

Cezary WOREK, Marcin SZCZURKOWSKI

Katedra Elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie,

Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

WSTĘP

Opracowanie wyrobu przeznaczonego na rynek Unii Europejskiej jest bezpośrednio związane z koniecznością spełnienia wszystkich wymagań bezpieczeństwa stawianych przez Dyrektywę Nowego Podejścia. Niestety, w praktyce okazuje się, że jednocześnie uwzględnienie wytycznych zawartych w Dyrektywach, którym podlega projektowane urządzenie elektroniczne, jest zadaniem trudnym i wymaga od zespołu projektantów orientacji w wielu zagadnieniach technicznych i prawnych. Reprezentatywną grupą wyrobów ilustrującą te problemy są urządzenia elektroniczne przeznaczone do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, które muszą spełniać najwyższe standardy bezpieczeństwa przemysłowego wynikające z wymagań Dyrektywy 94/9/WE (ATEX) jak również podlegają m.in. wymaganiom kompatybilności elektromagnetycznej zawartym w dyrektywie 2004/108/WE (EMC). Z tych powodów zapewnienie pełnej funkcjonalności urządzeń wymaga wielokrotnie zastosowania zaawansowanych analiz i pomiarów koniecznych do przeprowadzenia już na wstępnym etapie projektowania [1, 2, 5].

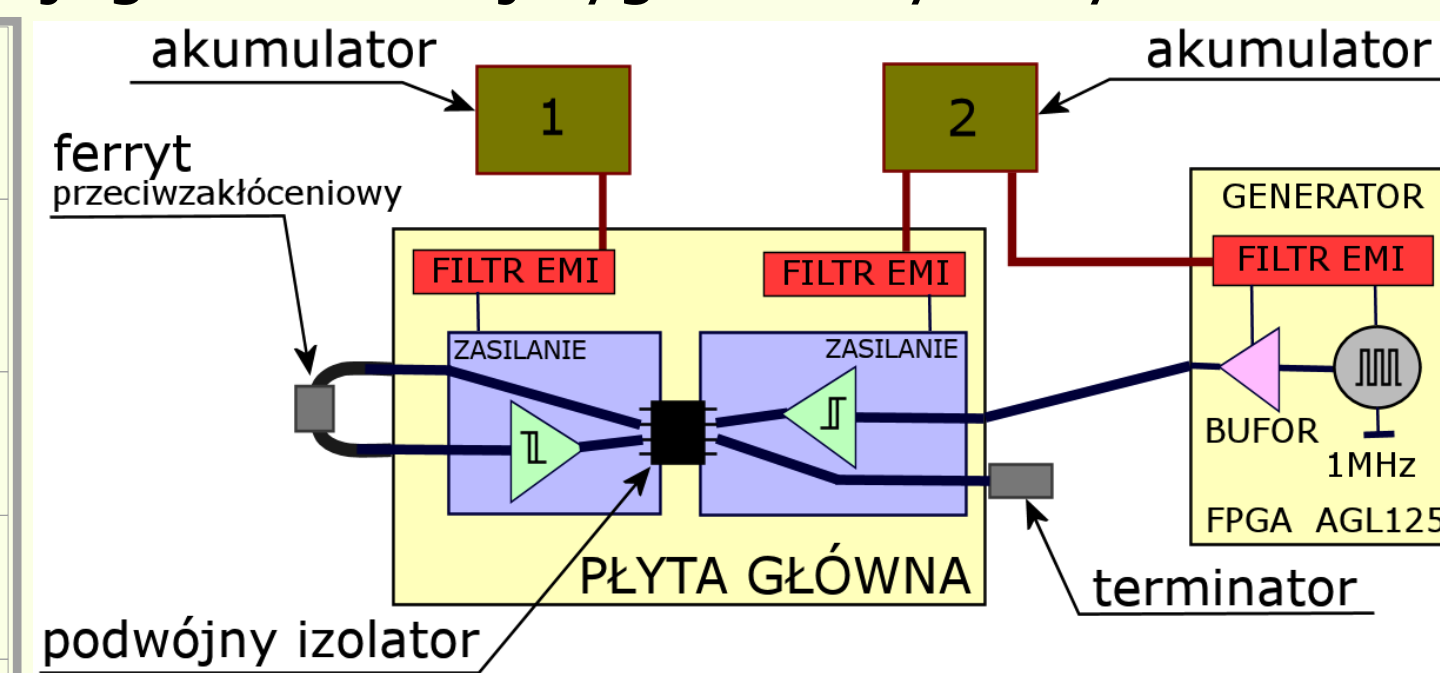
W praktyce zastosowanie środków ochrony przeciwybuchowej utrudnia spełnienie wymagań dyrektywy EMC. W bardziej zaawansowanych problemach należy przeprowadzić stosowne pomiary i badania uproszczonych modeli poszczególnych rozwiązań cząstkowych. W jednym z najpopularniejszych środków ochrony przeciwybuchowej, jakim jest iskrobezpieczeństwo, wymagana jest wiedza o wszystkich elementach magazynujących energię, celem weryfikacji czy możliwy jest zapłon mieszaniny wybuchowej. Przykładowo, elementy EMC/EMI mają określone charakterystyki w.c.z. natomiast nie mają wprost podanych wartości pojemności, indukcyjności, rezystancji oraz tolerancji użytych w danym komponencie. Dodatkowo, niezbędnym parametrem jest przekrój poprzeczny przewodów zastosowanych w tego typu elementach. Innym przykładem może być zastosowanie odpowiedniej izolacji galwanicznej w urządzeniach budowy iskrobezpiecznej.

IZOLACJA GALWANICZNA W OBWODACH ISKROBEZPIECZNYCH

W konstrukcjach urządzeń budowy przeciwybuchowej często zachodzi konieczność zastosowania separacji galwanicznej pomiędzy poszczególnymi podobwodami urządzenia. Zastosowany element izolujący musi spełniać ostre wymagania zawarte w normach zharmonizowanych z dyrektywą ATEX [6], co wielokrotnie prowadzi do pogorszenia funkcjonalności urządzenia. Przykładowo wymagania dotyczące minimalnej odległości przez izolację stałą pomiędzy emiterym a odbiornikiem światła muszą być ściśle zdefiniowane. Warunek ten eliminuje możliwość zastosowania praktycznie większości gotowych transoptorów i przy napięciach powyżej 750VDC często najprostszym rozwiązaniem jest oparcie się o własną konstrukcję zbudowaną z elementów dyskretnych.

Tabela 1. Wybrane parametry układów izolacji galwanicznej sygnałów cyfrowych

Opis parametrów/typ izolatora cyfrowego	ACPL 071	ADUM 1201AR	ISO 7221AD	OPI 2000M
Nominalny prąd zasilania, przy 5,0V częstotliwości 1MHz	7,1mA	0,8mA	8,6mA	12,7mA
Maksymalna szybkość transmisji [Mbit/s]	15	2	1	2
Maksymalne napięcie pracy [kV _{max}]	0,56	0,56	0,56	4,0
Wytrzymałość dielektryczna (UL 1577, 60s) [kV _{max}]	3,75	2,5	2,5	10



Rys. 1. Schemat blokowy układu pomiarowego

W chwili obecnej na rynku znajduje się kilka interesujących elementów (tab. 1), które spełniają wymagania w szczególnych przypadkach, takich jak np. izolacja pomiędzy różnymi obwodami iskrobezpiecznymi. Należy pamiętać, że na kryterium doboru elementów pracujących w obwodach iskrobezpiecznych składa się szereg czynników, do których należą poza wymaganiami funkcjonalnymi: kompletna dokumentacja techniczna i technologiczna, często z dodatkową deklaracją producenta, spełnienie określonych norm związanych z definicją parametrów granicznych, dostępność komponentów w małych seriach i wielokrotnie niestety pomijany aspekt - jego wpływ na kompatybilność elektromagnetyczną całego urządzenia. Aby uniknąć poważniejszych problemów z uzyskaniem odpowiednich certyfikatów i dopuszczeń obydwoma problemami związanymi a dyrektywą ATEX i EMC należy zająć się na bardzo wczesnych etapach projektowania. Zaproponowana i sprawdzona przez autorów procedura polega na weryfikacji elementów składowych w układach testowych pod kątem spełnienia wymagań funkcjonalnych i dyrektywy EMC. Podobne podejście można znaleźć m.in. w opracowaniach firmy Murata dotyczących zobrazowania technik redukcji zaburzeń elektromagnetycznych przy użyciu różnych elementów oraz przy zastosowaniu topologii połączeń najczęściej spotykanych w praktyce inżynierskiej [7]. Mimo, iż wydaje się to czasochłonne, znakomicie przyspiesza proces wyznaczenia produktu na rynek, jak również zapewnia wysoki poziom inżynierski zastosowanych rozwiązań. Przykład takiego badania zostanie przedstawiony poniżej. Autorzy przeprowadzili w nim testy czterech izolatorów sygnałów cyfrowych (tab.1):

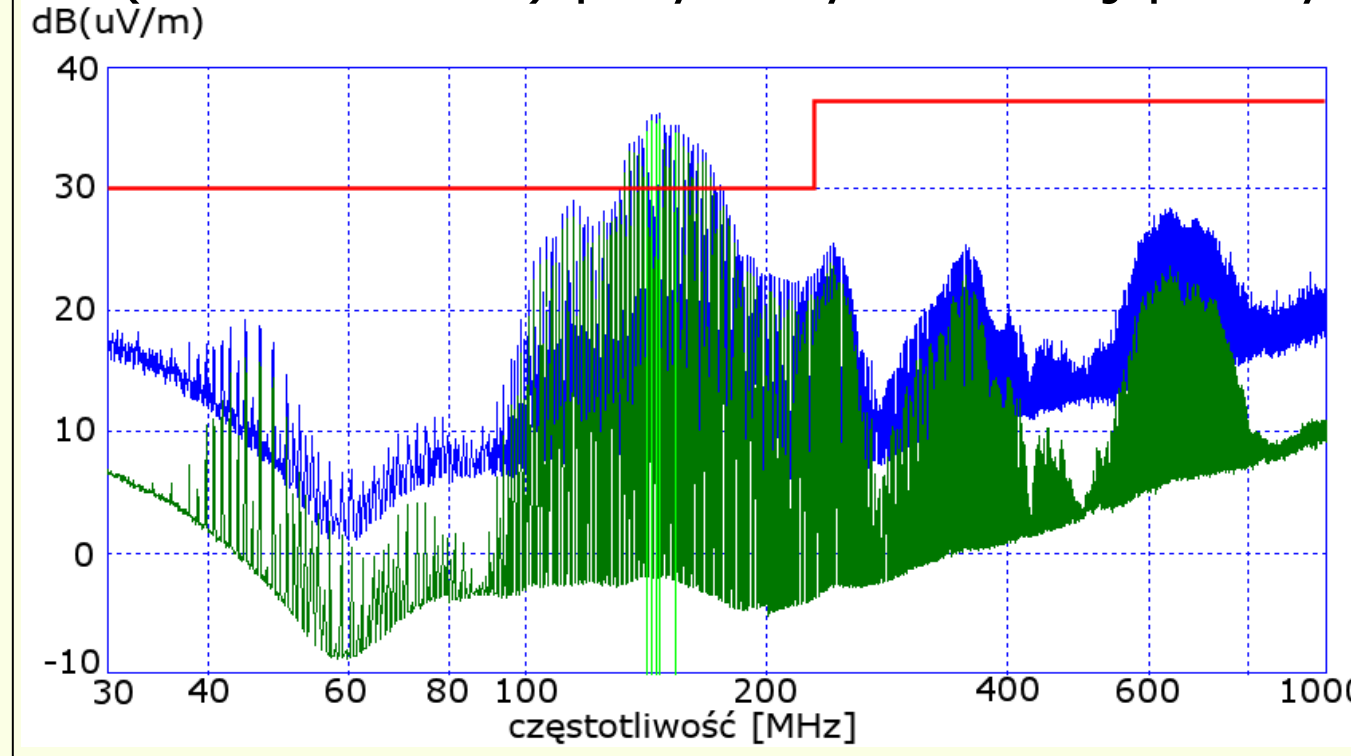
- szybki transoptor sygnałów cyfrowych ACPL-071 firmy Avago,
- układ cyfrowego izolatora ze sprzężeniem magnetycznym ADuM1201 firmy Analog Devices,
- układ cyfrowego izolatora ze sprzężeniem pojemnościowym ISO7221 firmy Teras Instruments,
- iskrobezpieczny transoptor OPI 2000M, firmy Bedford Opto Technology.

MODUŁY POMIAROWE I STANOWISKO TESTOWE

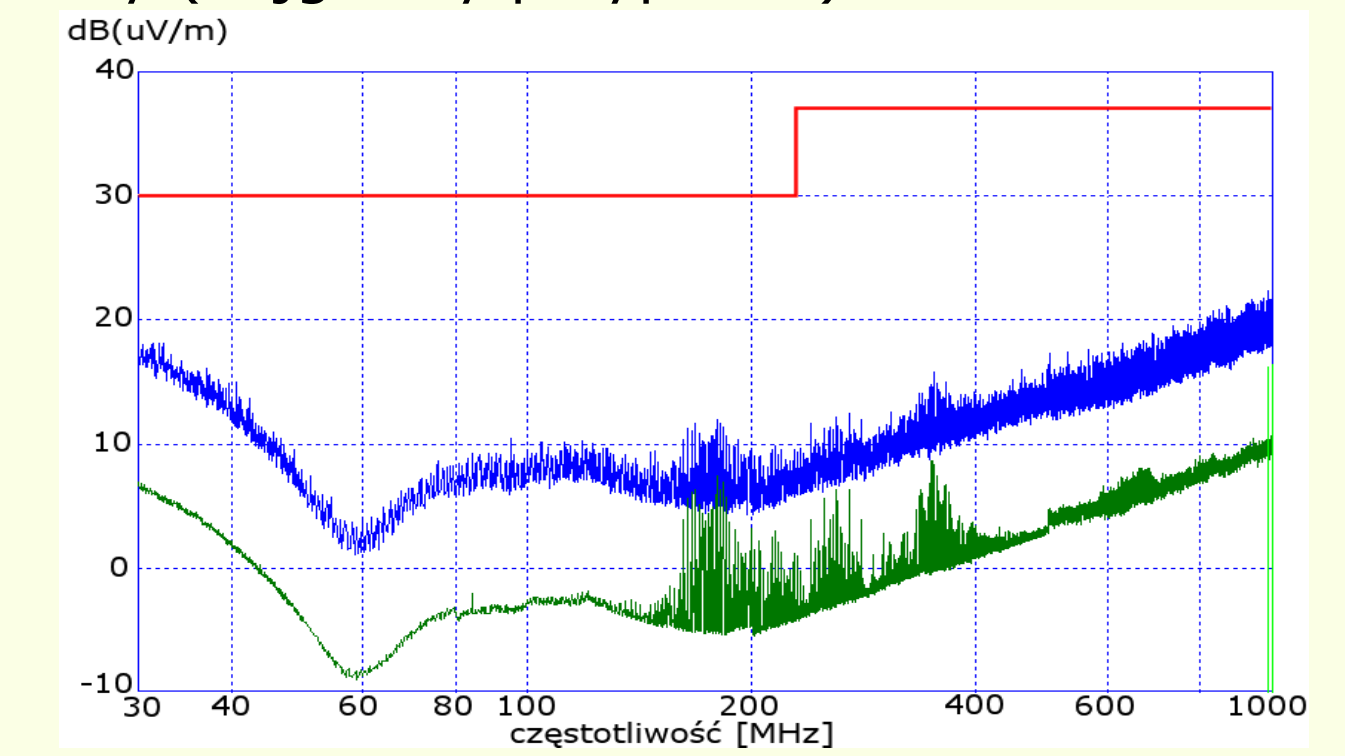
Na rysunku 1 przedstawiono schemat blokowy układu do badania zaburzeń promieniowanych w liniach transmisyjnych sygnałów cyfrowych o częstotliwości pracy około 1MHz, w których zastosowano badany, podwójny izolator cyfrowy. W celu uniknięcia dodatkowych sprzężeń zastosowano zasilanie bateryjne, a każdy element aktywny na liniach zasilających wyposażono w rozbudowane filtry EMC i stabilizatory liniowe LDO.

Pojedyncze bramki Schmitta służą do normalizacji sygnałów podawanych na wejście izolatora. Generator przebiegów prostokątnych oparty o układ FPGA AGL125 z buforem wyjściowym wykonanym w technologii CMOS serii 4000 wykorzystano jako sygnał wzorcowy i źródło zaburzeń elektromagnetycznych. Całkowita długość pojedynczej magistrali, od bufora do terminatora wynosi 40cm (rys. 1.). Przykładowe widmo promieniowanych zaburzeń układu zegarowego opartego o układ FPGA AGL125 z dołączoną magistralą bez układów izolatorów (połączenia galwaniczne) przedstawiono na rysunku 2.

Na wszystkich rysunkach przedstawiających widmo promieniowanych zaburzeń, na niebiesko zaznaczono poziom sygnału z detektora quasi-szczytowego, na zielono z detektora wartości średniej, zaś na czerwono dopuszczalny poziom natężenia pola zaburzeń dla urządzeń ITE klasy B (PN-EN52022) przy horyzontalnej polaryzacji anteny (najgorszy przypadek).



Rys. 2. Widmo promieniowanych zaburzeń układu zegarowego opartego o układ FPGA AGL125 z dołączoną magistralą bez układów izolatorów.

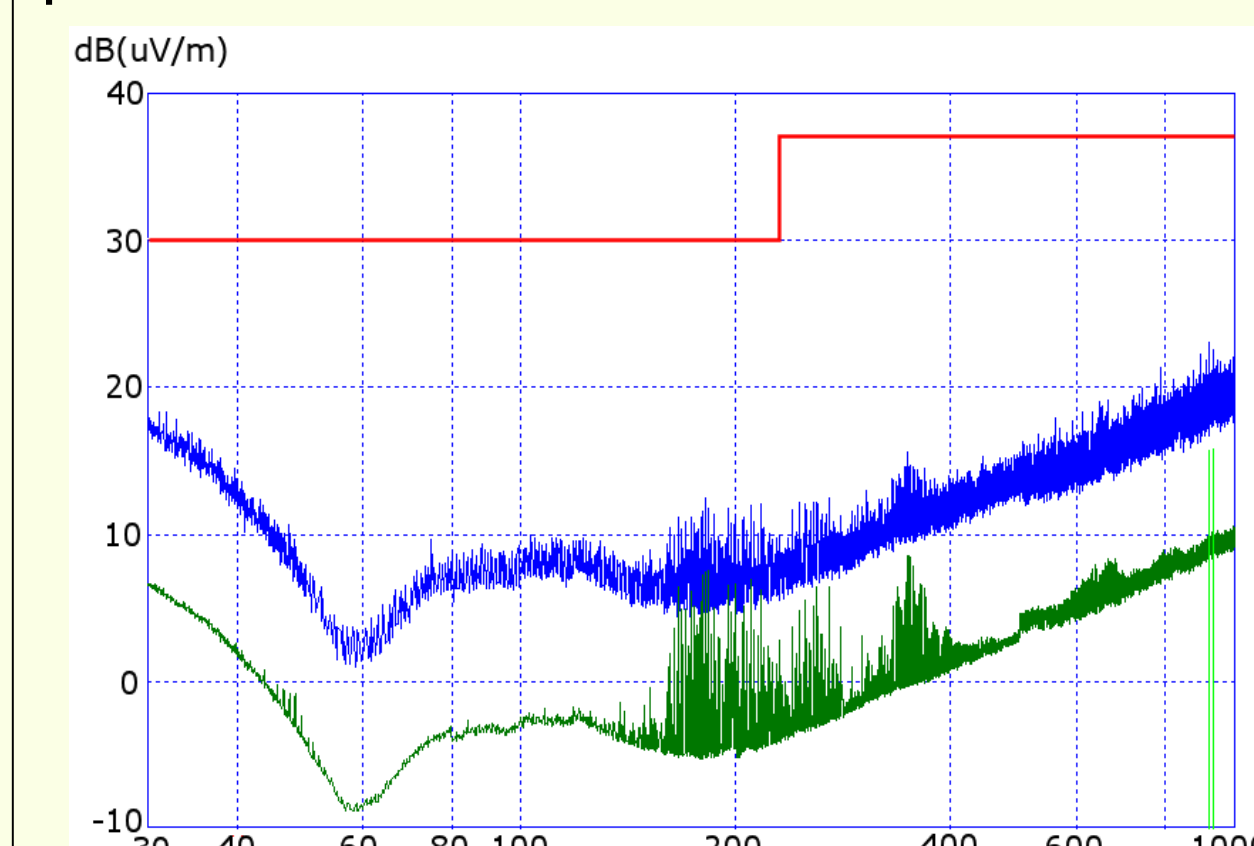


Rys. 3. Poziom natężenia pola promieniowanego w funkcji częstotliwości dla płytki testowej z transoptorem ACPL-071

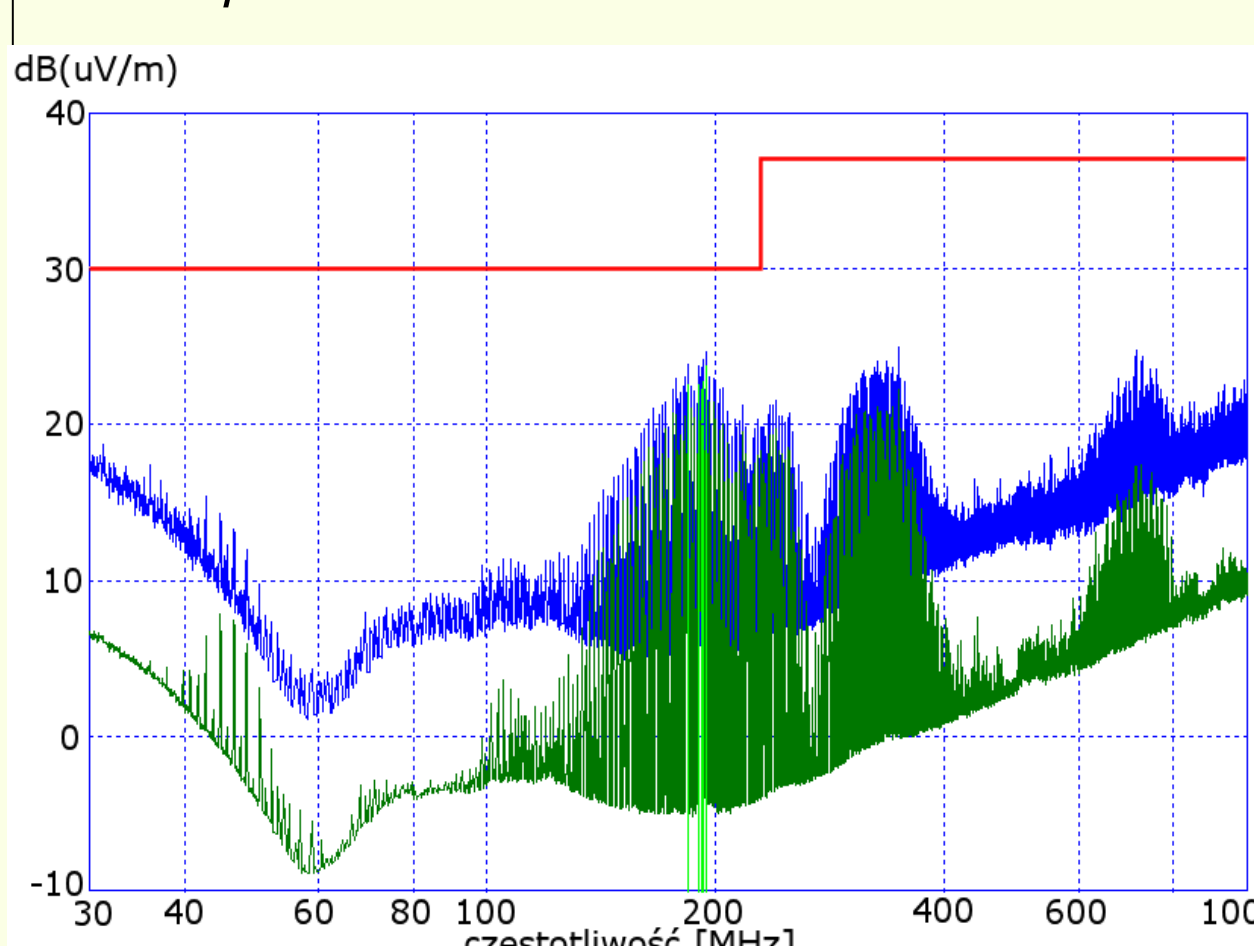
Przeprowadzone testy przemawiają za hipotezą, iż maksymalna gęstość widmowa promieniowana związana jest z technologią wykonania, a dokładnie z czasami przełączania sygnałów wewnątrz struktury układu programowalnego [8]. Niezmiernie istotną okazała się również długość zewnętrznych magistral dołączonych do układu cyfrowego. Przykładowo, dla opisywanego przypadku likwidacja pojedynczej magistrali o długości całkowitej 40cm zmniejszyło poziom zaburzeń promieniowanych przedstawiony na rysunku 2 praktycznie do poziomu przedstawionego na rysunku 3.

WYNIKI POMIARÓW

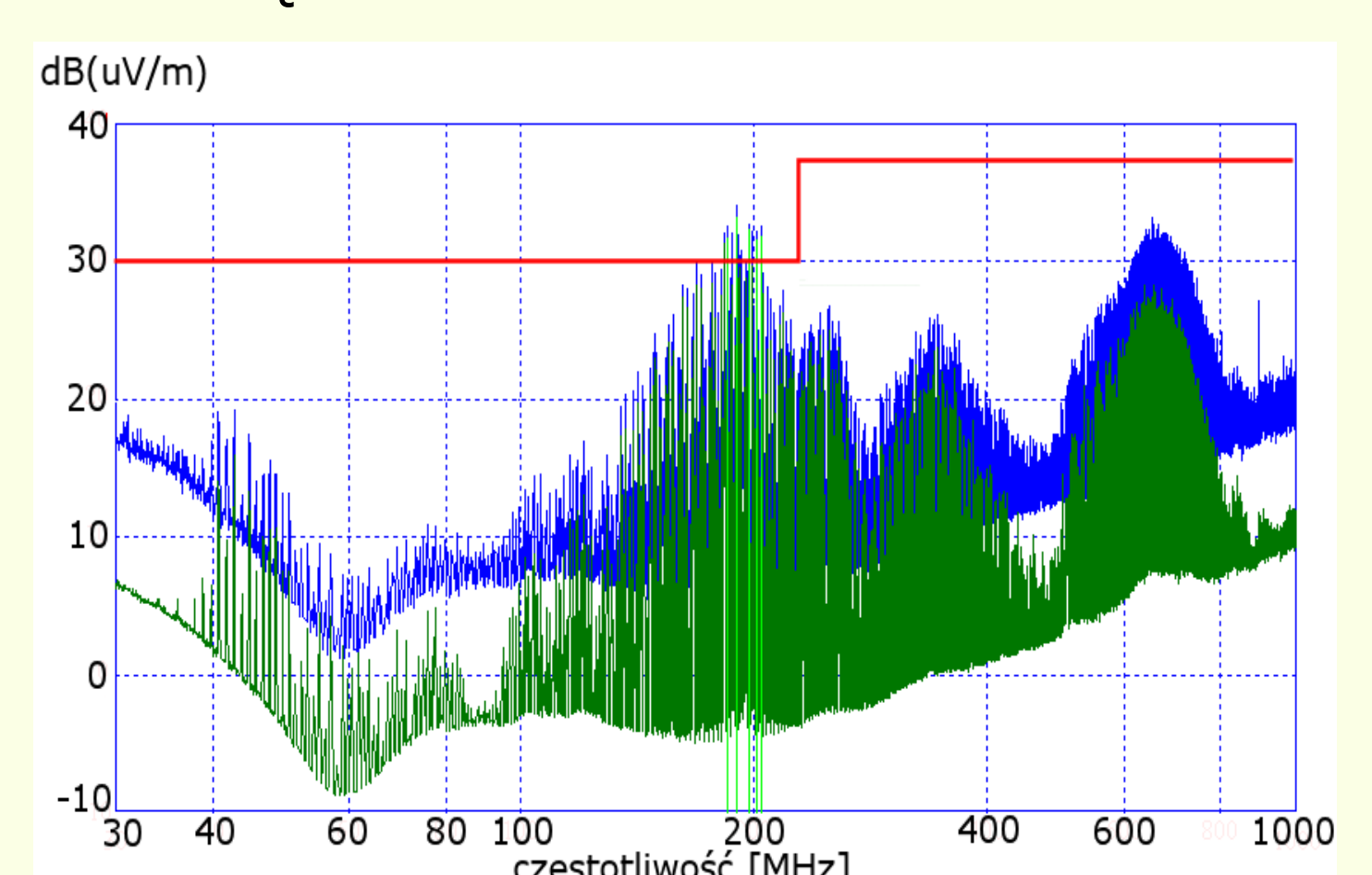
Wszystkie przedstawione wyniki pomiarów wykonano w komorze bezodbiwojowej z wykorzystaniem standardowych procedur pomiarowych zgodnych z PN-EN 55011:2007. Na rysunkach linią czerwoną zaznaczono dopuszczalny poziom emisji dla urządzeń klasy B, kolorem niebieskim detektor quasi-szczytowy zaś kolorem zielonym detektor wartości średniej. Należy w tym miejscu podkreślić, że prezentowane widma zaburzeń nie są generowane przez same izolatory ale przez pojedynczą magistralę cyfrową (rys. 1). Izolatory miały za zadanie wyłącznie oddzielić galwanicznie zapętlone odcinki magistrali. Analiza otrzymanych widm wskazuje na dużą przewagę klasycznych izolatorów optoelektronicznych (rys. 3 i 4) nad najnowszymi rozwiązaniami opartymi o izolatory pojemnościowe i magnetyczne, jeśli brać pod uwagę zdolność do redukcji zaburzeń promieniowanych. Jest to spowodowane prawdopodobnie bardzo małą pojemnością pasywną pomiędzy wejściem a wyjściem izolatora, jak w przypadku układu OPI2000M (około 0,06pF) lub zastosowaniem dodatkowego ekranu wewnątrz izolatora, jak w przypadku transoptora ACPL-071. Dla urządzeń budowy przeciwybuchowej rozwiązania te mają też swoje wady, do których należy zaliczyć: dużą powierzchnię układów i zwiększony pobór prądu. Zarówno izolator ADUM1201AR jak i ISO7221AD, ze względu na zasadę swojego działania są praktycznie przezroczyste dla sygnałów zaburzeń o częstotliwości powyżej kilkudziesięciu MHz (rys. 5 i 6). Izolator ISO 7221 posiada pojemności sprzęgające pomiędzy masami i pomiędzy wejściem a wyjściem na 1pF zaś izolator ADUM1201AR wyposażony jest w transformator w.c.z. wykonany w mikroskali. Aby skutecznie wykorzystać te izolatory w projekcie należy linie transmisyjne wyposażać w dodatkowe środki redukcji zaburzeń (np. filtr NFL21SP firmy Murata) oraz z zachowaniem reguł integralności sygnałowej poprowadzić ścieżki linii transmisyjnych [8]. W sytuacjach gdy zajdzie konieczność zapewnienia izolacji galwanicznej dla prędkości powyżej kilkudziesięciu Mb/s zastosowanie tego typu układów staje się najprostszym rozwiązaniem.



Rys. 4. Poziom natężenia pola promieniowanego w funkcji częstotliwości dla płytki testowej z transoptorem OPI 2000M.



Rys. 5. Poziom natężenia pola promieniowanego w funkcji częstotliwości dla płytki testowej z izolatorem cyfrowym ADUM 1201AR.



Rys. 6. Poziom natężenia pola promieniowanego w funkcji częstotliwości dla płytki testowej z cyfrowym izolatorem ISO 7221AD.

PODSUMOWANIE

W przedstawionej pracy poruszono zagadnienia budowy urządzeń spełniających jednocześnie wymagania dyrektyw ATEX i EMC. Zaprezentowana metoda podziału urządzenia na moduły, które poddane odpowiednim testom i pomiarom, w końcowej fazie projektu znacznie ułatwia uruchamianie i dopuszczenie do użytkowania całego urządzenia jest z powodzeniem wykorzystywana przez autorów w pracy badawczej i wdrożeniowej. W celu pełniejszej ilustracji proponowanych procedur przedstawiono analizę, oraz pomiary dotyczące obwodów izolacji sygnałów cyfrowych stosowanych celem zmniejszenia emisji i zwiększania odporności na zaburzenia w urządzeniach budowy przeciwybuchowej.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2010 jako projekt rozwojowy

LITERATURA

- [1] Worek C., Krzak Ł., Szczurkowski M., Warzecha M., Jankowski H., Człownik RFID przystosowany do pracy w podziemnych wyrobiskach górniczych, *Przebieg Elektrotechniczny*, 83 (2007), nr.9, 94-97.
- [2] Fitowski K., Jankowski H., Jaszczuk M., Jęczmyk D., Krzak Ł., Pieczora E., Stankiewicz J., Szczurkowski M., Rogala J., Warzecha M., Worek C., RFID – nowa metoda identyfikacji elementów w podziemiach kopalni, *Napędy i Sterowanie*, 82 (2006), nr.2, 82-88 *Cards and Identification* © 2003 John Wiley & Sons, Ltd ISBN: 0-470-84402-7
- [3] Kosmowski T. K., Podstawy bezpieczeństwa funkcjonalnego według IEC 61508, *Magazyn Ex*, (2006), nr.1, 41-47
- [4] Moron W., Kompatybilność elektromagnetyczna - istota problemu i normalizacja, *Przebieg Elektrotechniczny*, 80 (2004), nr.6
- [5] Nowak S., Elektroniczne urządzenia Ex. Wymagania, rodzaje budowy eksploatacja i bezpieczeństwo pracy w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych zagrożonych wybuchem, *Automatic Systems Engineering Sp. z o.o. Gdańsk* (2008).
- [6] PN-EN 60079-11:2007 Atmosfery wybuchowe -- Część 11: Urządzenia przeciwybuchowe iskrobezpieczne ""i""
- [7] Noise Suppression by EMIFIL Digital Equipment, Application Manual, Murata Manufacturing Co.Ltd., Cat.No C33E.pdf, (2004-05-12)
- [8] Johnson H., Graham M., High-Speed Signal Propagation: Advanced BlackMagic, Prentice Hall PTR (2002)