

Wymagania EMC w odniesieniu do urządzeń stosowanych w Siłach Zbrojnych – Wpływ zmian normy NO-06-A500:2012 na wyniki pomiarów

Streszczenie. Artykuł szczegółowo przedstawia różnice w procedurach pomiarowych z wykorzystaniem komory bezodbiwojowej dla norm obronnych NO-06-A200 oraz NO-06-A500 wydanych w 2012r w stosunku do wydania tych norm z roku 2008. Ponadto w artykule przedstawiono wyniki pomiarów i wpływ zmian konfiguracji stanowisk pomiarowych (wg norm obronnych z roku 2012 w stosunku do norm obronnych wydanych w roku 2008) na wyniki pomiarów emisji promieniowanej w odniesieniu do urządzeń stosowanych w Siłach Zbrojnych.

Abstract. The article presents the differences in measurement procedures for defense standards NO-06-A200 and NO-06-A500 published in 2012 year in relation to the publication of these standards in 2008. In addition, the paper presents the results of measurements and the impact of changes in the configuration measuring positions (according to the defense standards in 2012 in relation to the defense standards published in 2008) for radiated emissions measurements for the equipment used in the Armed Forces. (**EMC requirements for equipment used in the Armed Forces - Effect of standard NO-06-A500:2012 measurement results**).

Słowa kluczowe: emisja promieniowana, odporność na pole EM, kompatybilność elektromagnetyczna, NO-06-A200, NO-06-A500.

Keywords: radiated emissions, immunity for EM field, electromagnetic compatibility, MIL-STD-461.

doi:10.12915/pe.2014.07.57

Wstęp

Współczesne społeczeństwa uzależniły się od licznych urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Konsekwencją tego jest pojawienie się wielu norm dotyczących badań kompatybilności elektromagnetycznej oraz poziomów dopuszczalnych dla poszczególnych rodzajów urządzeń. W konsekwencji producenci sprzętu elektronicznego, w celu wprowadzenia go na rynek muszą zrealizować szereg badań na zgodność z odpowiednimi normami. W zależności od docelowego przeznaczenia sprzętu elektronicznego, urządzenia powinny spełniać wymagania norm obronnych bądź też norm cywilnych. W niektórych przypadkach urządzenia elektroniczne powinno spełniać wymagania obydwu rodzajów norm.

W odniesieniu do urządzeń i sprzętu stosowanego w Siłach Zbrojnych obowiązują określone standardy oraz opracowane metody badań związane z kompatybilnością elektromagnetyczną. Podstawowymi dokumentami są dokumenty normalizacyjne z serii MIL-STD adaptowane przez kraje członkowskie NATO w postaci norm obronnych. W Polsce odpowiednikiem podstawowego standardu normalizacyjnego dotyczącego kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) i obowiązującego w krajach członkowskich NATO są normy obronne NO-06-A200 oraz NO-06-A500. Obowiązujące do 2012 roku normy obronne były opracowane na podstawie standardu MIL-STD-461E. W lipcu 2012 roku zostały zatwierdzone przez Ministra Obrony Narodowej normy obronne będące tłumaczeniem standardu MIL-STD-461F.

Analiza norm NO-06-A200 oraz NO-06-A500 wydanych w 2008r. i 2012r.

Normy obronne NO-06-A200:2008 „Kompatybilność elektromagnetyczna. Dopuszczalne poziomy emisji ubocznych i odporność na narażenia elektromagnetyczne” oraz NO-06-A500:2008 „Kompatybilność elektromagnetyczna. Procedury badań zaburzeń elektromagnetycznych i odporności na narażenia elektromagnetyczne” były kontynuacją serii norm obronnych. Seria tych norm ma na celu dostosowanie wymagań i procedur pomiarowych dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektronicznych stosowanych w Siłach Zbrojnych RP do wymagań obowiązujących w krajach członkowskich NATO.

Tabela 1. Odniesienie norm obronnych do standardu MIL-STD-461F pod kątem wymagań i procedur pomiarowych

Rodzaj badania	NO-06-A200 NO-06-A500		MIL-STD-461F
	Wymaganie	Procedura pomiarowa	Wymaganie i Procedura pomiarowa
Zaburzenia przewodzone	KCE-01	PCE-01	CE-101
	KCE-02	PCE-02	CE-102
	KCE-03	PCE-03	CE-106
Zaburzenia promieniowane	KRE-01	PRE-01	RE-101
	KRE-02	PRE-02	RE-102
	KRE-03	PRE-03	RE-103
Odporność na zaburzenia przewodzone	KCS-01	PCS-01	CS-101
	KCS-02	PCS-02	CS-103
	KCS-03	PCS-03	CS-104
	KCS-04	PCS-04	CS-105
	KCS-05	PCS-05	CS-109
	KCS-06	PCS-06	CS-114
	KCS-07	PCS-07	CS-115
	KCS-08	PCS-08	CS-116
	KCS-09	PCS-09	CS-106
Odporność na narażenia promieniowane	KRS-01	PRS-01	RS-101
	KRS-02	PRS-02	RS-103
	KRS-03	PRS-03	RS-105

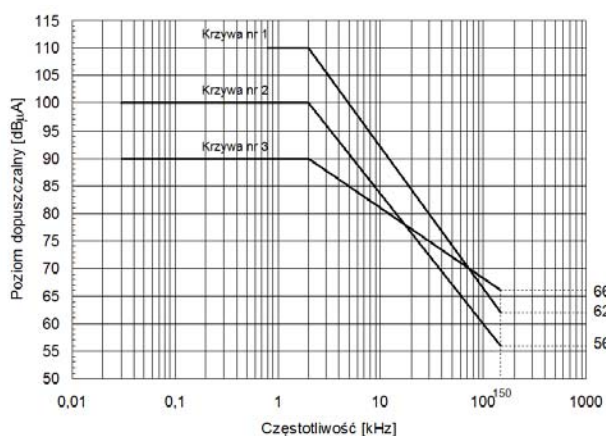
Seria norm obronnych uwzględnia zarówno procedury pomiarowe jak i wymagania co do dopuszczalnych poziomów emisji zaburzeń od urządzenia oraz odporności urządzeń na narażenia elektromagnetyczne. Pod kątem procedur pomiarowych i wymagań normy z 2008 roku były zgodne z dokumentem MIL-STD-461E. Odniesienie procedur pomiarowych i wymagań zawartych w normach obronnych do standardu MIL-STD-461F przedstawiono w tabeli 1.

Normy obronne NO-06-A200:2012 „Kompatybilność elektromagnetyczna. Poziomy dopuszczalne emisji ubocznych i odporności na narażenia elektromagnetyczne” oraz NO-06-A500:2012 „Kompatybilność elektromagnetyczna. Procedury badań zaburzeń elektromagnetycznych i odporności na narażenia elektromagnetyczne” są najnowszym wydaniem norm obronnych dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej wprowadzającym procedury pomiarowe i wymagania zawarte w dokumencie MIL-STD-461F. W porównaniu z poprzednim wydaniem norm (2008) niewielkiej zmianie uległ zakres stosowania poszczególnych wymagań i procedur pomiarowych:

- konieczność stosowania wymagania KCE-01 w odniesieniu do okrętów nawodnych,
- konieczność stosowania w ograniczonym zakresie wymagania KCS-05 w odniesieniu do okrętów nawodnych,
- konieczność stosowania w ograniczonym zakresie wymagania KCS-08 w odniesieniu do okrętów podwodnych,
- wprowadzono nowe wymaganie KCS-09 i konieczność jego stosowania w odniesieniu do okrętów nawodnych i podwodnych,
- konieczność stosowania w ograniczonym zakresie wymagania KRS-01 w odniesieniu do okrętów podwodnych.

Ponadto w normach obronnych z 2012 roku wprowadzono kilka istotnych zmian dotyczących procedur pomiarowych oraz wymagań.

Zgodnie z nowo wydaną normą w przypadku wymagań KCE-01 dodano nowe poziomy dopuszczalne prądu zaburzeń w obwodach zasilania prądem stałym lub przemiennym w przypadku pomiarów z LISN 5 μ H (rys. 1).

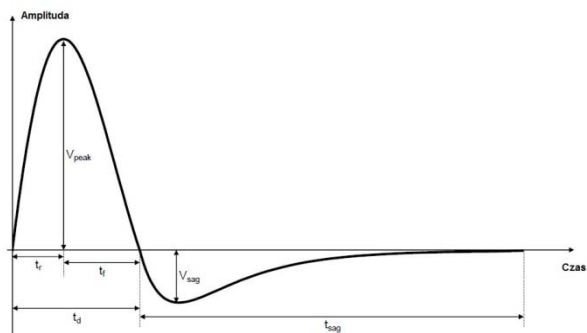


KRZYWA NR1 – 115VAC, 400Hz, KRZYWA NR2 – 28 VDC, KRZYWA NR3 – 270 VDC

Rys. 1. Poziom dopuszczalny prądu zaburzeń w obwodach zasilania prądem stałym lub przemiennym według wymagania KCE-01 w przypadku pomiarów z LISN 5 μ H

W nowo wydanej normie dla wymagania KCS-07 dotyczącego odporności na zaburzenia przewodzone, w postaci ciągu impulsów quasi-prostokątnych w kablach sygnałowych i kablach zasilania dodano parametry przykładowej krzywej kalibracyjnej impulsu.

Wprowadzono dodatkowe wymaganie (KCS-09) i procedurę pomiarową (PCS-09) dotyczące badania odporności urządzeń lub zestawów urządzeń na zaburzenia w przewodach zasilania występujące w postaci impulsu zdefiniowanego na rysunku 2.

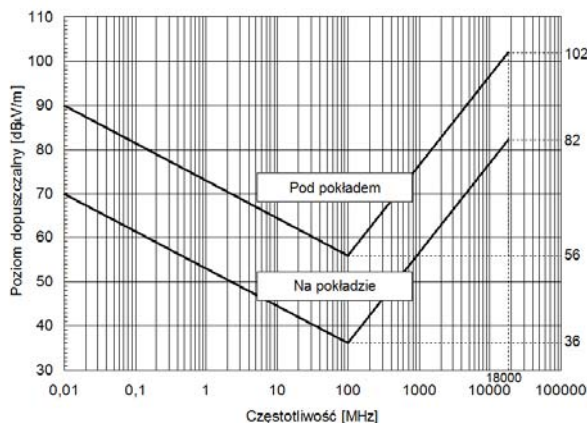


$V_{peak} = 400 V_{peak}$, $t_r = 1,5 \mu s \pm 0,5 \mu s$, $t_f = 3,5 \mu s \pm 0,5 \mu s$, $t_d = 5,0 \mu s \pm 22 \%$, $V_{sag} \leq 120 V_{peak}$ (wartość maksymalna), $t_{sag} \leq 20 \mu s$. Kształt i parametry impulsu zmierzone na bezindukcyjnym rezystorze 5 Ω .

Rys. 2. Kształt zaburzenia dla KCS-09

Kolejna zmiana dotyczy wymagania KRE-02 oraz procedury pomiarowej PRE-02. Wymaganie KRE-02 w odniesieniu do urządzeń instalowanych na okrętach nawodnych wprowadza dodatkowy podział na urządzenia montowane na pokładzie i pod pokładem (rys. 3). Różnice w procedurze pomiarowej PRE-02 zostaną omówione szczegółowo w kolejnym rozdziale.

Ostatnią z zaobserwowanych znaczących różnic jest wprowadzenie zmian w maksymalnych szybkościach przestrajania i maksymalnego skoku częstotliwości podczas badań odporności na narażenia elektromagnetyczne.



Rys. 3. Poziom dopuszczalny natężenia pola zaburzeń według wymagania KRE 02 dla urządzeń lub zestawów urządzeń montowanych na okrętach nawodnych

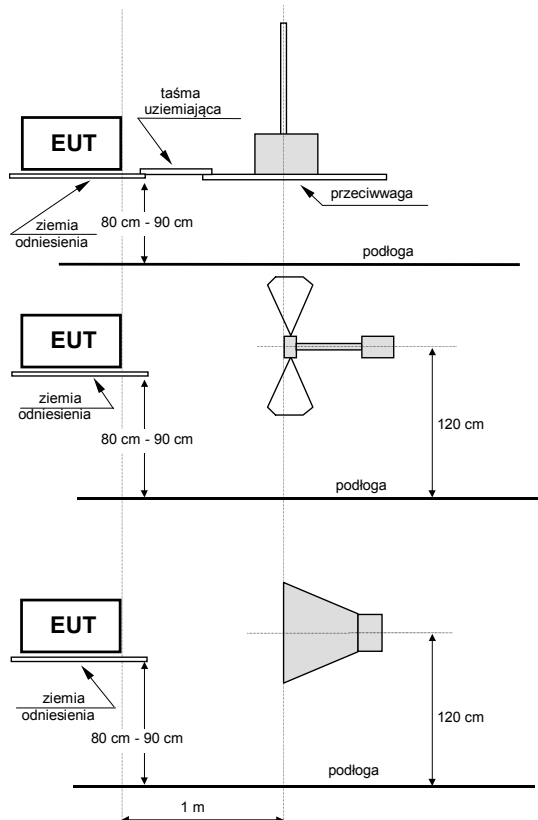
Analiza stanowiska pomiarowego wg procedury normy NO-06-A500 - PRE-02:2008 oraz PRE-02:2012

Przedmiotem procedury PRE-02 jest metoda pomiaru poziomu emisji zaburzeń elektromagnetycznych promieniowanych w zakresie częstotliwości od 10 kHz do 18 GHz, wytwarzanych przez urządzenia lub zestawy urządzeń oraz dołączone do tych urządzeń kable. Procedura nie dotyczy emisji na częstotliwości podstawowej nadajników radiowych oraz emisji z anten.

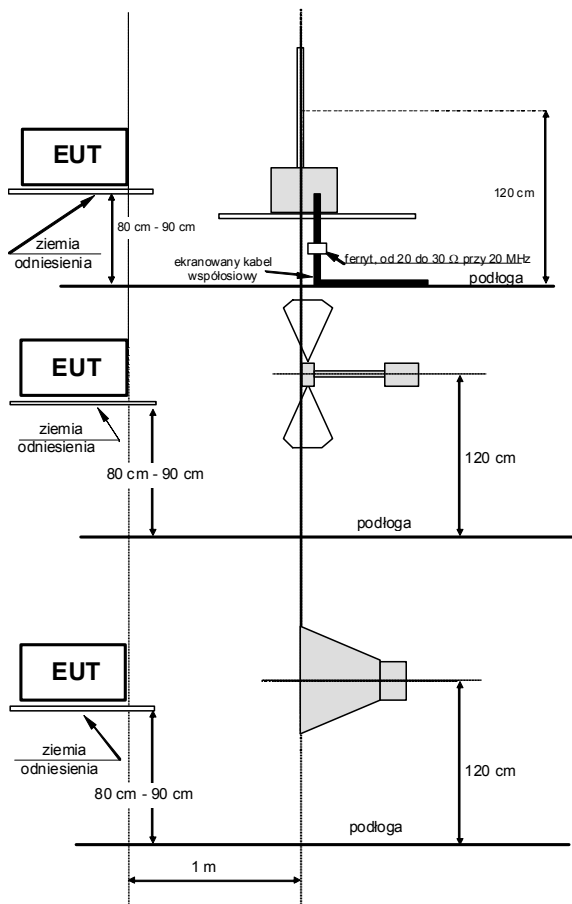
Pomiary wykonuje się z odległości 1 m za pomocą anteny pomiarowej oraz odbiorników pomiarowych wyposażonych w detektory wartości szczytowej. Miejsce pomiarowe powinno umożliwiać odróżnienie zaburzeń powodowanych przez badane urządzenie od tła zaburzeń zewnętrznych. Przydatność miejsca pomiarowego pod tym względem można ocenić, mierząc poziom tła zaburzeń przy wyłączonym badanym urządzeniu. Poziom tła zaburzeń powinien być co najmniej o 6dB niższy niż dopuszczalne poziomy określone w normie NO-06-A200. Podstawową różnicą w procedurze pomiarowej są zmiany związane z typem anten pomiarowych oraz rozmieszczeniem ich względem badanego urządzenia.

Zgodnie z normą NO-06-A500:2008 do przeprowadzenia badania należy stosować następujący zestaw anten pomiarowych w konfiguracji pokazanej na rysunku 4:

- w zakresie częstotliwości od 10 kHz do 30 MHz należy stosować antenę prętową o długości 104 cm, która powinna być umieszczona prostopadle do przeciwwagi w postaci kwadratowej płyty o długości boku nie mniejszej niż 60 cm. Antena powinna być wyposażona w sprzęgacz umożliwiający dopasowanie jej impedancji do impedancji odbiorników pomiarowych.
- w zakresie częstotliwości od 30 MHz do 200MHz należy stosować antenę dwustożkową, przy czym rozpiętość stożków powinna wynosić 137 cm. Dopuszcza się stosowanie anten aktywnych dipolowych.
- w zakresie częstotliwości od 200 MHz do 18GHz należy stosować anteny tubowe.



Rys. 4. Rozmieszczenie anten pomiarowych względem urządzenia badanego wg procedury PRE-02 normy NO-06-A500:2008



Rys. 5. Rozmieszczenie anten pomiarowych względem urządzenia badanego wg procedury PRE-02 normy NO-06-A500:2012

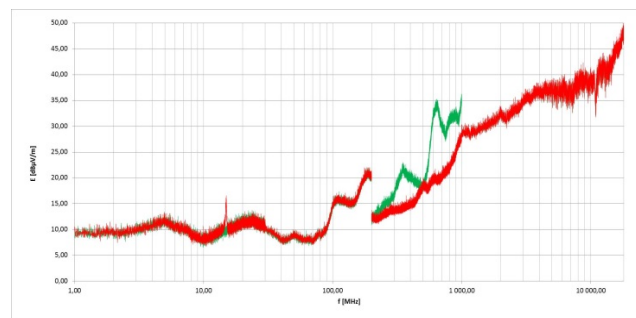
W nowo wydanej normie dla procedury KRE-02 zmieniono konfigurację rozmieszczenia anten względem badanego urządzenia (rys. 5) oraz rodzaje anten w poszczególnych zakresach pomiarowych:

- w zakresie częstotliwości od 10 kHz do 30 MHz rodzaj anteny pozostał bez zmian, natomiast zmieniła się konfiguracja rozmieszczenia anteny względem badanego urządzenia.
- w zakresie częstotliwości do 30 MHz do 200MHz należy stosować antenę dwustożkową, przy czym rozpiętość stożków powinna wynosić 137 cm.
- w zakresie częstotliwości od 200 MHz do 1 GHz należy stosować antenę tubową DRH (ang. double ridge horns) o wymiarach apertury (69,0 x 94,5) cm.
- w zakresie częstotliwości od 1 GHz do 18 GHz należy stosować antenę tubową DRH (ang. double ridge horns) o wymiarach apertury (24,2 x 13,6) cm.

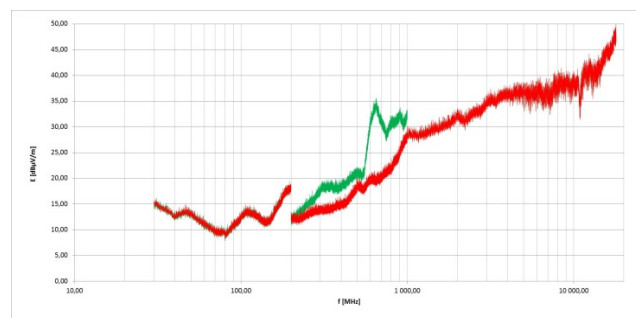
Wpływ nowo wprowadzonych zmian na wyniki pomiarowe omówiono w następnym rozdziale.

Wyniki pomiarów

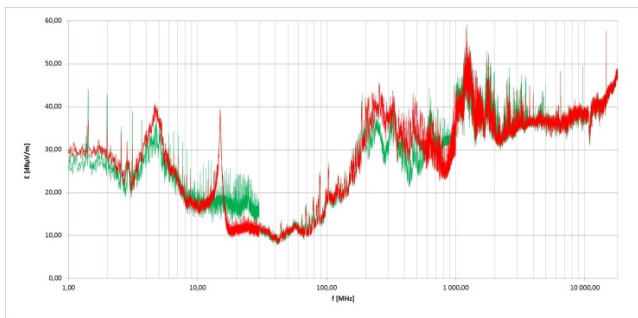
W celu pokazania wpływu modyfikacji stanowisk pomiarowych na wyniki pomiarowe wprowadzonych do procedury PRE-02 normy NO-06-A500 wykonano pomiary tła szumowego występującego w komorze bezodbiciowej oraz pomiary emisji promieniowanej dla komputera przenośnego typu laptop. Dzięki temu pokazano wpływ zmian konfiguracji stanowisk pomiarowych (wg norm obronnych z roku 2012 w stosunku do norm obronnych wydanych w roku 2008) na wyniki emisji promieniowanej dla współczesnych urządzeń informatycznych w odniesieniu do urządzeń stosowanych w Siłach Zbrojnych. Badania komputera przenośnego wykonano w zakresie zgodności na dopuszczalne poziomy zaburzeń promieniowanych w zakresie częstotliwości od 10kHz do 18GHz zgodnie z normą NO-06-A500 z 2008 roku oraz 2012 roku. Badania przeprowadzono zgodnie z metodologią narzuconą przez powyższe normy z zachowaniem tych samych warunków pracy komputera przenośnego.



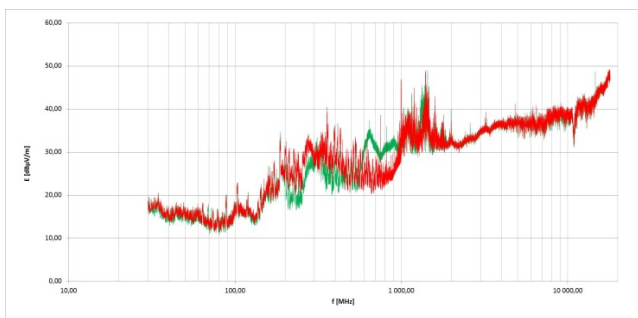
Rys. 6. Poziom tła szumowego występującego w komorze bezodbiciowej w zakresie częstotliwości od 10kHz do 18GHz pomierzonego dla polaryzacji pionowej anten pomiarowych



Rys. 7. Poziom tła szumowego występującego w komorze bezodbiciowej w zakresie częstotliwości od 30MHz do 18GHz pomierzonego dla polaryzacji poziomej anten pomiarowych



Rys. 8. Poziomy zaburzeń promieniowanych dla komputera przenośnego w zakresie częstotliwości od 10kHz do 18GHz pomierzonego dla polaryzacji pionowej anten pomiarowych



Rys. 9. Poziomy zaburzeń promieniowanych dla komputera przenośnego w zakresie częstotliwości od 30MHz do 18GHz pomierzonego dla polaryzacji poziomej anten pomiarowych

Na rys. 6 oraz rys. 7 przedstawiono pomierzone wartości poziomu tła szumowego występującego w komorze bezodbićowej (odpowiednio dla polaryzacji pionowej i poziomej anten pomiarowych) pomierzonego za pomocą detektora wartości szczytowej. Kolorem zielonym przedstawiono wyniki pomiarowe wykonane zgodnie z metodologią narzuconą przez normę NO-06-A500:2008, natomiast kolorem czerwonym przedstawiono wyniki pomiarowe wykonane zgodnie z metodologią narzuconą przez normę NO-06-A500:2012.

Na rys. 8 oraz rys. 9 przedstawiono pomierzone wartości poziomu emisji promieniowanej dla badanego komputera przenośnego (odpowiednio dla polaryzacji pionowej i poziomej anten pomiarowych). Kolorem zielonym przedstawiono wyniki pomiarowe wykonane zgodnie z metodologią narzuconą przez normę NO-06-A500:2008, natomiast kolorem czerwonym przedstawiono wyniki pomiarowe wykonane zgodnie z metodologią narzuconą przez normę NO-06-A500:2012.

Na podstawie otrzymanych wyników pomiarowych można stwierdzić, że wprowadzone zmiany dotyczące konfiguracji i rozmieszczenia anten pomiarowych względem badanego urządzenia nie wnoszą znaczącego wpływu na wyniki emisji promieniowanej pochodzącej od badanego urządzenia. Analizując budowę stanowiska pomiarowego,

wprowadzona nowa antena tubowa w zakresie częstotliwości od 200 MHz do 1000 MHz poprawia możliwości pomiarowe tego stanowiska. W omawianym stanowisku pomiarowym obniżył się poziom tła szumowego występujący w komorze bezodbićowej, a co za tym idzie zwiększył się zakres dynamiki pomiaru. W zakresach częstotliwości, w których uległy zmianie anteny pomiarowe (10kHz – 30MHz oraz 200MHz – 1000MHz) różnice w poziomach dla badanego komputera przenośnego są nieznaczące.

Wnioski

Od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia ukazały się trzy wersje norm obronnych. Jednak analiza tych dokumentów pozwala stwierdzić, że różnice pomiędzy poszczególnymi wydaniem, nie są duże. Najważniejsze jest to, że zmianom nie ulegają w zasadzie same procedury pomiarowe (wyjątek stanowi wprowadzenie nowego wymagania KCS-09 oraz nowej procedury PCS-09 w normie z 2012 roku).

Jest to bardzo duża zaleta dla laboratoriów badawczych, świadczących usługi polegające na wykonywaniu badań zgodnie z tymi dokumentami. Wprowadzenie nowych norm obronnych skutkuje jednak stosowanie nowych anten pomiarowych w procedurze PRE-02, a co się z tym wiąże wymaga dodatkowych nakładów finansowych na funkcjonowanie laboratorium. Zmiany wprowadzone w normach z 2012 roku dotyczące procedury PRE-02 nie mają znaczącego wpływu na wyniki pomiarów wykonywanych na zgodność badanego urządzenia z dopuszczalnymi poziomami zaburzeń promieniowanych w zakresie częstotliwości od 10kHz do 18GHz.

Projekt jest finansowany ze środków NCBiR w ramach Umowy NR 0024/R/ID2/2012/02 w latach 2012 – 2015.

LITERATURA

- [1] NO-06-A200:2008 „Kompatybilność elektromagnetyczna. Dopuszczalne poziomy emisji ubocznych i odporność na narażenia elektromagnetyczne”.
- [2] NO-06-A500:2008 „Kompatybilność elektromagnetyczna. Procedury badań zaburzeń elektromagnetycznych i odporności na narażenia elektromagnetyczne”.
- [3] NO-06-A200:2012 „Kompatybilność elektromagnetyczna. Poziomy dopuszczalne emisji ubocznych i odporności na narażenia elektromagnetyczne”.
- [4] NO-06-A500:2012 „Kompatybilność elektromagnetyczna. Procedury badań zaburzeń elektromagnetycznych i odporności na narażenia elektromagnetyczne”.

Autor: mgr inż. Rafał Przesmycki, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, ul. Gen S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, E-mail: rprzesmycki@wat.edu.pl;