

Piotr RUSZEL

POLITECHNIKA WROCLAWSKA

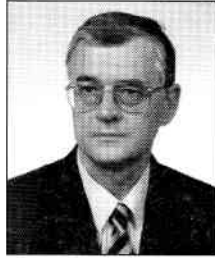
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI

ZAKŁAD WYDZIAŁOWY MIERNICTWA I SYSTEMÓW POMIAROWYCH

Krótkotrwałe narażenia elektromagnetyczne stosowane w testach badania podatności urządzeń technicznych, jednym z elementów oceny ich jakości

Dr inż. Piotr RUSZEL

– studia magisterskie na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej w zakresie specjalności Metrologia Elektryczna ukończył w 1971 r. W 1976 uzyskał stopień dra nauk technicznych. Od roku 1971 pracował w Instytucie Metrologii Elektrycznej a od kwietnia 1998 r. w Wydziałowym Zakładzie Miernictwa i Systemów Pomiarowych na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Obszar zainteresowań zawodowych obejmuje zagadnienia z zakresu miernictwa w. cz., mikrofal, a od 1988 r. także kompatybilności elektromagnetycznej.



Streszczenie

W publikacji omówiono podstawowe właściwości testów, w których ocenia się podatność urządzeń technicznych na krótkotrwałe impulsowe narażenia elektromagnetyczne. Podano podstawowe informacje o parametrach sygnałów stosowanych do procesu testowania oraz zasady ich wyboru ze względu na rodzaj testowanego urządzenia.

Abstract

Basic properties of the tests for evaluation of immunity of technical devices from transitory electromagnetic pulse exposure, are discussed in this publication. Some basic information on parameters of the signals applied in the testing process and principles of their selection considering type of the device being tested, is given.

Wstęp

Warunkiem dopuszczenia do obrotu i użytkowania na rynku europejskim, każdego wyrobu przemysłowego, jest zgodność jego cech i parametrów z określonymi i ustanowionymi standardami. W przypadku wyrobów technicznych elektrycznych i elektronicznych decydujące znaczenie mają dwie grupy właściwości: PODATNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA i EMISYJNOŚĆ. Badania zgodności cech i właściwości wyrobu z przyjętymi standardami dokonywane jest w oparciu o przepisy i normy CENELEC i stanowią podstawę do uzyskania odpowiedniego certyfikatu [1]. Podstawowym dokumentem Unii Europejskiej w zakresie podatności elektromagnetycznej jest standard EN – 50082 (EN – 50082 – 1, EN – 50082 – 2). W tabelicy 1 zestawiono obowiązujące w U.E. dokumenty odnośnie poszczególnych zagadnień objętych procedurą badań KEM (kompatybilności elektromagnetycznej).

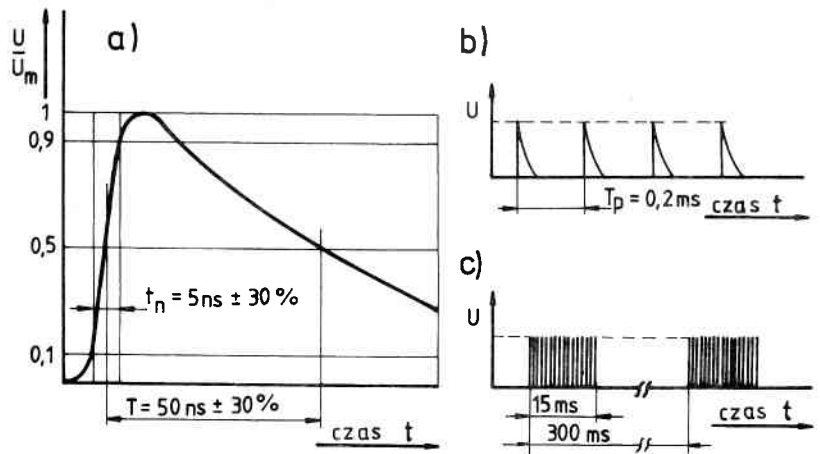
Generacja wymuszeń stosowanych przy testach podatności elektromagnetycznej urządzeń

Uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy testowane urządzenie jest odporne na oddziaływanie różnych

rodzajów narażeń elektromagnetycznych, wymaga kontroli pracy tego urządzenia w warunkach występowania tych narażeń. Zatem konieczne jest wytworzenie określonego rodzaju sygnałów testowych o znanych i kontrolowanych parametrach. Źródłami tych sygnałów są najczęściej specjalizowane generatory, które w połączeniu z dodatkowym osprzętem np. układami sprzęgającymi (układy CDN – coupling, decoupling networks), wzmacniaczami, czy zespołami anten itp. umożliwiają symulację warunków pracy urządzeń testowanych, zbliżonych do warunków rzeczywistych. Podstawowymi z punktu widzenia badania podatności elektromagnetycznej są źródła takich sygnałów testowych jak: powtarzane serie krótkich impulsów (EFT- Burst/Electrical Fast Transient), impulsy symulujące wyładowania elektrostatyczne (ESD-Electrostatic Discharge), sygnały przepięć (Surge), przerwy i zaniki zasilania (Voltage dips, interruptions), impulsy pola magnetycznego (Pulse magnetic field) oraz pole magnetyczne o częstotliwości sieci zasilającej (Power frequency magnetic field).

Serie szybkich impulsów – EFT/Burst

Tęgo rodzaju zakłócenia pojawiają się jako efekt działania łuku elektrycznego powstającego w procesie wyłączania „kluczy elektrycznych”, sterujących obciążeniami o charakterze indukcyjnym lub pojemnościowym, i zasilanych z sieci energetycznej.



Rys. 1. Serie szybkich impulsów EFT/ Burst stosowane w testach badania podatności urządzeń technicznych na krótkotrwałe zakłócenia elektromagnetyczne: a) pojedynczy impuls z serii impulsów; czas narastania impulsu $t_n = 5 \text{ ns} \pm 30\%$, $T = 50 \text{ ns} \pm 30\%$; b) ciąg impulsów o częstotliwości powtarzania $f_p = 5 \text{ kHz}$; c) paczki impulsów: okres serii impulsów $T_{\text{serii}} = 300 \text{ ms}$, czas trwania pojedynczej serii impulsów $T_l = 15 \text{ ms}$

Tabela 1. Standardy szczegółowe Unii Europejskiej wynikające z norm EN 50082 – 1 i EN 50082 – 2 oraz odpowiadające im merytorycznie zaliczenia z serii IEC 1000

Nr.	Tytuł	Zagadnienia Techniczne	Standardy IEC	Standardy Unii Europejskiej
1		Wyładowania elektrostatyczne	IEC 1000 – 4 – 2	EN 61000 – 4 – 2
2		Emisja promieniowania EM	IEC 1000 – 4 – 3	EN 61000 – 4 – 3
3		Serie szybkich impulsów (EFT)	IEC 1000 – 4 – 4	EN 61000 – 4 – 4
4		Przebiegi (Surge)	IEC 1000 – 4 – 5	EN 61000 – 4 – 5
5		Zakłócenia przewodzone o częstotliwościach radiowych	IEC 1000 – 4 – 6	EN 61000 – 4 – 6
6		Pola magnetyczne od energetycznych sieci zasilających	IEC 1000 – 4 – 8	EN 61000 – 4 – 8
7		Impulsy pola magnetycznego	IEC 1000 – 4 – 9	EN 61000 – 4 – 9
8		Tłumione oscylacje pola magnetycznego	IEC 1000 – 4 – 10	EN 61000 – 4 – 10
9		Zaniki napięcia, krótkie przerwy zasilania, wahania sieci zasilającej	IEC 1000 – 4 – 11	EN 61000 – 4 – 11

W konsekwencji wielokrotnego „przeskoku” iskry między stykami rozłączanego wyłącznika w liniach energetycznych powstają i rozchodzą się serie krótkich impulsów, które wywołują interferencje elektromagnetyczne w urządzeniach technicznych dołączonych do tej sieci. Tęgo rodzaju narażenia są szczególnie szkodliwe dla urządzeń zawierających układy cyfrowe, zwłaszcza tak zwane układy szybkie. Zakłócenia te mogą spowodować zamianę bitów, reset, błędy w zapisie do pamięci, wykonanie niekontrolowanych sekwencji rozkazów lub nawet wyłączenie urządzenia o ile jest ono automatycznie załączane. Takie działanie tych interferencji związane jest właśnie z powtarzanymi seriami impulsów które, powodując np. ładowanie kondensatorów w strukturze układu, mogą wywołać wyżej podane efekty, mimo, że pojedynczy impuls lub nawet kilka impulsów nie wywołałoby żadnych zmian. Interferencje typu EFT/Burst występują zarówno w liniach zasilania, jak również w liniach I/O oraz liniach sygnałowych. Te zakłócenia rozprzestrzeniające się drogą przewodzenia w liniach zasilania są często rodzaju „common mode” (symetryczne), oraz wyłącznie rodzaju „common mode” podczas kiedy przenikają do urządzenia drogą promieniowania za pośrednictwem linii I/O. Każdy z impulsów EFT tworzących ich serię jest impulsem unipolarnym o czasie narastania $t_r = 5\text{ns}$ i czasie trwania $T_f = 50\text{ns}$ (rys.1). Wartości amplitud impulsów zawierają się w granicach $0.5\text{kV} \leq U_m \leq 4\text{kV}$ w zależności od poziomu testu i rodzaju testowanego wejścia, to znaczy linie I/O czy linie zasilania. Stosowane wartości podano w tabelicy 2 i tabelicy 3.

Wyszczególnione w tabelach 2 i 3 poziomy testu wynikają z właściwości środowiska elektromagnetycznego, w którym testowane urządzenie ma pracować. I tak;

Poziom 1. Odnosi się do środowiska elektromagnetycznego dobrze zabezpieczonego, to znaczy, że linie zasilania są dobrze separowane od linii sygnałowych a ponadto przewody zasilania są ekranowane i dobrze uziemione. Układy zasilania wyposażone są w urządzenia filtrujące. Przykładem takiego środowiska może być wnętrze

prawkłowo zaprojektowanego i wykonanego pomieszczenia komputerowego.

- Poziom 2. Oznacza zabezpieczone środowisko elektromagnetyczne. W tym obszarze linie zasilające i sygnałowe nie są ekranowane, ale wrażliwe na zakłócenia linie sygnałowe i linie I/O są fizycznie separowane (odsunięte) od linii wysokonapięciowych. Przykładem takiego środowiska mogą być sterownie w obiektach przemysłowych.
- Poziom 3. Oznacza typowe środowisko przemysłowe. Cechuje go zła separacja pomiędzy liniami zasilającymi, sygnałowymi, sterowania i liniami przesyłania danych.
- Poziom 4. Dotyczy „specjalnego” środowiska przemysłowego gdzie brak jest jakiegokolwiek separacji pomiędzy liniami zasilania, przesyłania danych, sygnałowymi i sterowania.
- Poziom 5. Warunki środowiska elektromagnetycznego oraz parametry sygnałów testowych określane są przez odbiorcę urządzeń i dotyczą one warunków wykraczających poza określone w poziomach 1+4.

Podane w tabelicy 3 w kolumnach 3 i 5 wartości prądu oszacowano, zakładając zerową wartość impedancji obwodu zwarcia i impedancję generatora sygnału testowego $Z_{zr} = 50\Omega$. Warunki te określają maksymalną wartość impulsu prądu jaki muszą przejąć układy zabezpieczające montowane w odpowiednich liniach zabezpieczonego urządzenia.

Przyjęta obecnie częstotliwość repetycji impulsów w „paczce” ($f_p = 5\text{kHz}$) wydaje się mała przy częstotliwościach zegarów stosowanych w układach cyfrowych. Z tego powodu proponowane jest zwiększenie jej wartości do co najmniej $f_p = 100\text{kHz}$. Propozycje obejmują też wariant, w którym skróceniu ulega czas trwania paczki impulsów do $T_p = 1\text{ms}$. W czasie procesu testowania, fala EFT/Burst wprowadzana jest do linii zasilania za pośrednictwem układów sprzęgających CDN, a do linii sygnałowych drogą sprzężen-

Tabela 2. Częstotliwość powtarzania impulsów w serii impulsów EFT/Burst w zależności od poziomu testu

Poziom testu	Wartość maksymalna impulsu napięcia	Częstotliwość powtarzania impulsów	Uwagi
Poziom 1	0.5 [kV]	5 [kHz]	Wartość napięcia podana przy nieobciążonych zaciskach generatora sygnałów testowych
Poziom 2	1.0 [kV]	5 [kHz]	
Poziom 3	≤ 2.0 [kV]	5 [kHz]	
Poziom 4	$> 2.0 \div 4.0$ [kV]	2.5 [kHz]	
Poziom 5	Wartość dobierana do celów specjalnych	Wartość dobierana do celów specjalnych	

Tabela 3. Maksymalne wartości impulsów stosowanych przy symulacji narażeń elektromagnetycznych typu EFT/Burst w zależności od poziomu testu i rodzaju testowanej linii

Poziom testu	Maksymalna wartość impulsu przy testach linii zasilania		Maksymalna wartość impulsu przy testach linii I/O	
	Fala napięciowa	Fala prądowa	Fala napięciowa	Fala prądowa
1	2	3	4	5
Poziom 1	0.5 [kV]	10 [A]	0.25 [kV]	5 [A]
Poziom 2	1.0 [kV]	20 [A]	0.5 [kV]	10 [A]
Poziom 3	2.0 [kV]	40 [A]	1.0 [kV]	20 [A]
Poziom 4	4.0 [kV]	80 [A]	2.0 [kV]	40 [A]
Poziom 5	Poziom fali testowej dobierany		Poziom fali testowej dobierany	
Uwaga	1. Wartości amplitudy impulsów napięcia podane dla nieobciążonego wyjścia generatora. 2. Wartości amplitudy fali prądu wyznaczone dla impedancji wewnętrznej generatora $Z_{tr} = 50\Omega$ przy impedancji zwarcia równej $Z_{zwarcia} = 0\Omega$			

nia pojemnościowego. Ze względu na stosunkowo małą energię sygnału testowego, omawiany powyżej rodzaj testu należy zaliczyć do grupy testów nieniszczących. Z tego też względu zalecane jest jego wykonanie w pierwszej kolejności.

Nagły wzrost napięcia zasilania (Surge)

Tego rodzaju narażenia elektromagnetyczne powstają w wyniku wyładowania burzowego, dużych zmian obciążeń w liniach zasilania lub procesów przełączania dużych mocy w sieciach energetycznych, jak również w wyniku wystąpienia w tych sieciach zwarć. Impulsy, i związana z nimi fala napięciowa lub prądowa wywołana wyładowaniem burzowym, może być efektem bezpośredniego uderzenia pioruna w urządzenia sieci energetycznej lub pośrednio w wyniku efektów indukcji. Tego rodzaju testy są stosowane zarówno do linii zasilających jak i linii sygnałowych oraz linii danych. Test obejmuje dwa sposoby wprowadzenia sygnału testowego (sprzężenie), pierwszy: to wprowadzenie sygnału między linią a masę i drugi między dwie

linie. Częstotliwość występowania impulsów testowych nie powinna być mniejsza niż jeden impuls na minutę. Przy testowaniu linii zasilania wymaga się aby impuls był podany względem fazy sygnału sieci, przy wartościach tej fazy równych $\varphi = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$, przy czym wymagana jest łączna liczba impulsów równa $N = 320$ (dotyczy to sumy impulsów wprowadzonych do badanego urządzenia we wszystkich kombinacjach podawania impulsów testowych). Generator fali testowej powinien wytwarzać falę napięcia i prądu (rys. 2) o określonych wartościach. Amplituda impulsu napięcia może przyjmować wartości $U_m = 500V, 1000V, 2000V$ lub $4000V$, a amplituda impulsu prądu wartości od kilku amperów do rzędu jednego kiloampera. Wartości amplitud i kształt fali napięcia są definiowane na otwartym wyjściu generatora, przy określonej wartości jego impedancji wewnętrznej, a fali prądu przy zwartym wyjściu tego generatora. Odpowiednie poziomy amplitud testowej fali napięciowej dobierane są w zależności od rodzaju linii, sposobu sprzężenia generatora z testowaną linią i tak zwanej klasy testu (tablica 4). Dla potrzeb tego testu wprowadzone jest sześć klas. Są to;

Klasa 0. – dobrze zabezpieczone środowisko.

Klasa 1. – częściowo zabezpieczone środowisko.

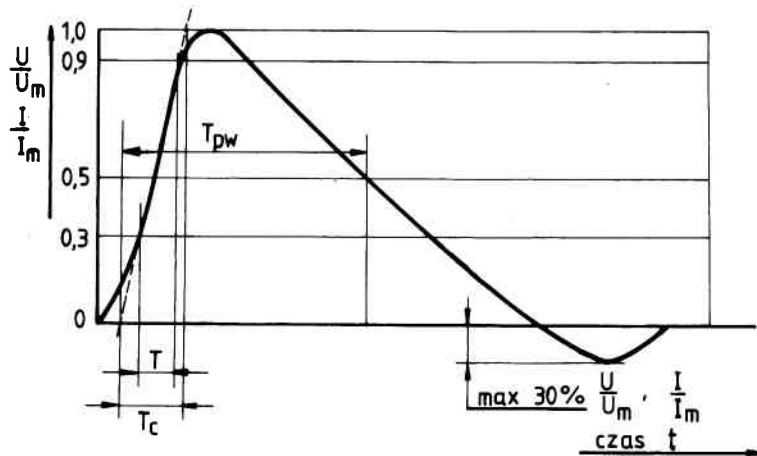
Klasa 2. – dobrze separowane kable.

Klasa 3. – kable biegnące równolegle.

Klasa 4. – kable wielożyłowe łączące obwody elektryczne i elektroniczne.

Klasa 5. – połączenia telekomunikacyjne umieszczone bezpośrednio pod napowietrznymi liniami zasilającymi.

Najmniejsze prawdopodobieństwo wystąpienia narażeń elektromagnetycznych z rodzaju „przebiec” występuje w instalacjach zaliczonych do klasy 0, największe w instalacjach zaliczonych do klasy 5. Do wprowadzenia sygnału testowego w określone punkty linii danej instalacji stosowane są, podobnie jak w przypadku testu EFT, układy sprzęgające CDN. Czas potrzebny na realizację omawianego testu zależy, w znacznym stopniu, od właściwości stosowanego generatora i źródła z którego jest on zasilany. Łatwo wyliczyć, że jeżeli czas między dwoma kolejnymi impulsami testowymi, wynikający z czasu ładowania generatora, wynosi jedną minutę, to na wykonanie 320 prób potrzeba nie mniej niż 5,4h. Testy podatności, określające odporność urządzenia na impulsy przepięcia, są testami mogącymi spowodować zniszczenie urządzenia, jeżeli jego linie zasilania i linie sygnałowe oraz linie danych nie posiadają zabezpieczeń lub zastosowane zabezpieczenia są złe bądź niewystarczające. Dlatego zalecane jest wykonywanie tych testów dopiero po realizacji testów na EFT/Burst.



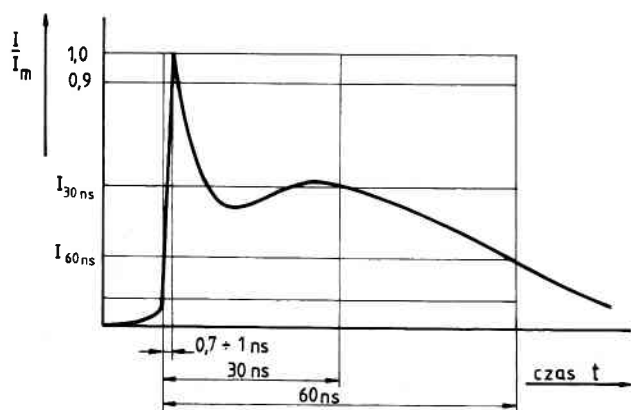
Rys. 2. Znormalizowany kształt impulsu napięciowego i prądowego. Impulsy stosowane w procedurze testów podatności na krótkotrwałe narażenia elektromagnetyczne. W przypadku fali napięciowej czas czoła impulsu określony jest jako $T_c = 1.2 \mu s \pm 30\%$, a czas po którym wartość sygnału fali napięcia maleje do wartości równej połowie wartości maksymalnej U_m fali $T_{pw} = 50 \mu s \pm 30\%$. Dla fali impulsu prądowego odpowiednie wartości wynoszą $T_c = 8 \mu s \pm 20\%$, a $T_{pw} = 20 \mu s \pm 20\%$. Wartości czasu narastania czoła fal napięcia i prądu są związane relacją $T_c = T \times 1.25$, gdzie czas T oznacza przedział czasu w którym wartości napięcia lub prądu czoła fali osiągają odpowiednio poziomy 0.3 i 0.9 wartości maksymalnej impulsu

Tabela 4. Zestawienie wartości maksymalnych poziomów fali napięcia stosowanej przy realizacji testów określających podatność urządzenia technicznego na przepięcia. Wartości stosowanych napięć są zależne od poziomu testu, rodzaju testowanej linii oraz sposobu sprzężenia

Klasa testu	Rodzaj sygnału	Linie zasilania		Linie niesymetryczne (duże odległości)		Linie symetryczne	Linie danych (krótkie odległości)
		Sprzężenie		Sprzężenie		Sprzężenie	Sprzężenie
		Linia-linia $Z_{\Sigma} = 2 [\Omega]$	Linia-masa $Z_{\Sigma} = 12 [\Omega]$	Linia-linia $Z_{\Sigma} = 42 [\Omega]$	Linia-masa $Z_{\Sigma} = 42 [\Omega]$	Linia-masa $Z_{\Sigma} = 42 [\Omega]$	Linia-masa $Z_{\Sigma} = 42 [\Omega]$
Klasa 0	Napięcie	Testy nie są wymagane					
	Prąd	Testy nie są wymagane					
Klasa 1	Napięcie	-----	0.5 [kV]	-----	0.5 [kV]	1.0 [kV]	-----
	Prąd	-----	42 [A]	-----	12 [A]	24 [A]	-----
Klasa 2	Napięcie	0.5 [kV]	1.0 [kV]	0.5 [kV]	1.0 [kV]	1.0 [kV]	0.5 [kV]
	Prąd	250 [A]	83 [A]	12 [A]	24 [A]	24 [A]	12 [A]
Klasa 3	Napięcie	1.0 [kV]	2.0 [kV]	1.0 [kV]	2.0 [kV]	2.0 [kV]	-----
	Prąd	500 [A]	167 [A]	24 [A]	48 [A]	48 [A]	-----
Klasa 4	Napięcie	2.0 [kV]	4.0 [kV]	2.0 [kV]	4.0 [kV]	-----	-----
	Prąd	1.0 [kA]	333 [A]	48 [A]	95 [A]	-----	-----
Klasa 5	Napięcie	Zależne od lokalnej sieci zasilającej	Zależne od lokalnej sieci zasilającej	2.0 [kV]	4.0 [kV]	4.0 [kV]	-----
	Prąd			48 [A]	95 [A]	95 [A]	-----
Parametr fali testowej	Napięcia	$1,2 \times 50 \mu s$	$1,2 \times 50 \mu s$	$1,2 \times 50 \mu s$	$1,2 \times 50 \mu s$	$1,2 \times 50 \mu s$	-----
	Prądu	$8 \times 20 \mu s$	$8 \times 20 \mu s$	$1,2 \times 50 \mu s$	$1,2 \times 50 \mu s$	$1,2 \times 50 \mu s$	$1,2 \times 50 \mu s$

Wyładowania elektrostatyczne (ESD – Electrostatic Discharge)

Wyładowania elektrostatyczne są wynikiem szybkiego rozładowania się ładunków elektrostatycznych powstających w wyniku zjawiska tryboelektrycznego. Oddziaływanie tego procesu rozładowania ładunku elektrycznego może mieć charakter bezpośredni, w przypadku gdy prąd rozładowania występuje w strukturze danego urządzenia, lub pośredni, jeżeli sprzężenie między prądem rozładowania ładunku a strukturą urządzenia jest realizowane poprzez związane z tym prądem promieniowanie elektromagnetyczne. Wymagany kształt sygnału fali prądowej rozładowania ładunku elektrostatycznego podano na rys.3. Cechą charakterystyczną tej fali jest bardzo duża szybkość czoła impulsu, którego czas narastania wynosi $0,7 ns \leq t_n \leq 1 ns$. Cały impuls trwa około 60 ns i charakteryzuje się wystąpieniem drugiego mniejszego co do wartości maksimum, w połowie czasu jego trwania. Pierwsze maksimum wynika z tak zwanego „szybkiego” efektu rozładowania, drugi z „wolnego” rozładowania. Duża szybkość czoła impulsu powoduje, że jego widmo częstotliwościowe jest bardzo szerokie. Energia pojedyn-



Rys. 3. Kształt impulsu fali prądu symulującego impuls wyładowania elektrostatycznego. Impulsy te stosowane są podczas testów badania podatności urządzeń technicznych na wyładowania ESD

czego impulsu wyładowania elektrostatycznego ma wartość kilku dziesiątych części mJ. Procedura testowania odporności urządzenia na wyładowania elektrostatyczne przewiduje dwa rodzaje testów. Jeden polega na rozładowaniu testowego ładunku elektrycznego poprzez bezpośredni kontakt z testowanym urządzeniem (Contact Discharge Method). Oznacza to, że ładunek elektryczny rozładowywany jest przez dowolny, dostępny z zewnątrz punkt urządzenia. Są to przykładowo porty wejścia/ wyjścia, przełączniki, klawiatury, panele wyświetlaczy i monitory jak również dowolne punkty obudowy itp. Drugi rodzaj testu przewiduje oddziaływanie impulsu poprzez rozładowanie ładunku przez powietrze (Air Discharge Method). Gromadzenie i rozładowywanie ładunku realizowane jest za pomocą układów symulujących właściwości obiektów na których mogą powstawać ładunki elektrostatyczne w warunkach normalnej pracy urządzenia testowanego (np. symulacja pojemności elektrycznej i impedancji ciała człowieka). Maksymalna wartość wyjściowego napięcia wytworzonego przez zgromadzony elektryczny ładunek testowy, zależy podobnie jak w poprzednich testach, od klasy testu, a ta z kolei wynika, między innymi, z rodzaju materiału i wilgotności względnej w otoczeniu testowanego urządzenia (tablica 5). Związana z testową falą napięcia, fala prądu ma podobny kształt do fali napięciowej ale wartości prądów (tablica 6) zależą od wartości napięcia wyjściowego. Urządzenia są testowane według jednej z czterech klas. Klasa 1, oznacza najłagodniejsze wymuszenia testujące, a klasa 4 najbardziej rygorystyczne. Dwie pierwsze klasy, to jest klasa 1 i klasa 2 testów stosowana są do urządzeń montowanych w obszarach kontrolowanego środowiska elektromagnetycznego z zastosowaniem materiałów antystatycznych. Klasa 3 testów stosowana jest do urządzeń które nie są w ciągłym użytkowaniu a klasa 4 dotyczy urządzeń będących w ciągłej eksploatacji. Testy badające podatność urządzeń na wyładowania elektrostatyczne są testami najbardziej rygorystycznymi dla testowanych urządzeń, ponieważ mogą powodować uszkodzenie obiektu badań. Pozytywny wynik badań odpornościowych na wyładowania elektrostatyczne daje duże prawdopodobieństwo, że testowane urządzenie przejdzie z wynikiem pozytywnym pozostałe testy.

Uwagi i wnioski końcowe

Mała podatność urządzeń technicznych na narażenia elektromagnetyczne jest obecnie jednym z elementów, które należy uwzględ-

Tabela 5. Poziomy napięć testowych stosowanych przy testach symulujących wyładowania elektrostatyczne. Wartości maksymalne napięć testowych zależne od: poziomu testu, wilgotności względnej, sposobu realizacji rozładowania elektrycznego ładunku testowego, z uwzględnieniem rodzaju stosowanych materiałów (np. obudowa przyrządu testowanego)

Poziom testu	Wilgotność względna	Zastosowane materiały antystatyczne	Zastosowane materiały syntetyczne	Maksymalne napięcie rozładowania	Rodzaj rozładowania	
					Contact Discharge Method	Air Discharge Method
Poziom 1	35 %	+	-----	2 [kV]	2 [kV]	2 [kV]
Poziom 2	10 %	+	-----	4 [kV]	4 [kV]	4 [kV]
Poziom 3	50 %	-----	+	8 [kV]	6 [kV]	8 [kV]
Poziom 4	10 %	-----	+	15 [kV]	8 [kV]	15 [kV]

Tablica 6. Zestawienie wartości poziomów fali prądowej związanej z falą napięcia stosowaną w procesie testów badania podatności urządzeń technicznych na wyładowania ESD

Poziom testu	Wartość maksymalna napięcia fali testowej	Maksimum fali prądu przy pierwszym maksimum	Czas narastania czoła impulsu wyładowania ESD	Wartość prądu po czasie 30 ns (drugie maksimum)	Wartość prądu po czasie 60 ns
	[kV]	[A]	[ns]	[A]	[A]
Poziom 1	2.0	7,5 ± 10%	0.7÷1.0	4.0 ±30%	2.0 ±30%
Poziom 2	4.0	15.0 ± 10%	0.7÷1.0	8.0 ±30%	4.0 ±30%
Poziom 3	6.0	22,5 ± 10%	0.7÷1.0	12.0 ±30%	6.0 ±30%
Poziom 4	8.0	30.0 ± 10%	0.7÷1.0	16.0 ±30%	8.0 ±30%

dnież aby wyrób spełniał wymagania formalne, związane z jego dopuszczeniem do sprzedaży (np. rynek krajów Unii Europejskiej). Zapewnienie małej podatności (dużej odporności) na interferencje elektromagnetyczne, zwiększa bezpieczeństwo użytkownika takich wyrobów technicznych, zmniejszając do określonego minimum prawdopodobieństwo niewłaściwej pracy bądź uszkodzenia danego urządzenia spowodowane sygnałem zakłócającym. Rzeczywistą odporność urządzeń na narażenia elektromagnetyczne można uzyskać jedynie na drodze pomiarowej [2], poddając to urządzenie odpowiednim testom, których sposób przeprowadzenia, wymagane oprzyrządowanie, układy pomiarowe oraz rodzaje i poziomy stosowanych sygnałów testujących określają właściwe przepisy. Najbardziej krytyczne warunki pracy dla większości badanych urządzeń występują w przypadku krótkich, bardzo szybkich, przemijających zakłóceń elektromagnetycznych, dochodzących do urządzenia poprzez wszelkiego rodzaju połączenia galwaniczne takie jak linie zasilania, linie sygnałowe, sterowania czy przesyłania danych. Wynika to ze stosunkowo dużej energii związanej ze wspomnianymi sygnałami impulsowymi, oraz ich szerokim widmem częstotliwościowym będącym konsekwencją znacznych szybkości czoła sygnału. Tego typu zakłócenia, symulowane są w odpowiednich rodzajach testów. Są to testy określające odporność na wyładowania elektrostatyczne, przepięcia oraz serie krótkotrwałych impulsów. Dwa pierwsze z wyżej wymienionych mogą powodować trwałe uszkodzenia urządzenia testowanego, o ile nie będzie ono właściwie zabezpieczone. Sygnały wymuszające, stosowane w tych testach są sygnałami o szerokim widmie częstotliwości i stosunkowo dużych energiach. Te wyżej wymienione uwagi sugerują, że omówione w artykule testy badania odporności urządzenia technicznego na krótkotrwałe impulsowe narażenia elektromagnetyczne, są istotnym źródłem informacji i miarą jakości testowanego urządzenia.

Literatura

1. P. RUSZEL: Zalecenia normalizacyjne z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej – barierą czy czynnikiem postępu dla krajowych producentów. PAK 8/1998 str. 306+309.

2. P. RUSZEL: Rola pomiarów przy weryfikacji właściwości kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń technicznych. PAK 9/1998 str.339+343.

Artykuł recenzowany

S&O MET s.c. METROLOGIA EKOLOGIA

44-100 GLIWICE, ul. Konarskiego 9/5
tel./fax (032) 331 51 86, tel. kom. 0 601 49 53 87

OFERUJEMY PRZYRZĄDY POMIAROWE NAJNOWSZEJ GENERACJI:

- **Microdust Pro** – przyrząd do pomiaru zapylenia o zakresie pomiarowym 0 do 2500 mg/m³ z rozdzielczością 1µg/m³. Zakres pomiarowy podzielony na 4 podzakresy. Wewnętrzny zbieracz danych, oprogramowanie. WinDustPro, możliwość zadeklarowania 4 różnych kalibracji dla 4 użytkowników. Urządzenie w wykonaniu przenośnym.
- **Hydra SX30 i Hydra SX40** – przepływomierze dwuczęstotliwościowe najnowszej generacji. Zakres pomiarowy 0,06 do 5,5 m/s, dokładność ±1%. Wersja przenośna SX30 w obudowie IP67, SX40 wersja stacjonarna, przeznaczone do pomiarów przepływu cieczy zawierających bąbelki gazu i cząstki stałe. Wewnętrzny zbieracz danych, oprogramowanie HydraLink.
- **AquaCorr+** – precyzyjny kolerator do lokalizacji przecieków z rurociągów. Urządzenie przenośne, efektywne dla rur stalowych, jak i z innych materiałów. Szczególnie przydatne do wykrywania przecieków na terenie miast, gdzie wykonywanie dużych wykopów wiąże się z ogromnymi kosztami.
- **Ponadto w naszej ofercie szereg innych przyrządów pomiarowych takich jak:** przepływomierze, pirometry, mierniki wilgotności, mierniki hałasu, stacje meteorologiczne, przyrządy do pomiaru zawartości wody w oleju, mierniki zapylenia i wiele innych.

ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY
I ŻYCZYMY ZADOWOLENIA Z NABYTEGO U NAS SPRZĘTU