ta określa dwa rodzaje zmian tego napięcia, różniące się szybkością przebiegu. Ponadto opisuje stanowisko badawcze i podaje wymagania na generator zmian napięcia.

8) Badanie odporności na przebiegi oscylacyjne tłumione

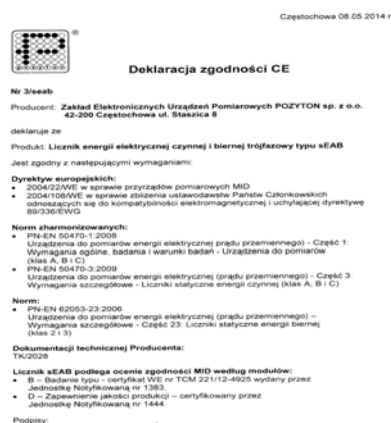
Badania te wykonuje się w celu sprawdzenia odporności wyrobów na sygnały zakłócające, powstające w liniach zasilających i sterujących w trakcie procesów łączeniowych, a także przy wyładowaniach atmosferycznych. Badania przeprowadza się według normy PN-EN 61000-4-12 [15]. Podczas tych badań urządzenia naraża się dwoma rodzajami sygnałów oscylacyjnych tłumionych. Sygnały te różnią się m. in. czasem narastania, szybkością tłumienia i częstością powtarzania oscylacji. Podstawowymi elementami stanowiska badawczego są generator oscylacji i układ sprzęgająco-odsprężający. Norma ta opisuje metodę badawczą i określa wymagania na aparaturę.

Programy badań KEM elektronicznych liczników energii elektrycznej

Specyfika działania liczników energii elektrycznej i ich konieczność ciągłej, bezawaryjnej pracy przez wiele lat, stawia tym urządzeniom bardzo wysokie wymagania techniczne, w tym dotyczące badań kompatybilności elektromagnetycznej (KEM). Liczniki, jako przyrządy pomiarowe podlegają postanowieniom Dyrektywy MID (*Measuring Instruments Directive*).

Wdrożeniem Dyrektywy MID [2] do prawa polskiego jest Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych [20].

Dyrektywy MID [2] i EMC [1] określają szczegółowo m.in. znakowanie wyrobu poprzez umieszczenie na nim oznakowania zgodności CE potwierdzającego zgodność wyrobu (licznika) z zasadniczymi wymogami – w tym dot. metrologii i kompatybilności elektromagnetycznej.



Rys. 1. Deklaracja zgodności licznika sEAB

Badania KEM dotyczące liczników opisane są w normie PN-EN-50470-1[17] i obejmują:

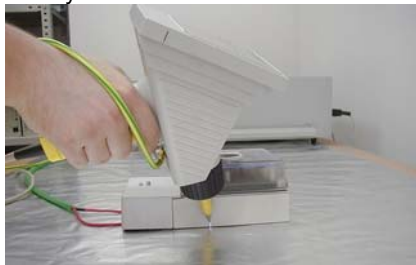
- Odporność na wyładowania elektrostatyczne
- Odporność na pola elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej
- Odporność na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych
- Odporność na zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej
- Odporność na udary
- Odporność na tłumione przebiegi oscylacyjne
- Odporność na pola magnetyczne stałe pochodzenia zewnętrznego
- Odporność na pola magnetyczne pochodzenia zewnętrznego, o częstotliwości sieci zasilającej
- Tłumienie zakłóceń radiowych

Poniżej zostaną omówione niektóre metody i przykłady poszczególnych badań .

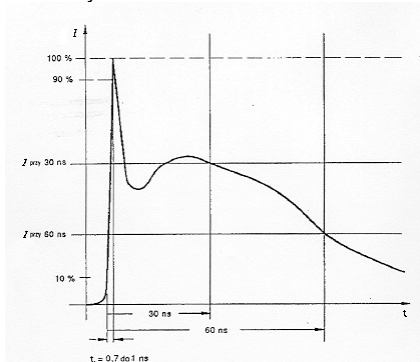
Badania odporności na wyładowanie elektryczności statycznej(ESD) obejmują 10 wyładowań stykowych o napięciu probierczym 8kV i 10 wyładowań powietrznych o napięciu probierczym 15kV. Warunki próby i kształt wyładowania określono w normie PN-EN 61000-4-2 [8].

Badanie odporności na pola elektromagnetyczne w.cz. przeprowadzane jest w zakresie 80 MHz do 2000 MHz w komorze GTEM (*Gigahertz Transverse Electromagnetic Mode Cell*) . Komora GTEM jest stanowiskiem badawczym umożliwiającym badanie zarówno odporności urządzeń elektronicznych na pola elektromagnetyczne o częstotliwościach radiowych, jak i poziomu emisji zakłóceń o częstotliwościach radiowych emitowanych przez badane urządzenie. Komora GTEM ma kształt ostrosłupa o

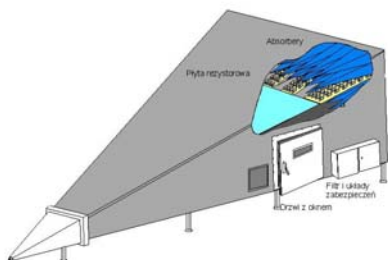
podstawie prostokątnej. Wykonana jest z metalu, co eliminuje wpływ zewnętrznych pól elektromagnetycznych na badane urządzenie. Wewnętrzne powierzchnie komory są wyłożone absorberami zapewniającymi eliminację odbić fal w.c.z. i równomierny rozkład pola elektromagnetycznego wewnątrz komory.



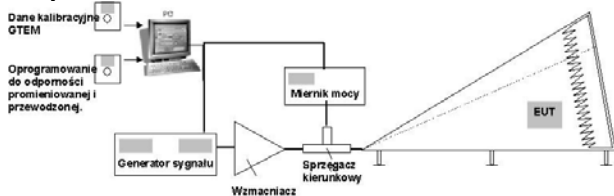
Rys.2. ZEUP Pozyton- badanie ESD licznika LAP



Rys.3. Kształt przebiegu wyładowania elektrostatycznego

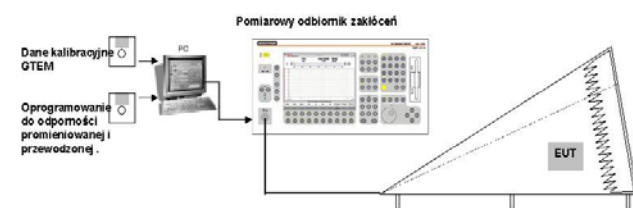


Rys.4. Komora GTEM



Rys.5. Badanie odporności na pola w.c.z. w komorze GTEM

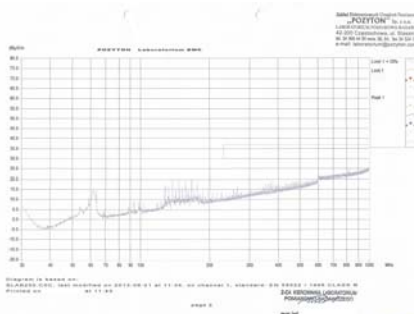
Badanie poziomów zaburzeń promieniowanych- wykonuje się również w komorze GTEM.



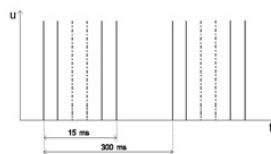
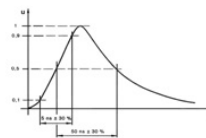
Rys.6. Badanie emisji w komorze GTEM



Rys.7. ZEUP Pozyton - licznik EABM przygotowany do badań w komorze GTEM



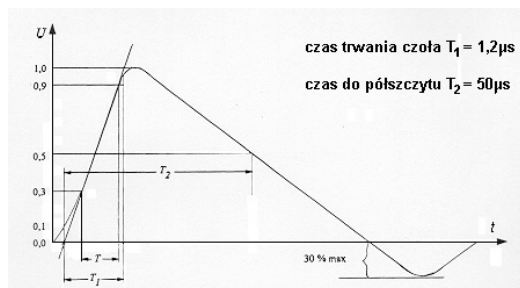
Rys.8. ZEUP Pozyton- wykres emisji promieniowanej licznika sLAB



Rys.9. Kształt impulsu "burst" i sposób generowania serii impulsów.

Badanie odporności na szybkie, wielokrotne przebiegi przejściowe "burst", opisane jest w normie PN-EN 61000-4-4[10] i polega na określeniu odporności licznika na serie impulsów o bardzo krótkim czasie narastania i opadania, o amplitudzie 2kV- dla obwodów pomocniczych i 4kV dla torów prądowych i napięciowych

Badanie odporności na napięcie udarowe "surge", opisane jest w normie PN-EN 61000-4-5[11] i polega na określeniu odporności licznika na impulsy o bardzo dużej mocy, o amplitudzie 1kV- dla obwodów pomocniczych i 4kV dla torów prądowych i napięciowych.



Rys.10. Kształt impulsu "surge".

Narażenia w trakcie badań "burst" i "surge" są odpowiednikami narażeń występujących w sieci elektroenergetycznej podczas wyładowań atmosferycznych i przepięć o charakterze łączeniowym. Licznik który jest odporny na tego typu narażenia, jest urządzeniem

praktycznie bezawaryjnym w trakcie wieloletniej eksploatacji.



Rys.11. ZEUP Pozyton - stanowisko laboratoryjne do wykonywania testów ESD, "burst", "surge".

Badanie wpływu zakłóceń przewodzonych o częstotliwości radiowej, opisane jest w normie PN-EN 61000-4-6[12] i polega na poddaniu pracującego licznika narażeniu sygnałem zaburzającym wprowadzonym poprzez przewody napięciowe i pomocnicze.

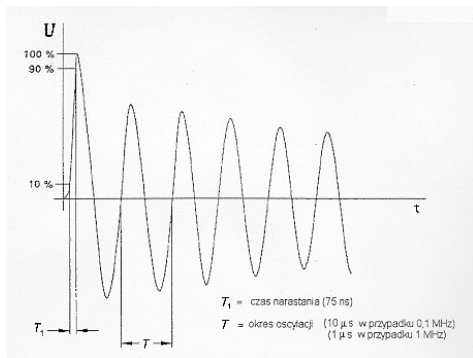
Parametry sygnału zaburzającego:

zakres częstotliwości: 0,15 – 80 MHz

poziomy napięcia: 120 – 140 dBuV (1 – 10V)

modulacja AM sygnałem sinusoidalnym (1 kHz, 80%).

Badanie odporności na przebieg oscylacyjny tłumiony, wykonywane jest zgodnie z normą PN-EN 61000-4-12 [15] i dotyczy liczników przekładnikowych.



Rys.12. Kształt sygnału oscylacyjnego.

Podsumowanie

W obecnym okresie obserwuje się gwałtowny rozwój elektroniki, a szczególnie telekomunikacji. W związku z tym niezbędne staje się zachowanie wymagań kompatybilności elektromagnetycznej, tak aby zapewnić prawidłową pracę wyrobów elektronicznych w ich środowiskach elektromagnetycznych. Temu celowi służą m. in. wydawane akty prawne, a szczególnie Dyrektywa EMC oraz normy z nią zharmonizowane. Zdecydowana większość wyrobów elektrycznych i elektronicznych podlega pod tę dyrektywę, dlatego niezbędna jest znajomość nie tylko ogólnych zagadnień KEM, ale i procedur oceny zgodności z dyrektywą EMC, a także norm zharmonizowanych i metod badań kompatybilności elektromagnetycznej tych wyrobów. Przedstawione w niniejszym artykule metody badań KEM są metodami wiarygodnymi, zalecanymi przez normy zharmonizowane i najczęściej stosowane przez laboratoria badawcze. Mogą one być wykorzystane w procesie oceny zgodności wyrobów elektronicznych z wymaganiami zasadniczymi dyrektywy EMC.

LITERATURA

- [1] Dyrektywa 2004/108/WE - w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej oraz uchylającej dyrektywę 89/336/EWG
- [2] Dyrektywa 2004/22/WE - w sprawie przyrządów pomiarowych MID

- [3] Obwieszczenie Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego z dnia 20 stycznia 2015 r. w sprawie wykazu norm zharmonizowanych M.P. 2015 poz. 194
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 kwietnia 2003r w sprawie dokonywania oceny zgodności aparatury z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej oraz sposobu jej oznakowania (Dz. U. nr 90 poz. 848).
- [5] Norma PN-EN 61000-3-2:2014-10 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 3-2: Poziomy dopuszczalne -- Poziomy dopuszczalne emisji harmonicznego prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika < lub = 16 A)
- [6] Norma 61000-3-3:2013-10 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 3-3: Poziomy dopuszczalne -- Ograniczanie zmian napięcia, wahań napięcia i migotania światła w publicznych sieciach zasilających niskiego napięcia, powodowanych przez odbiorniki o fazowym prądzie znamionowym < lub = 16 A przyłączone bezwarunkowo
- [7] Norma PN-CISPR 16-2:1999 - Kompatybilność elektromagnetyczna. Wymagania dotyczące urządzeń i metod pomiaru zaburzeń radioelektrycznych i odporności na zaburzenia radioelektryczne. Metody pomiaru zaburzeń radioelektrycznych i odporności na zaburzenia radioelektryczne.
- [8] Norma PN-EN 61000-4-2:2011 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-2: Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na wyładowania elektrostatyczne
- [9] Norma PN-EN 61000-4-3:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-3: Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na promieniowane pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej
- [10] Norma PN-EN 61000-4-4:2013-05 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-4: Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych
- [11] Norma PN-EN 61000-4-5:2014-10 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-5: Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na udary
- [12] Norma PN-EN 61000-4-6:2014-04 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-6: Metody badań i pomiarów -- Odporność na zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej
- [13] Norma PN-EN 61000-4-8:2010 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-8: Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na pole magnetyczne o częstotliwości sieci elektroenergetycznej
- [14] Norma PN-EN 61000-4-11:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-11: Metody badań i pomiarów -- Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia
- [15] Norma PN-EN 61000-4-12:2009 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-12: Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na tłumione przebiegi sinusoidalne
- [16] Norma PN-EN 60947-5-2:2011/A1:2013-06 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa -- Część 5-2: Aparaty i łączniki sterownicze -- Łączniki zbliżeniowe
- [17] Norma PN-EN 50470-1:2008 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej prądu przemiennego) - Część 1: Wymagania ogólne, badania i warunki badań - Urządzenia do pomiarów (klas A, B i C)
- [18] Norma PN-EN 50470-3:2009 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) - Część 3: Wymagania szczegółowe - Liczniki statyczne energii czynnej (klas A, B i C)
- [19] Ustawa z dnia 30.08.2002 r. o systemie oceny zgodności (tekst jednolity Dz. U. nr 204 z 2004 r., poz. 2087 z późn. zmianami)
- [20] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18.12.2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz. U. nr 3 z 2007 r., poz. 27 z późn. zmianami)