

XV Seminarium
ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2005
Oddział Gdański PTETiS

**BADANIE EMISYJNOŚCI PROMIENIOWANEJ URZĄDZEŃ
ENERGOELEKTRONICZNYCH W KOMORACH GTEM**

Jarosław ŁUSZCZ¹, Artur KNITTER²

1. Politechnika Gdańska, G.Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk
tel: 347 2386 fax: 341 0880 e-mail: jlusz@ely.pg.gda.pl
2. Politechnika Gdańska, G.Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk
tel: 347 1639 fax: 341 0880 e-mail: aknitter@ely.pg.gda.pl

Komory ekranowane GTEM stanowią jedną z alternatywnych metod badania emisyjności promieniowanej urządzeń dopuszczanych przez wymagania norm. Pomimo istotnych ograniczeń metody GTEM pozwala ona na znaczne ograniczenie kosztów badań dla mniejszych urządzeń, w tym także dla urządzeń energoelektronicznych małych i średnich mocy. W pracy omówiono zasadnicze wymagania dotyczące pomiarów emisyjności promieniowanej urządzeń ze szczególnym uwzględnieniem komór GTEM oraz przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów emisyjności modelowych urządzeń energoelektronicznych. Prezentowane pomiary przeprowadzono przy użyciu stanowiska pomiarowego z komorą ekranowaną GTEM, odbiornikiem pomiarowym zaburzeń radioelektrycznych oraz przemysłowym systemem komputerowym PXI z oprogramowaniem zrealizowanym w środowisku LabView.

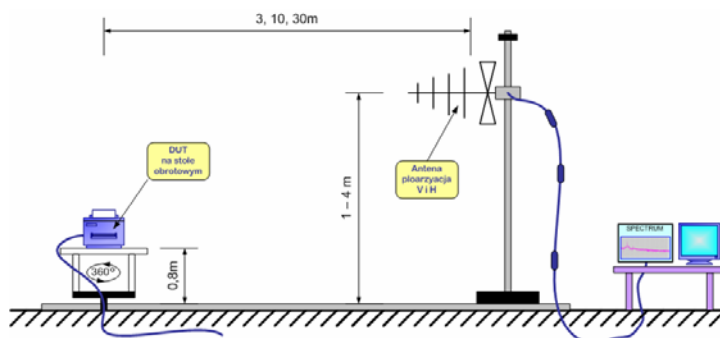
1. WPROWADZENIE

Jednym z podstawowych wymagań technicznych dla urządzeń zawierających elementy elektryczne jest wykazanie zgodności ich parametrów technicznych z wymaganiami odnośnych Dyrektyw Unijnych. Dla urządzeń elektrycznych i elektronicznych zasadnicze wymagania wprowadza Dyrektywa EMC, określająca warunki przeprowadzania szeregu szczegółowych badań, które powinny być wykonane w celu laboratoryjnego potwierdzenia zgodności urządzenia z wymaganiami odnośnych norm. Wykazanie, że poziom emisji promieniowanej urządzenia nie przekracza określonych dopuszczalnych wartości natężenia pola elektromagnetycznego jest jednym z takich wymagań. Odpowiednie normy podstawowe i wyrobu określają szczegółowo metody oraz warunki przeprowadzania zalecanych badań oraz wymagane właściwości stosowanej aparatury badawczej.

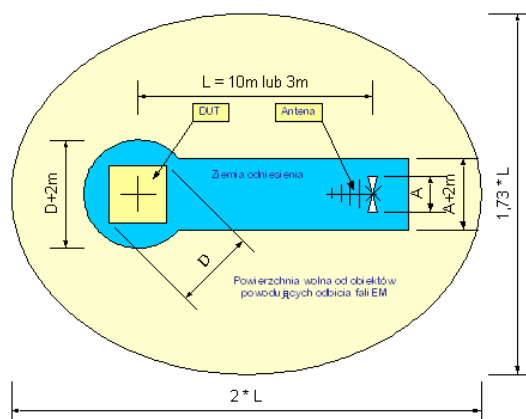
2. METODY BADAŃ EMISYJNOŚCI PROMIENIOWANEJ URZĄDZEŃ

Wśród wielu rodzajów badań EMC, pomiary emisyjności promieniowanej stanowią jedno z trudniejszych i bardziej kosztownych badań, ponieważ wymagają odpowiednio dużego stanowiska pomiarowego o dostatecznie niskim poziomie zaburzeń promieniowanych obcych, pochodzących od innych źródeł. We współczesnym otaczającym nas środowisku elektromagnetycznym zwykle istnieje wiele pożądaných i niepożądaných źródeł promieniowania, które w znacznym stopniu utrudniają wykonywanie pomiarów natężenia pola elektromagnetycznego.

Zalecenia większości norm dotyczących emisyjności urządzeń zakładają, że pomiary emisyjności promieniowanej powinny być przeprowadzane na odpowiednim stanowisku pomiarowym tzw. otwartym poligonie pomiarowym (*ang. OATS Open Area Test Site*) (Rys.1). Zasadniczym elementem otwartego poligonu pomiarowego jest płaszczyzna odniesienia (*tzw. ziemia odniesienia*) w postaci odpowiednio ukształtowanej i uziemionej płyty metalowej (Rys.2). Przykładowe rozmieszczenie elementów stanowiska pomiarowego do emisyjności promieniowanej pokazano na rys. 1 i 2.



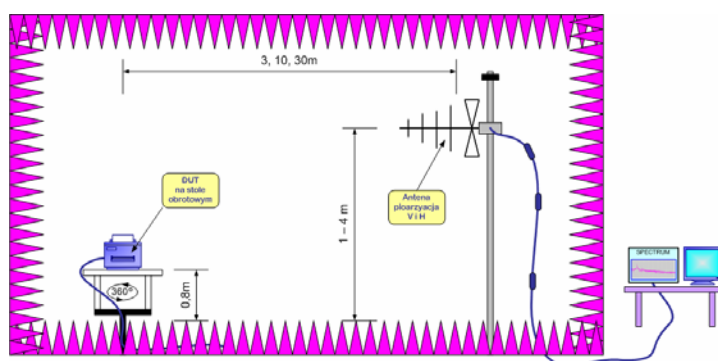
Rys. 1. Stanowisko badawcze do pomiaru emisyjności promieniowanej urządzeń na otwartym poligonie pomiarowym



Rys. 2. Wymagana płaszczyzna odniesienia otwartego pola pomiarowego

Prowadzenie badań w terenie otwartym zazwyczaj jest utrudnione ze względu na np. warunki pogodowe wpływające również na propagację fal elektromagnetycznych. W związku z wieloma niedogodnościami praktycznymi tej metody od wielu lat trwają poszukiwania innych metod określania emisyjności promieniowanej w bardziej dogodnych warunkach pomiarowych. Jedną z bardziej znanych metod jest prowadzenie badań w ekranowanych komorach bezodbiciowych (*ang. anechoic and shielded chamber*), które pozwalają na znaczne uniezależnienie się od warunków zewnętrznych, zarówno klimatycznych jak i elektromagnetycznych. Zasadnicze trudności stanowią jednak bardzo wysokie koszty budowy (specjalne materiały ekranujące i absorpcyjne) i eksploatacji takiego stanowiska (znaczące gabaryty).

Komory bezodbiciowe są to zazwyczaj pomieszczenia w kształcie prostopadłościanu wyposażone w ekrany ograniczające wpływ zewnętrznych pól elektromagnetycznych pochodzących ze środowiska elektromagnetycznego oraz wewnętrzne powłoki pochłaniające energię promieniowania wytwarzanego wewnątrz komory w celu uniknięcia odbić fal elektromagnetycznych i wycieków emisji na zewnątrz. Przy zachowaniu odpowiedniego poziomu skuteczności ekranowania oraz pochłaniania fal przez tzw. absorbery możliwe jest uzyskanie pewnej przestrzeni pomiarowej (zwykle znacznie mniejszej od wymiarów zewnętrznych komory) o znanych i kontrolowanych warunkach propagacji fal elektromagnetycznych (Rys.3).



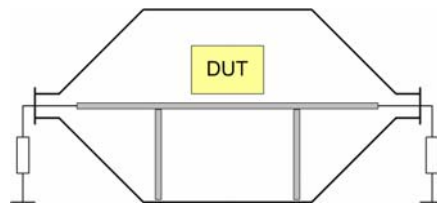
Rys. 3. Stanowisko do pomiaru emisyjności promieniowanej urządzeń w komorze bezodbiciowej

Parametry komór ekranowanych oraz związana z nimi jakość uzyskiwanego pola pomiarowego zależy od gabarytów komory (im większe tym łatwiej uzyskać obszar pola jednorodnego) oraz jakości powierzchni bezodbiciowych (wyższa tłumienność i poziom absorpcji pozwalają na uniknięcie niepożądanych odbić i zjawisk rezonansowych). W zależności od specyfiki potrzeb stosuje się różne rozwiązania techniczne:

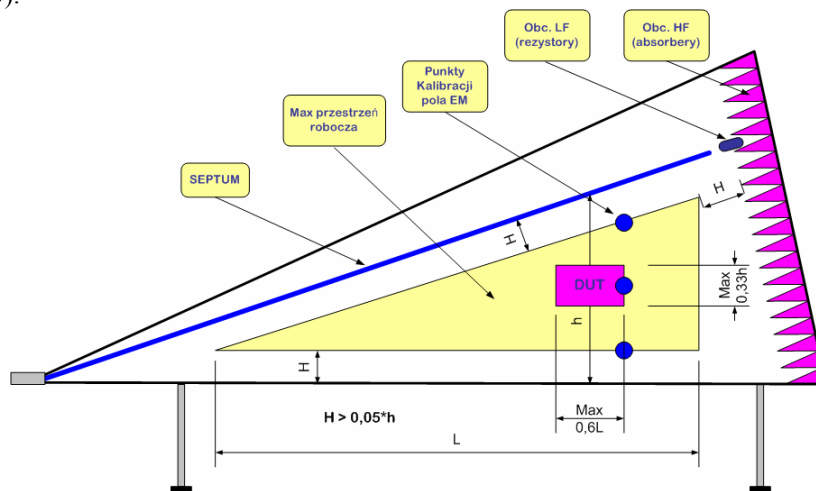
- komory z pełnym wypełnieniem materiałem bezodbiciowym (*ang. full anechoic chamber*) oraz komory z pozostawionymi niektórymi elementami niechronionymi materiałem bezodbiciowym np. metalowa podłoga (*ang. semi anechoic chamber*),
- materiały bezodbiciowe (*absorbery*) pochłaniające energię promieniowania elektromagnetycznego w postaci charakterystycznych klinów o wielkości dostosowanej do długości fali lub w postaci płyt ferrytowych pozwalających uzyskać większą skuteczność pochłaniania w zakresie niższych częstotliwości,
- pomieszczenia ekranowane bez powłok pochłaniających energię promieniowania (*ang. Faraday cage*) zapewniające jedynie tłumienie pól zewnętrznych.

Obecnie, ze względu na znacznie zwiększające się zapotrzebowanie wykonywania badań EMC, zauważa się wzrost zainteresowania tzw. alternatywnymi metodami pomiaru emisyjności. Metody te polegają na określaniu parametrów źródła zaburzeń i charakterystyk jego emisyjności w znanych warunkach pomiarowych, a następnie obliczaniu jego emisyjności w warunkach znormalizowanych lub innych np. przestrzeni otwartej lub w miejscu zainstalowania przy użyciu odpowiednio opracowanych procedur obliczeniowych. Istnieje kilka znanych metod alternatywnych: metoda trzech anten ramowych, metoda komory TEM typu Crawforda oraz metoda z wykorzystaniem komory GTEM.

Komora TEM (ang. *Transverse Electromagnetic cell*) zbudowana jest z odcinka prostokątnej linii współosiowej z odpowiednimi układami dopasowującymi impedancje falowe od strony źródła i obciążenia (Rys. 4). Zasadniczym ograniczeniem komór TEM jest przede wszystkim stosunkowo niewielka przestrzeń badawcza szczególnie dla częstotliwości rzędu 1GHz (kilkanaście centymetrów). Obecnie dostępne komory GTEM (ang. *Gigahertz Transverse Electromagnetic cells*) charakteryzują się rozszerzonym zakresem częstotliwości pomiarowych do kilkudziesięciu GHz. Konstrukcja komory GTEM jest rozwinięciem klasycznej komory TEM w celu wyrównania geometrii pola elektromagnetycznego oraz przeciwdziałania powstającym rezonansom wzdłużnym (Rys. 5).



Rys. 4. Stanowisko do pomiaru emisyjności promieniowanej urządzeń w komorze TEM



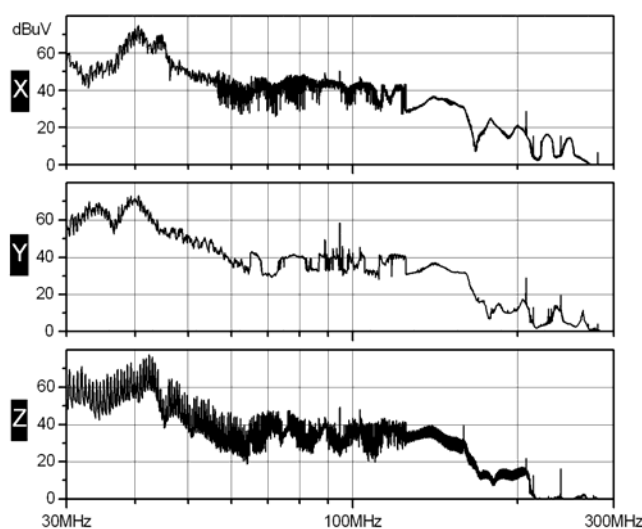
Rys. 5. Konstrukcja komory GTEM

Konstrukcja komory GTEM ma kształt ostrosłupa o określonych proporcjach geometrycznych zakończonego w podstawie obciążeniem rezystancyjnym oraz w postaci absorberów klinowych. Rozszerzenie zakresu częstotliwości pomiarowych umożliwia zmieniona konstrukcja komory, a w szczególności specjalna hybrydowa konstrukcja obciążenia skuteczna zarówno dla zakresu małych jak i wielkich częstotliwości. Komora GTEM jest strukturą całkowicie zamkniętą z wewnętrznym septum pochłaniająco –

promieniującym, co pozwala na jej stosowanie do badań emisyjności promieniowanej urządzeń jak i ich odporności na pole elektromagnetyczne. Pomiar emisyjności w komorze GTEM przeprowadza się dla kilku położenia badanego obiektu, a następnie oblicza się wypadkowy poziom emisji na podstawie uzyskanych charakterystyk promieniowanej mocy w oparciu o opracowane zależności modelowe. Zasadniczym potwierdzeniem wiarygodności uzyskiwanych wyników jest ich korelacja w stosunku do wyników uzyskiwanych na otwartym polu pomiarowym.

3. STANOWISKO BADAWCZE

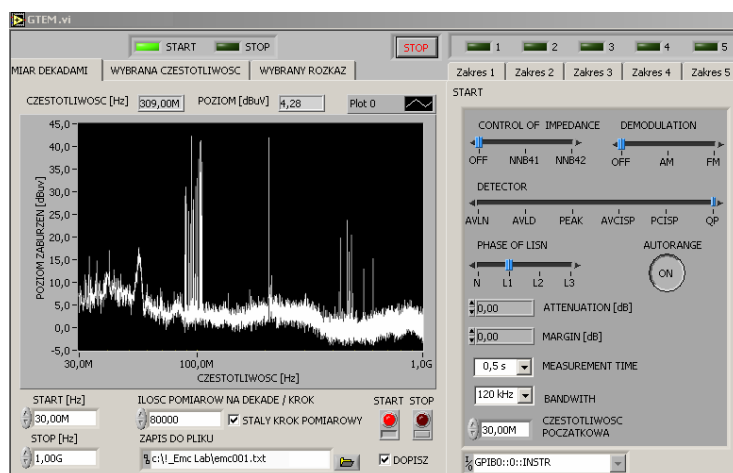
Opracowane stanowisko badawcze do pomiarów emisyjności urządzeń energoelektronicznych składa się z: komory ekranowanej GTEM o przestrzeni pomiarowej z jednorodnym rozkładem pola elektromagnetycznego 30 x 30 x 15 cm, odbiornika pomiarowego od 9kHz do 1GHz oraz komputerowego systemu pomiarowego z interfejsem GPIB oraz aplikacją pomiarową zrealizowaną na platformie LabView. Przykładowe wyniki pomiarów emisyjności przekształtnika DC-DC oraz wygląd okna aplikacji sterującej procesem pomiarowym przedstawiono na rysunkach 7 i 8.



Rys. 7. Porównanie emisyjności przekształtnika DC-DC w trzech osiach X, Y i Z.

4. PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań emisyjności promieniowanej modelowych przekształtników energoelektronicznych przy użyciu zbudowanego stanowiska pomiarowego wynika, że badania te mogą być bardzo przydatne na etapie badań przed-certyfikacyjnych (*ang. precompliance*). Ocena emisyjności zasadniczych podzespołów przekształtnika podczas opracowywania prototypów urządzeń ułatwia w znacznym stopniu oszacowanie emisyjności urządzenia docelowego, co znacznie ogranicza prawdopodobieństwo wystąpienia niezgodności na etapie końcowych badań certyfikacyjnych. Ze względu na złożoność wykonywanych pomiarów, wykorzystanie zautomatyzowanego stanowiska znacznie zwiększa efektywność badań.



Rys. 8. System sterowania procesem pomiarowym – aplikacja LabView

5. BIBLIOGRAFIA

1. Ishigami, S.; Harima, K.; Yamanaka, Y.; Estimation of E-field distribution in a loaded GTEM cell, EMC. 2001 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 2001. Volume 1, 13-17 Aug. 2001 Page(s):129 - 134 vol.1
2. Soo-Hyung Kim; Jun-Young Nam; Hyun-Goo Jeon; Sung-Kook Lee; A correlation between the results of the radiated emission measurements in GTEM and OATS, IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 1998. Volume 2, 24-28 Aug. 1998 Page(s):1105 - 1109 vol.2.
3. Więckowski T.: Pomiar emisyjności urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.
4. Zellerhoff, M.; Hannemann, J.; Klinkenbusch, L.; Electromagnetic coupling between a GTEM-cell and a device under test: a hybrid modal-analysis & method-of-moments approach Antennas and Propagation Society International Symposium, 2002. IEEE Volume 3, 16-21 June 2002 Page(s):286 - 289 vol.3.
5. PN-EN 61000-4-20:2004 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-20: Metody badań i pomiarów. Badania zaburzeń i odporności w falowodach TEM
6. PN-CISPR 16-1:2000 EMC Wymagania dotyczące urządzeń i metod pomiarów zaburzeń radioelektrycznych i odporności na zaburzenia radioelektryczne. Urządzenia do pomiarów zaburzeń radioelektrycznych i odporności na zaburzenia radioelektryczne
7. PN-CISPR 16-2:1999 EMC Wymagania dotyczące urządzeń i metod pomiarów zaburzeń radioelektrycznych i odporności na zaburzenia radioelektryczne. Metody pomiarów zaburzeń radioelektrycznych i odporności na zaburzenia radioelektryczne.

EVALUATION OF POWER ELECTRONICS CONVERTERS RADIATED EMISSION IN GTEM TEST CELLS

The paper presents different methods of electrical and electronics devices radiated emission measurements with especial consideration of the GTEM method. The evaluated test setup is based on the GTEM cell, EMI receiver and PXI computer system with the LabView application which control the measurements process.