

Wyniki badań emisji promieniowanej przenośnych baterii akumulatorowych w komorze GTEM

Streszczenie. Przedstawiono wyniki pomiarów emisji promieniowanej kilku typowych przenośnych baterii akumulatorowych o różnych pojemnościach. Testy przeprowadzono zgodnie z wymaganiami odnośnych dokumentów normalizacyjnych, dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej, z zastosowaniem komory GTEM, w zakresie częstotliwości od 30 MHz do 3 GHz. Kompleksowe badania wykonano dla różnych przypadków pracy, w trybie czuwania, obciążenia i ładowania testowanego urządzenia.

Abstract. The results of the radiated emission measurements for typical portable power banks with different capacities are presented. The emissions tests are performed in accordance with the requirements set out in the standards of an electromagnetic compatibility, using a GTEM cell, in the frequency range from 30 MHz to 3 GHz. The comprehensive tests were carried out for various cases, both in charge and load mode of operation and in standby mode. (**The measurement results of portable power bank radiated emissions in GTEM cell**).

Słowa kluczowe: przenośna bateria akumulatorowa, emisja promieniowana, komora GTEM.

Keywords: portable power bank, radiated emission measurement, GTEM cell.

Wstęp

Pomiary emisji promieniowanej urządzeń elektrycznych i elektronicznych przeprowadzane są zgodnie z wymaganiami, zawartymi w stosownych dokumentach normalizacyjnych, dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej [1, 2]. Określają one metodę pomiarową, konfigurację stanowiska pomiarowego, parametry i charakterystyki aparatury pomiarowej a także definiują dopuszczalne poziomy natężenia pola elektrycznego, emitowanego przez urządzenia [1, 2, 3].

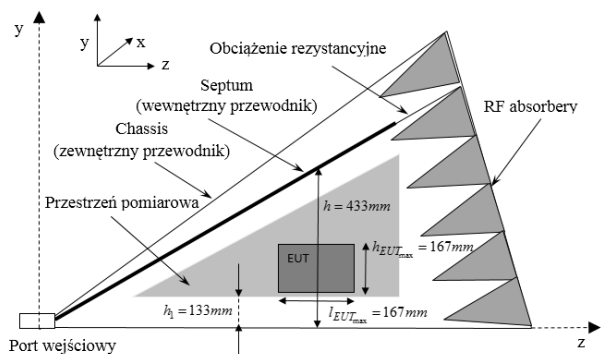
Standardowym środowiskiem pomiarowym dla testów emisyjności dla obiektów cywilnych, w zakresie częstotliwości od 30 MHz do 6 GHz jest otwarty poligon pomiarowy OATS (*ang. Open Area Test Site*). Komora GTEM (*ang. Gigahertz Transverse Electromagnetic*) jest stosowana w alternatywnej metodzie pomiarowej, w której oceniane jest niepożądane pole elektromagnetyczne, emitowane przez małe urządzenia elektryczne i elektroniczne [4-12]. Część z nich są to urządzenia zasilane przez przenośne baterie akumulatorowe tzw. power banki. Power bank jest często integralną częścią złożonego urządzenia lub systemu a promieniowane przez niego zakłócenie elektromagnetyczne może prowadzić np. do tego, że całkowity poziom emisji promieniowanej przez cały system przekroczy dopuszczalne poziomy, określone normami. Stąd, konieczne jest przeprowadzenie testów emisyjności przenośnej baterii akumulatorowej, w różnych trybach pracy.

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów emisji promieniowanej wybranych przenośnych baterii akumulatorowych o różnych pojemnościach, wykonanych w komorze GTEM. Kompleksowe badania przeprowadzono dla różnych przypadków, w trybie obciążenia i ładowania testowanego urządzenia a także w trybie czuwania. W stanie obciążenia (rozładowywania) power bank, czyli urządzenie poddawane testowi EUT (*ang. Equipment Under Test*), było podłączone do typowego telefonu komórkowego jak również stanowiło źródło zasilania dla 8-bitowego mikrokontrolera AVR, który wykonywał proste operacje matematyczne. W trybie ładowania EUT zastosowano dwie konfiguracje pomiarowe. Power bank podłączono do sieci zasilającej za pomocą adaptera USB i kabla USB, który był w jednej konfiguracji wyprowadzony na zewnątrz komory GTEM, w drugiej podłączony do filtrowanego gniazda zasilania wewnątrz komory. Otrzymane wyniki pomiarów zostały porównane z poziomami emisji, zmierzonymi na wyjściu komory GTEM

dla baterii odłączonej od zasilanych urządzeń (stan czuwania). Zauważono, znaczący wpływ pracy przenośnej baterii akumulatorowej na rejestrowane poziomy emisji promieniowanej.

Alternatywna metoda badań emisji promieniowanej z wykorzystaniem komory GTEM

Jedną z alternatywnych metod pomiaru emisji, polegającej na określaniu parametrów źródła zaburzeń i jego charakterystyk emisji w warunkach pomiarowych innych niż OATS jest metoda z wykorzystaniem komory GTEM [1]. Komora GTEM jest w pewnym sensie połączeniem komory TEM (*ang. Transverse Electromagnetic*) zbudowanej z odcinka prostokątnej linii współosiowej z odpowiednimi układami dopasowującymi impedancje falowe od strony źródła i obciążenia, z pewnymi rozwiązaniami znanymi z komór bezechowych (np. zastosowanie absorberów energii elektromagnetycznej). Stanowi ją struktura prowadząca falę TEM między dwoma przewodnikami. Obciążenie komory ma charakter hybrydowy i dla małych częstotliwości jest nim rozproszone obciążenie rezystancyjne, natomiast dla wielkich częstotliwości są to absorbery energii elektromagnetycznej umieszczone na tylnej, sferycznej ścianie komory (rys.1). Komora GTEM pozwala na określenia matematycznego modelu promieniowania badanego urządzenia. Stwierdzono, że każde elektrycznie małe źródło promieniowania może być zastąpione przez ekwiwalentny dipol elektryczny bądź magnetyczny. Znając wszystkie momenty ekwiwalentnych dipoli (ich moduły i fazy) dla każdej częstotliwości można ustalić numerycznie natężenie pola elektromagnetycznego, promieniowane przez badane urządzenie w swobodnej przestrzeni bądź nad powierzchnią odniesienia. Port wyjściowy komory jest połączony z odbiornikiem pomiarowym w celu określenia natężenia pola emitowanego przez EUT, wewnątrz komory GTEM. Pomiary przeprowadza się dla trzech ortogonalnych położeń EUT w centrum septum komory, przy założeniu, że wysokość obiektu badanego nie jest większa niż $1/3 \cdot h$, gdzie h oznacza dystans między podłogą a septum komory (rys.1). Poziomy emisji zarejestrowane na wyjściu komory są podstawą do oszacowania odpowiadającego im natężenia pola w OATS z uwzględnieniem korelacji między tymi wielkościami. Pozwala to na porównanie wyników pomiarów z dopuszczalnymi poziomami emisji, określonymi w normach. Algorytm korelacyjny jest zaimplementowany w oprogramowaniu systemu pomiarowego.



Rys.1. Komora GTEM – widok boczny. Prezentowane wymiary dla komory Teseq GTEM 500 [13]

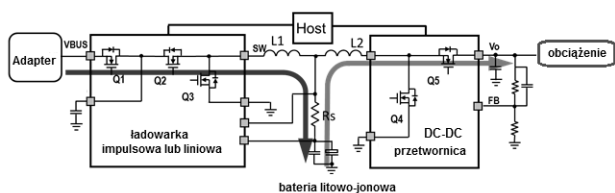
Charakterystyka urządzeń poddanych testom

Pomiary emisji promieniowanej przeprowadzono dla wybranych przenośnych baterii akumulatorowych, które składają się z baterii litowo-jonowych zainstalowanych w obudowie ochronnej i układu przetwornicy DC-DC odpowiedzialnej za kontrolę procesu ładowania baterii i poboru z nich energii (rys.2). Tego rodzaju urządzenie może pracować w dwóch stanach. Ciemna ścieżka na rysunku 2 po lewej stronie, pokazuje stan ładowania, w trakcie którego na wejście ładowarki, pracującej w trybie liniowym lub impulsowym podawane jest napięcie zasilające z adaptera. Po podłączeniu obciążenia (np. telefonu), napięcie akumulatora jest stabilizowane na poziomie 5 V. Ścieżka po prawej stronie diagramu pokazuje kierunek przepływu energii w stanie rozładowania.

Przetestowano trzy typy power banków, które różniły się pojemnością (tab.1).

Tabela 1. Parametry badanych przenośnych baterii akumulatorowych [14, 15, 16]

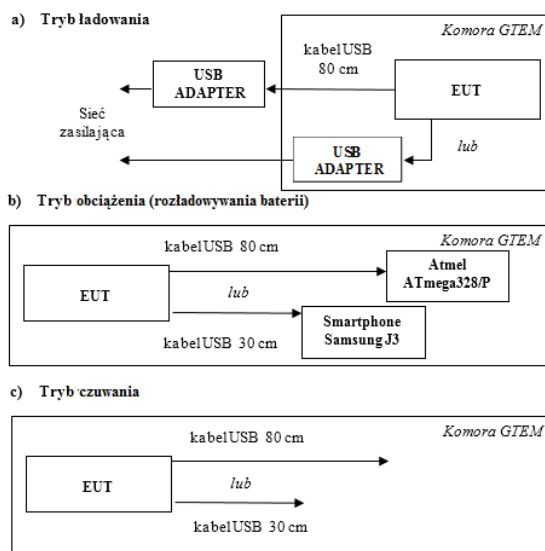
Parametr	Przenośna bateria akumulatorowa		
	Nr 1	Nr 2	Nr 3
Typ baterii	Litowo-jonowa	Litowo-jonowa	Litowo-jonowa
Pojemność	2600 mAh	5200 mAh	10400 mAh
Zakres wejściowy	DC 5V, 1A	DC 5V, 1A	DC 5V, 2A
Zakres wyjściowy	DC 5V, 1A	DC 5V, 1A	DC 5V, 2A DC 5V, 1A
Porty wejściowe	mini USB	mini USB	mini USB
Porty wyjściowe	single USB	single USB	double USB



Rys.2. Schemat funkcjonalny typowej przenośnej ładowarki akumulatorowej [10]

Procedura pomiarowa

Badania emisji promieniowanej przeprowadzono w systemie pomiarowym wyposażonym w komorę Teseq GTEM500, z podłączonym do jej portu odbiornikiem pomiarowym ESRP firmy ROHDE&SCHWARZ. Pomiary były kontrolowane z poziomu komputera osobistego z zainstalowanym oprogramowaniem EMC32. Rejestrowano poziomy emisji emitowane przez przenośne ładowarki akumulatorowe, dla różnych trybów ich pracy (rys.3).



Rys.3. Tryby pracy baterii przenośnej w trakcie testów emisyjności: ładowanie (a), obciążenie baterii (b) i czuwanie (c)

W trybie ładowania badane urządzenie podłączone było poprzez adapter do zasilania ekranowanym kablem USB o długości 80 cm. W trakcie pracy z obciążeniem (odpowiednio telefonem lub mikrokontrolerem) długość kabla wynosiła 30 lub 80 cm. Test emisyjności przeprowadzono również w trybie czuwania power banku dla dwóch przypadków, z odłączonym kablem oraz z kablem obciążającym wyjście urządzenia badanego.

Procedura pomiaru emisji promieniowanej składała się z kilku etapów. W pierwszym kroku przeprowadzono pomiar natężenia pola elektrycznego na wyjściu komory GTEM w całym zakresie częstotliwości pomiarowych tzn. od 30 MHz do 3 GHz, przy użyciu detektora wartości szczytowej. Górny zakres częstotliwości pomiarowej jest niższy od określonego w normie a wynika on z ograniczeń aparaturowych stanowiska pomiarowego. Do rejestracji sygnału na wyjściu komory GTEM wykorzystano odbiornik pomiarowy, którego zakres częstotliwości wynosi od 9 kHz do 3,6 GHz. Ze względu na charakter pracy power banku (częstotliwości pracy przetwornicy) nie ma potrzeby wykonywania pomiarów emisji w wyższym przedziale częstotliwości. Następnie, wybrano punkty pomiarowe dla których poziom zarejestrowanego pola przyjmuje wartości o największej intensywności. Pomiary powtórzone stosując detektor wartości quasi-szczytowej tylko dla tych punktów pomiarowych. Po skorygowaniu wyników pomiarów, otrzymując wartości równoważne jak dla pomiarów w OATS, porównano je z wartościami dopuszczalnymi, określonymi w dokumentach normalizacyjnych. Opisana procedura pomiarowa była wykonywana automatycznie przez skrypt pomiarowy w programie EMC32. W przypadku przenośnej baterii akumulatorowej wartości dopuszczalne emisji promieniowanej określa norma PN-EN 55022:2011¹.

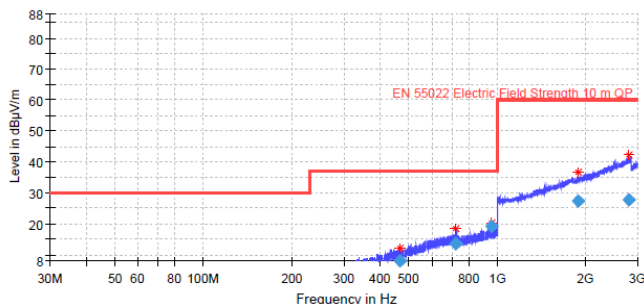
Wyniki pomiarów – tryb czuwania

Przestrzeń pomiarowa w komorze GTEM powinna być wolna od zaburzeń zewnętrznych. W praktyce oznacza to, że poziom zaburzeń zmierzonych wewnątrz komory

¹ Aktualnie zastąpiona PN-EN 50561-1:2013-12: Urządzenia do komunikacji z wykorzystaniem sieci zasilającej niskiego napięcia -- Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych -- Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru -- Część 1: Urządzenia użytku domowego.

powinien posiadać wartości min. 6 dB mniejsze od wartość dopuszczalnych, określonych w normie [1]. Wyniki testów emisyjności przenośnej baterii akumulatorowej przeprowadzone bez podłączonego obciążenia i kabla zasilającego pokazują, że pomierzone wartości natężenia pola elektrycznego są pomijalnie małe a otrzymane widmo emisji można potraktować jako poziom odniesienia dla pozostałych testów (rys.4). Najmniejszy uzyskany margines między wartością zmierzona a dopuszczalną to ok. 18 dB dla 958,6 MHz (tab.2). Otrzymane wyniki pomiarów dla każdego z badanych urządzeń spełniają warunek poprawności pomiarów wg [1].

Istotną rolę w generacji zaburzeń promieniowanych przez przenośną baterię akumulatorową, odłączoną od zasilanych urządzeń, odgrywa kabel USB, które pozostaje włączony do portu wyjściowego baterii (rys.5). W tym przypadku stanowi on obciążenie własne baterii i razem z jej innymi elementami składowymi, takimi jak, przetwornica impulsowa DC-DC, inne elementy SMD (ang. Surface Mounted Devices), działając jak antena, powoduje niepożądaną emisję zakłóceń (rys.6). Poziom pomierzonego natężenia pola elektrycznego charakteryzuje się znaczną intensywnością, szczególnie w zakresie częstotliwości od ok. 200 MHz do ok. 220 MHz, natomiast długość pozostawionego kabla USB nie wpływa istotnie na wielkość tego poziomu (rys.7). Należy zauważyć, że zwiększenie długości kabla wywołuje rozciągnięcie przedziału częstotliwości, w którym występuje emisja o większej intensywności. Najwyższe poziomy zarejestrowanej emisji dla kabla krótszego występują głównie w zakresie częstotliwości od ok. 240 MHz do ok. 290 MHz i są niewiele, ok.4 dB wyższe niż w poprzednim przypadku (tab.3) Specyficznym punktem pomiarowym podczas testu z kablem 80 cm., jest składowa o częstotliwości ok. 958 MHz dla której zarejestrowano znaczne przekroczenie wartości dopuszczalnej, będące prawdopodobnie efektem szczelności komory dla tej częstotliwości.



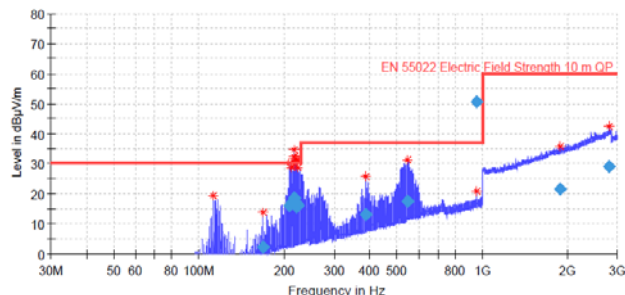
Rys.4. Widmo emisji promieniowanej wyłączanego EUT nr 1, bez obciążenia i kabla USB z odniesieniem do wartości dopuszczalnych



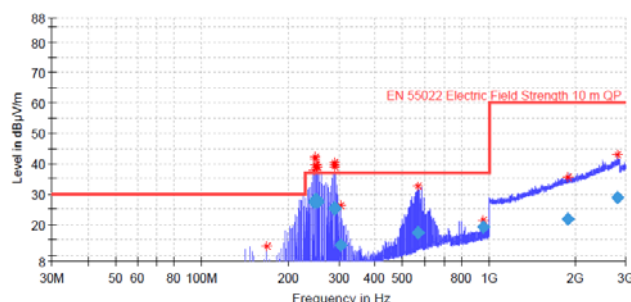
Rys.5. Wyłączony power bank nr 3 wewnątrz komory GTEM z podłączonym kablem USB

Tabela 2. Wyniki końcowego pomiaru widma emisji promieniowanej dla wyłączanego EUT nr 1, bez obciążenia i kabla USB

Częstotliwość [MHz]	Zmierzona wartość quasi szczytowa [dBµV/m]	Margines w stosunku do wartości dopuszczalnej [dB]
46,88	-11,96	41,96
73,04	-9,27	39,27
118,96	-4,61	34,61
184,16	-0,40	30,40
228,96	2,03	27,97
468,56	8,18	28,82
723,68	13,49	23,51
958,16	18,99	18,01
1892,40	27,44	32,56
2799,20	27,67	32,33



Rys.6. Widmo emisji promieniowanej w trybie wyłączenia dla EUT nr 2, z podłączonym kablem o długości 80 cm, z odniesieniem do wartości dopuszczalnych



Rys.7. Widmo emisji promieniowanej w trybie wyłączenia dla EUT nr 2, z podłączonym kablem o długości 30 cm, z odniesieniem do wartości dopuszczalnych

Tabela 3. Wybrane składowe częstotliwościowe widma emisji promieniowanej dla EUT nr 2, obciążonego kablem USB

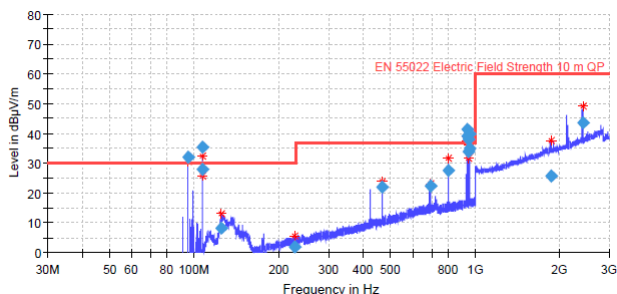
Częstotliwość [MHz]	Zmierzona wartość quasi szczytowa [dBµV/m]	Margines w stosunku do wartości dopuszczalnej [dB]
Długość kabla 80 cm		
208,40	16,08	13,92
216,00	18,61	11,39
221,60	15,56	14,46
222,20	15,83	14,17
388,24	13,15	23,85
544,44	17,49	19,51
958,28	50,78	-13,78
Długość kabla 30 cm		
246,72	27,51	9,49
249,08	28,19	8,81
252,48	27,17	9,83
291,20	25,32	11,68
303,68	13,08	23,92
565,24	17,31	19,69
958,28	18,98	18,02

Wyniki pomiarów – tryb ładowania

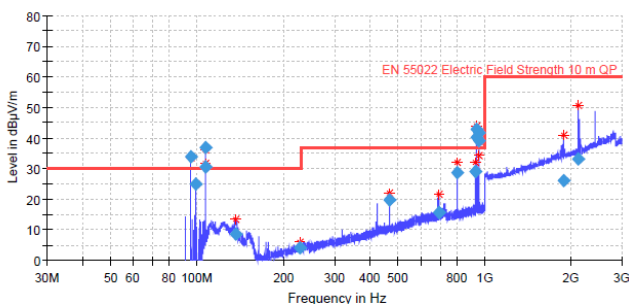
Otrzymane widma emisji promieniowanej w konfiguracji pomiarowej, gdy przenośna bateria akumulatorowa jest zasilana na zewnątrz komory pomiarowej (rys.8) pokazują, że dla wszystkich badanych urządzeń poziom zarejestrowanego natężenia pola elektrycznego w kilku punktach pomiarowych przekracza dopuszczalne poziomy emisji, określone w normie (rys.9-11). Najwyższe poziomy emisji można zaobserwować w zakresie częstotliwości od ok. 95 MHz do 107 MHz oraz wokół 958 MHz (tab.4).



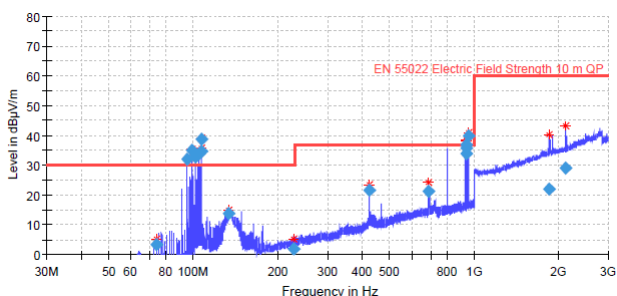
Rys.8. Power bank nr 3 wewnątrz komory GTEM w trakcie ładowania. Zasilanie na zewnątrz komory



Rys.9. Widmo emisji promieniowanej w trybie ładowania dla EUT nr 1 z odniesieniem do wartości dopuszczalnych. Zasilanie na zewnątrz komory



Rys.10. Widmo emisji promieniowanej w trybie ładowania dla EUT nr 2 z odniesieniem do wartości dopuszczalnych. Zasilanie na zewnątrz komory



Rys.11. Widmo emisji promieniowanej w trybie ładowania dla EUT nr 3 z odniesieniem do wartości dopuszczalnych. Zasilanie na zewnątrz komory

Tabela 4. Wybrane składowe częstotliwościowe widma emisji promieniowanej o poziomach przekraczających wartości dopuszczalne

Częstotliwość [MHz]	Zmierzona wartość quasi szczytowa [dB μ V/m]	Poziom przekroczenia wartości dopuszczalnej [dB]
Przenośna bateria akumulatorowa nr 1		
95,20	31,87	1,87
106,68	35,44	5,44
941,08	41,15	4,15
941,56	39,17	2,17
942,24	38,07	1,07
958,12	39,82	2,82
Przenośna bateria akumulatorowa nr 2		
95,20	33,97	3,97
106,64	36,96	6,96
107,12	30,50	0,50
941,08	42,78	5,78
941,60	40,36	3,36
956,44	38,97	1,97
958,24	41,86	4,86
Przenośna bateria akumulatorowa nr 3		
95,20	31,83	1,83
99,16	34,89	4,89
101,68	32,90	2,90
105,04	33,71	3,71
106,72	34,56	4,56
107,08	38,80	8,80
958,12	39,73	2,73

Poziom o jaki przekroczone są wartości dopuszczalne zależy od pojemności badanej baterii i jest wyższy im jest większa pojemność EUT.

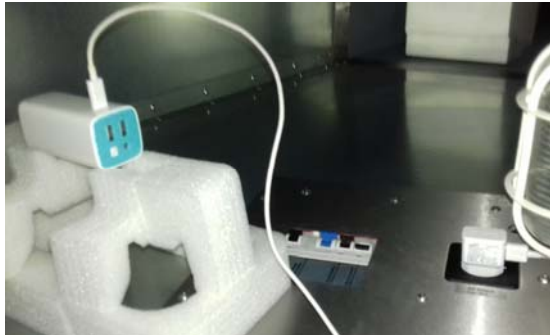
Przeprowadzone testy wskazywałyby, że badane urządzenia nie spełniają wymagań związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną w zakresie emisji promieniowanej. Jednak analiza widma emisji (rys.9-11) prowadzi do wniosku, że główne składowe częstotliwościowe o wartościach, charakteryzujących się największą intensywnością nie pochodzą od badanych EUT a od działających w pobliżu intencjonalnych źródeł wąskopasmowych zakłóceń radioelektrycznych jakimi są stacje radiowe, telefonii komórkowej itp. Potwierdzają to wyniki kolejnych testów. Zaprezentowana powyżej metodyka pomiaru emisji EUT w trakcie ładowania jest nieprawidłowa i świadczy o nieszczelności komory spowodowanej tym, że kabel zasilający wyprowadzono na zewnątrz komory niefiltrowanym przepustem (rys.8).

W sytuacji, gdy EUT w trybie ładowania jest zasilane wewnątrz komory GTEM (rys.12) poziom emitowanych zakłóceń promieniowanych jest zdecydowanie niższy i nawet dla przenośnej baterii nr 3 o największej pojemności, nie przekracza limitów emisyjności (rys.13). Wynika stąd, że w pierwszym przypadku, na mierzoną na wyjściu komory GTEM wartość natężenia pola elektrycznego miały wpływ dodatkowe składowe pola, występujące w otaczającym komorę środowisku elektromagnetycznym, które zaindukowały się na wychodzącym na zewnątrz kablu USB.

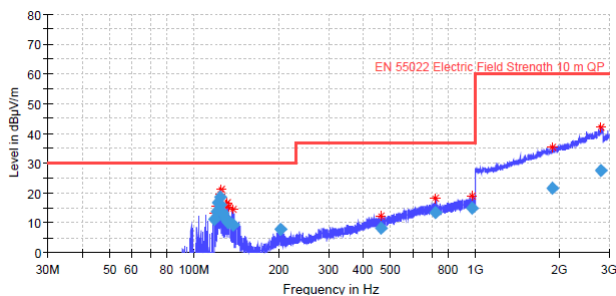
Świadczą o tym również wyniki pomiarów, przeprowadzonych przy otwartych drzwiach komory bez EUT (rys.14). Pomierzone widmo emisji w całym zakresie częstotliwości pomiarowych charakteryzuje pole elektromagnetyczne, występujące w otoczeniu komory GTEM. Analizując charakter widma emisji promieniowanej zarówno w trybie ładowania z kablem zasilającym na zewnątrz komory (rys.9-11) jak i przy otwartych drzwiach komory (rys.14) można zauważyć, że zakresy częstotliwości, gdzie występuje duża intensywność emisji zakłóceń w obu przypadkach pokrywają się. Prawidłową metodyką pomiarową w przypadku badania emisji

promieniowanej EUT w trybie ładowania jest więc podłączenie go do filtrowanego gniazda zasilania wewnątrz komory GTEM (rys.12).

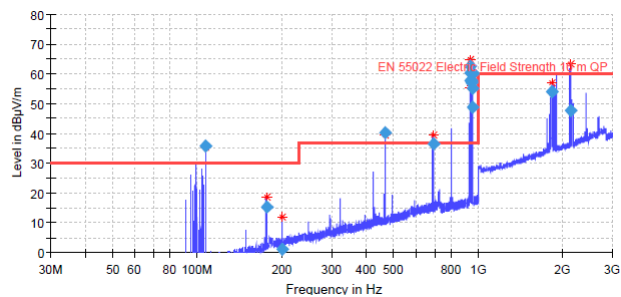
Końcowym wnioskiem z testów emisyjności promieniowanej wybranych przenośnych baterii akumulatorowych w trybie ładowania jest więc stwierdzenie, że poziom pomierzony emisji promieniowanej nie przekracza wartości dopuszczalnych, określonych w odpowiednich dokumentach normalizacyjnych.



Rys.12. Power bank nr 3 wewnątrz komory GTEM w trakcie ładowania



Rys.13. Widmo emisji promieniowanej w trybie ładowania dla EUT nr 3 z odniesieniem do wartości dopuszczalnych

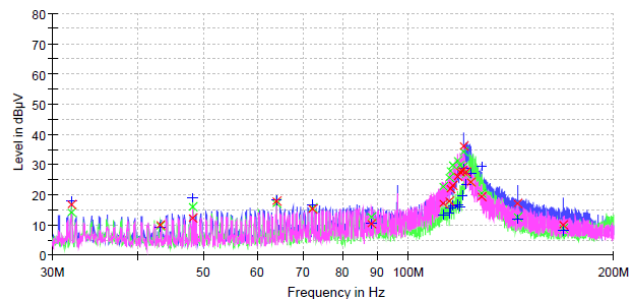


Rys.14. Widmo emisji promieniowanej w otoczeniu komory z odniesieniem do wartości dopuszczalnych. Komora GTEM otwarta

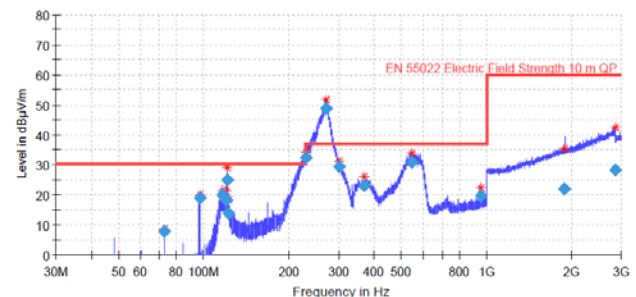
Wyniki pomiarów – tryb obciążenia

W testach wykorzystano typowe dla zastosowania power banku obciążenie (telefon, układ elektroniczny). Wynika to stąd, że generalnie, przedmiotem badań był wpływ EUT na poziom emisji promieniowanej całego systemu, którego jest częścią składową. Pomiar w konfiguracji, w której power bank jest obciążony czysto rezystancyjnie co prawda dałoby miarodajną informację na temat emisyjności EUT, ale nie uwzględniłoby rzeczywistych warunków pracy badanego urządzenia. Podłączenie do przenośnej baterii akumulatorowej obciążenia powoduje, że w trybie rozładowania zarówno bateria jak i obciążenie (np. telefon lub mikrokontroler) są źródłami niepożądanego emisji promieniowanej. Wpływ

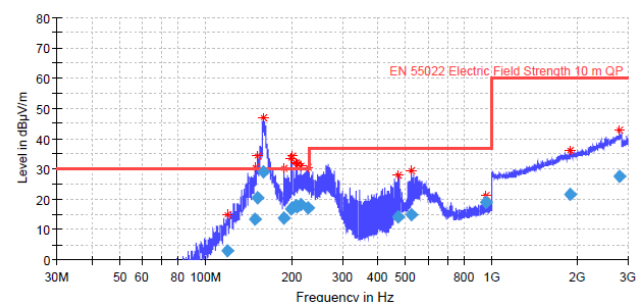
zakłóceń emitowanych przez mikrokontroler wyraźnie widoczny jest w dolnym zakresie częstotliwości pomiarowych, gdzie pojawiają się składowe harmoniczne, pochodzące od zegara mikrokontrolera (rys.15). Częstotliwości krytyczne, dla których pomierzona wartość quasi-szczytowa przekracza poziomy dopuszczalne zależy od rodzaju obciążenia (rys.16-17). Intensywność emitowanych zaburzeń promieniowanych zależy również od pojemności przenośnej baterii akumulatorowej. Jej poziom przekracza dopuszczalne wartości dla EUT nr 2 i nr 3. W przypadku podłączenia mikrokontrolera do baterii, pomierzony poziom emisji promieniowanej przekracza ponad 15 dB dopuszczalne wartości w zakresie częstotliwości od ok. 250 MHz do ok. 270 MHz. (rys.16). Dla podłączonego smartfona zakres częstotliwości, dla których poziom emisji jest wyraźnie wyższy znajduje się poniżej 200 MHz, lecz nie przekracza wartości dopuszczalnych (rys.17). Charakter widma emisji promieniowanej, obserwowany w trakcie pomiarów, zależy zarówno od pojemności badanej przenośnej baterii akumulatorowej jak i od rodzaju dołączonego do niej obciążenia.



Rys.15. Widmo emisji promieniowanej w zakresie częstotliwości od 30 MHz do 200 MHz, w trybie obciążenia EUT nr 2 na wyjściu komory GTEM. Mikrokontroler Atmel ATmega328/P podłączony do EUT



Rys.16. Widmo emisji promieniowanej w trybie obciążenia EUT nr 2 z odniesieniem do wartości dopuszczalnych. Mikrokontroler Atmel ATmega328/P podłączony do EUT



Rys.17. Widmo emisji promieniowanej w trybie obciążenia EUT nr 2 z odniesieniem do wartości dopuszczalnych. Smartphone podłączony do EUT

Podsumowanie

W artykule zaprezentowano wyniki pomiarów emisji promieniowanej, wykonanych w komorze GTEM dla kilku przenośnych baterii akumulatorowych, różniących się pojemnością. Wskazano na niepożądane efekty związane z ich działaniem, polegające na generacji pola elektrycznego o znacznej intensywności, które pochodzi zarówno od przenośnej baterii akumulatorowej jak i zasilanych przez nią urządzeń. Porównanie wyników badań emisyjności EUT w różnych trybach jego pracy, przy różnych obciążeniach, prowadzi do wniosku, że zaburzenia emitowane przez przenośną baterię akumulatorową, pracującą razem z innym urządzeniem elektrycznym czy elektronicznym mogą wpłynąć na istotne podwyższenie całkowitego poziomu emisji promieniowanej. Ponadto, wyniki przeprowadzonych badań dla trzech wybranych power banków wskazują, że intensywność promieniowanych zaburzeń jest tym większa im większa jest pojemność baterii.

Przeprowadzone badania pokazują, że również w trybie ładowania przenośna bateria akumulatorowa staje się źródłem zakłóceń o zauważalnym poziomie. W artykule przedyskutowano dwie zastosowane konfiguracje stanowiska pomiarowego. Prawidłową metodyką pomiarową w przypadku badania emisji promieniowanej EUT w trybie ładowania jest podłączenie urządzenia badanego do filtrowanego gniazda zasilania wewnątrz komory GTEM. W tym przypadku, dla wszystkich przebadanych urządzeń wyniki testów są zgodne z wymaganiami kompatybilności elektromagnetycznej w zakresie dopuszczalnego poziomu emisji promieniowanej. Ponadto, w trybie czuwania, z podłączonym ekranowanym kablem USB badane urządzenie jest źródłem niepożądanego emisji, o dużej intensywności w zakresie częstotliwości od ok. 200 MHz to 250 MHz, która może być efektem komutacji energii w przetwornicy DC-DC, wypromieniowywanej przez kabel USB, pracujący jak antena.

Pomiary wykonano zgodnie z wymaganiami normalizacyjnymi, ograniczając górny zakres częstotliwości pomiarowych. Jest niższy od określonego w normie i wynosi 3 GHz, a wynika on z ograniczeń aparaturowych stanowiska pomiarowego. Do rejestracji sygnału na wyjściu komory GTEM wykorzystano odbiornik pomiarowy, którego zakres częstotliwości pomiarowych zawiera się w przedziale częstotliwości od 9 kHz do 3,6 GHz. Ze względu na charakter pracy power banku (częstotliwości pracy przetwornicy) nie ma jednak potrzeby wykonywania pomiarów emisji w wyższym przedziale częstotliwości, a zakres częstotliwości pomiarowych można by jeszcze zawęzić do 1 GHz.

Wyniki testów emisyjności w trybie obciążenia przenośnej baterii akumulatorowej wskazują, że poziom emisyjności zależy m.in. od charakteru tego obciążenia. Celem uniezależnienia się od rodzaju obciążenia w tym trybie pracy, należałoby uzupełnić badania o testy emisyjności promieniowanej EUT obciążonego czysto rezystancyjnie. W tym kierunku badania zostaną rozszerzone i uzupełnione w przyszłości.

Autorka: dr inż. Beata Palczyńska, Akademia Morska w Gdyni, Katedra Telekomunikacji Morskiej, ul. Morska 83, 81-200 Gdynia, E-mail: palbeata@am.gdynia.pl.

LITERATURA

- [1] PN-EN 61000-4-20:2011, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-20: Metody badań i pomiarów -- Badanie emisji i odporności w falowodach z poprzeczną falą elektromagnetyczną (TEM), (2011)
- [2] CISPR 16-2-3, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements, (2010)
- [3] PN-EN 55022:2011, Urządzenia informatyczne -- Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych -- Poziomy dopuszczalne i metody pomiarów, (2011)
- [4] King-Lee, C., et al., Characterizations of FPGA chip electromagnetic emissions based on GTEM cell measurements, *Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility*, APEMC (2012)
- [5] King-Lee C., Mohd Zarar Mohd Jenu, Man-On Wong, See-Hour Ying, Radiated emissions estimation of an integrated circuit based on measurements in GTEM cell, *Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility*, APEMC (2013), 1–4
- [6] Rusiecki A., Pomiary skuteczności ekranowania małej obudowy ze szczeliną z użyciem komory GTEM i generatora grzebieniowego w zakresie od 30 MHz do 1 GHz, *Przegląd Elektrotechniczny*, (2010), nr 3, 72-74
- [7] Woźnica T., Wstępne pomiary zaburzeń radioelektrycznych w komorze GTEM z zastosowaniem analizatora widma, *Przegląd Elektrotechniczny* (2010), nr 3, 179-181
- [8] Gąsiorowski A., Posyłek Z., Identyfikacja pola elektromagnetycznego w przestrzeni pomiarowej komory GTEM, *Przegląd Elektrotechniczny* (2011), nr 12b, 45-48
- [9] Cała P., Bieńkowski P., Szerokopasmowy układ ekspozycyjny pola elektromagnetycznego, *Przegląd Elektrotechniczny* (2017), nr 3, 252-255
- [10] Palczyńska B., Radiated emissions measurements of a portable power bank in a GTEM cell, *IEEE 17th International Conference on Environment and Electrical Engineering*, Milano, (2017), 1356-1361
- [11] Łuszcz J., Knitter A., Badanie emisyjności promieniowanej urządzeń energoelektronicznych w komorach GTEM, *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, (2001), nr 21, 169-174
- [12] Slattery K., Muccioli J. P., North T., Characterization of the RF emissions from a family of microprocessors using a 1 GHz TEM cell, in *Proc. IEEE EMC Symp.*, Austin, TX, (1997), 203–207.
- [13] Catalog for GTEM Test Cells, Test Calls for EMC Radiated&Immunity Testing DC to 20 GHz, www.teseq.com, (dostęp 29.06.2017)
- [14] Data sheet, CE FCC ROHS Cylinder manual 2600mAh mobile power bank charger, www.ROHS.com, (dostęp 29.06.2017)
- [15] Data sheet, QPB Power bank 5200mAh, www.komputronik.com, (dostęp 29.06.2017)
- [16] Data sheet, Bank energii 10400mAh - TP-Link, www.tp-link.com.pl/products/details/cat-5689_TL-PB10400.html, (dostęp 29.06.2017)